

**PENGARUH VARIASI GAYA PRATEGANG TERHADAP  
LENDUTAN BALOK BETON PRATEGANG PASCATARIK  
DENGAN VARIASI PENAMPANG**

**( Effects of Prestressed Force Variation on the Deflection  
of Post-Tension Prestressed Beam With Shapes Variation )**

*Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka Memperoleh Derajat Sarjana  
Pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia*



**DIBACA DI TEMPAT  
TIDAK DIEMBA PULANG**

*Deselesaikan oleh :*

**SAPTO PURNOMO**      No Mhs : 00511076  
**FITRI YETNU WIDOYO**      No Mhs : 00511104

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGJAKARTA  
2006**

REKAMAN FESP UII  
HASILAN/BEEM  
16 Juni 2006  
TGL TERIMA :  
NO. JUDUL : 00940  
NO. INV. : 51200001940021  
NO. INDIK. :

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH VARIASI GAYA PRATEGANG TERHADAP  
LENDUTAN PADA BALOK BETON PRATEGANG PARSIAL  
DENGAN VARIASI PENAMPANG**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

*Disusun Oleh :*

**SAPTO PURNOMO**

**No. Mhs. 00511076**

**FITRI YETNU WIDOYO**

**No. Mhs. 00511104**

*Telah diperiksa dan disetujui oleh :*

**Dosen Pembimbing I  
DR. Ir. Ade Ilham, MT.**

Tgl. :

*7/01/06*

**Dosen Pembimbing II  
Ir. H. Abdul Kadir Aboe, MS.**

Tgl. :

*7/01/06*



## KATA PENGANTAR

**Bismillahirrahmanirahim**

**Assalamu'alaikum Wr. Wb**

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT karena rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik.

Tugas akhir ini dilakukan guna melengkapi salah satu syarat untuk mencapai Derajat Kesarjanaan (S1) di jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.

Dalam Penyusunan laporan ini penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, untuk itu penyusunan menyatakan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Ade Ilham, MT, selaku Dosen Pembimbing Utama yang dengan penuh kesabaran dan ketekunan telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
2. Bapak Ir. H. Abdul Kadir Aboe, MS, selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan banyak sekali ide-ide dasar dan bimbingannya hingga selesainya tugas akhir penulis.
3. Bapak Prof. Ir. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. Munadir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir. Fatkhurrohman N.S, MT, selaku Dosen Tamu yang telah menyempurnakan tugas akhir penulis.
6. TPSDP UII, yang telah memberikan bantuan dana untuk program Student Grant sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan lancar.
7. Seluruh staf Perpustakaan Pusat maupun Perpustakaan FTSP UII, yang telah membantu penulis dalam mencari buku-buku referensi.

8. Rekan-rekan : serta semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi, dan tenaganya,

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, penulis berharap, semoga karya ini dapat bermanfaat dan menjadi sumber ide-ide bagi penelitian yang akan datang.

**Wabillahi taufik Wal hidayah**

**Wassalamu'alaikum Wr. Wb.**



Yogyakarta,

Januari 2006

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xx
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xxv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxvii
<b>ABSTRAKS</b> .....	xxviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan</b> .....	4
<b>1.4 Manfaat</b> .....	4
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Beton</b> .....	6
2.1.1 Beton Prategang .....	6
2.1.2 Perbandingan Beton Prategang Dengan Beton Bertulang .....	6
2.1.3 Beton Prategang Parsial .....	7
2.1.4 Kapasitas Beton Prategang Parsial .....	7

<b>2.2 Balok</b> .....	7
2.2.1 Balok Sederhana .....	7
<b>2.3 Pengaruh Kelangsingan Bentuk Penampang</b> .....	7
<b>2.4 Kehilangan Gaya Prategang</b> .....	8
2.4.1 Kehilangan Elastis Beton .....	8
1. Perpendekan beton secara elastis .....	8
2. Gesekan pada baja .....	9
3. Penggelinciran ankur .....	9
2.4.2 Kehilangan Tegangan Akibat Waktu .....	9
1. Rangkak pada beton .....	9
2. Susut pada beton .....	10
3. Relaksasi pada baja .....	10
2.5.3 Pengaruh Kehilangan Gaya Prategang Terhadap Lendutan .....	11
<b>2.6 Lendutan</b> .....	11
2.6.1 Lendutan Sesaat .....	11
2.6.2 Lendutan Ke Atas .....	11
2.6.3 Lendutan Total .....	11
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	13
<b>3.1 Konsep Dasar Beton Prategang</b> .....	13
3.1.1 Konsep Dasar Pemberian Prategang .....	13
<b>3.2 Pemberian Gaya Prategang dan Pengangkeran</b> .....	17
3.2.1 Balok Pratarik .....	17
3.2.2 Balok Pascatarik .....	18
3.2.3 Sistem Pengangkeran .....	19
<b>3.3 Beton Prategang</b> .....	20
3.3.1 Beton .....	20

3.3.2	Baja Prategang .....	21
3.3.3	Baja Non-Prategang .....	22
<b>3.4</b>	<b>Prategang Parsial .....</b>	<b>22</b>
3.4.1	Karakteristik Beton Prategang Parsial .....	22
3.4.1	Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Beton Prategang Parsial .....	23
<b>3.5</b>	<b>Persyaratan Kekuatan Beton Prategang .....</b>	<b>23</b>
<b>3.6</b>	<b>Balok Sederhana .....</b>	<b>24</b>
<b>3.7</b>	<b>Perencanaan Balok Prategang .....</b>	<b>26</b>
3.7.1	Bentuk Penampang .....	26
3.7.2	Penentuan Tinggi Penampang .....	27
3.7.3	Analisis Tampang Berdasarkan Keadaan Batas .....	27
3.7.4	Kekuatan Bahan Ijin .....	28
3.7.5	Kuat perlu Penampang .....	29
<b>3.8</b>	<b>Analisis Beton Prategang .....</b>	<b>30</b>
3.8.1	Gaya Prategang .....	30
	1. Beton prategang penuh .....	31
	2. Beton prategang parsial .....	32
3.8.2	Kontrol Tegangan .....	32
<b>3.9</b>	<b>Tinjauan Terhadap Kekuatan Struktur .....</b>	<b>34</b>
3.9.1	Tinjauan Terhadap Lentur .....	34
3.9.2	Tinjauan Momen Kapasitas Penampang .....	36
	1. Balok Tampang Tanpa Sayap .....	36
	2. Balok Dengan Sayap .....	38
	a. Untuk $a < h_r$ .....	38
	b. Untuk $a > h_r$ .....	39

<b>3.10 Kehilangan Gaya Prategang</b> .....	41
3.10.1 Kehilangan Sesaat .....	41
1. Perpendekan elastis beton .....	41
2. Gesekan pada baja prategang .....	41
3. Penggelinciran angkur .....	42
3.10.2 Kehilangan Tergantung Waktu .....	42
1. Rangkak beton .....	43
2. Susut beton .....	43
3. Relaksasi baja .....	44
3.10.3 Kehilangan Gaya Prategang Beton Normal .....	44
<b>3.11 Pesyaratan Lendutan</b> .....	45
<b>3.12 Komponen-Struktur Tidak Retak dan Retak</b> .....	45
3.12.1 Penampang Tidak Retak .....	46
3.12.2 Penampang Retak .....	47
<b>3.13 Analisis Lendutan</b> .....	48
3.13.1 Pendahuluan .....	48
3.13.2 Lendutan Jangka Pendek ( <i>Short Term Deflections</i> ) .....	48
3.13.3 Lendutan Ke Atas ( <i>Chamber</i> ) .....	48
3.13.4 Lendutan Ke Bawah .....	49
3.13.5 Total Lendutan Sesaat .....	49
3.13.6 Lendutan Jangka Panjang ( <i>Long Term Deflection</i> ) .....	49
1. Metode pengali PCI ( <i>Prestressed Concrete Institute</i> ) .....	50
2. Metode langkah-waktu pendekatan .....	50
<b>BAB IV METODOLOGI ANALISIS</b> .....	52
<b>4.1 Tinjauan Umum</b> .....	52
<b>4.2 Model Bentuk Penampang Balok</b> .....	52

4.3	Analisis .....	52
4.4	Alat Analisis .....	55
<b>BAB V PERENCANAAN DAN ANALISIS .....</b>		<b>56</b>
5.1	Data Analisis .....	56
5.2	Material Yang Digunakan .....	57
5.2.1	Beton .....	57
5.2.2	Baja Prategang .....	58
5.2.3	Baja Non-Prategang .....	59
5.3	Angka Perbandingan Modular .....	59
5.4	Perencanaan Pembebanan .....	59
5.5	Analisis Momen Yang Terjadi .....	60
5.6	Besaran Penampang Persegi Untuk $h/b = 2$ .....	61
5.6.1	Modulus Tampang Rencana .....	61
5.6.2	Dimensi, Luas, dan Berat Gelagar .....	62
5.7	Analisis Kehilangan Tegangan .....	66
5.7.1	Kehilangan Tegangan Sesaat .....	66
5.7.2	Keadaan Setelah Kehilangan Tegangan Sesaat .....	66
5.7.3	Kehilangan Tegangan Akibat Waktu .....	67
5.7.4	Keadaan Setelah Kehilangan Tegangan Akibat Waktu .....	68
5.8	Kontrol Tegangan Yang Terjadi .....	68
5.8.1	Saat Transfer .....	68
5.8.2	Saat Layan .....	72
5.9	Kekuatan Lentur Penampang Dengan Tendon Terekat .....	74
5.10	Analisis Lendutan .....	76

5.10.1	Lendutan Jangka Pendek .....	76
5.10.2	Lendutan Dasar .....	77
5.10.3	Lendutan Jangka Panjang .....	78
	1. Metode Pengali PCI ( <i>Prestressed Concrete Institute</i> ) .....	78
	2. Metode Langkah Waktu Pendekatan ( <i>Aproximate Time Step</i> ).....	79
<b>5.11</b>	<b>Prategang Parsial 75 % Penampang Persegi <math>h/b = 2</math></b> .....	<b>80</b>
5.11.1	Tendon Yang Digunakan .....	81
5.11.2	Gaya Prategang Yang Digunakan .....	81
5.11.3	Kapasitas Penampang Beton Prategang Parsial .....	82
5.11.4	Kehilangan Tegangan .....	83
	1. Keadaan setelah kehilangan tegangan sesaat .....	84
	2. Keadaan setelah kehilangan tegangan akibat waktu .....	84
	3. Prosentase kehilangan gaya prategang .....	85
5.11.5	Kontrol tegangan .....	85
	1. Saat transfer.....	85
	2. Saat layan .....	87
5.11.6	Analisis Lendutan .....	93
	1. Lendutan ke atas ( <i>chamber</i> ) .....	93
	2. Lendutan ke bawah .....	93
	3. Total lendutan jangka pendek .....	93
	4. Lendutan jangka panjang .....	94
	5. Lendutan dengan metode pengali PCI ( <i>Prestressed Concrete Institute</i> ) .....	96
	6. Metode langkah waktu pendekatan ( <i>Aproximate time step</i> ) .....	97
<b>5.12</b>	<b>Penampang Bersayap</b> .....	<b>100</b>
5.12.1	Perencanaan Dimensi Penampang Balok T Dengan $h/b = 2$ .....	100
5.12.2	Kekuatan Lentur Penampang Dengan Tendon Terekat Balok T .....	101
5.12.3	Perencanaan Dimensi Penampang Balok I Dengan $h/b = 2$ .....	104
5.12.4	Kekuatan Lentur Penampang Dengan Tendon Terekat Balok I .....	105



## BAB VI PEMBAHASAN HASIL ANALISIS

6.1	Pendahuluan	110
6.2	Perbahasan Hasil Perhitungan	111
6.2.1	Eksentrisitas Tendon	111
1.	Eksentrisitas Tendon Saat Transfer	111
a.	Hubungan h/b dengan eksentrisitas tendon saat transfer	111
b.	Hubungan prosentase gaya prategang dengan eksentrisitas tendon saat transfer	112
2.	Eksentrisitas Tendon Saat Layan	113
a.	Hubungan h/b dengan eksentrisitas tendon saat transfer	113
b.	Hubungan prosentase gaya prategang dengan eksentrisitas tendon saat transfer	116
6.2.2	Kehilangan Gaya Prategang ( <i>Lose Of Prestresed</i> )	118
1.	Pengaruh h/b terhadap kehilangan gaya prategang	118
2.	Pengaruh prosentase gaya prategang terhadap kehilangan gaya prategang	121
6.2.3	Gaya Prategang Efektif ( $P_e$ )	123
1.	Pengaruh h/b terhadap gaya prategang efektif	118
2.	Pengaruh prosentase gaya prategang terhadap gaya prategang efektif	121
6.2.4	Kapasitas Penampang	127
1.	Hubungan h/b dengan kapasitas lentur penampang	127
2.	Hubungan prosentase gaya prategang dengan kapasitas lentur penampang	129
3.	Hubungan rasio tinggi terhadap lebar (h/b) dengan rasio kapasitas lentur terhadap penampang persegi pada $h/b = 2 (M_n / M_n^{\text{Persegi } h/b = 2})$	130
4.	Hubungan prosentase gaya prategang dengan rasio kapasitas lentur terhadap penampang persegi pada $h/b = 2 (M_n / M_n^{\text{Persegi } h/b = 2})$	132

6.2.5 Tegangan Beton .....	133
1. Serat Atas .....	134
a. Saat Transfer .....	134
1). Hubungan h/b terhadap tegangan serat atas saat transfer .....	134
2). Hubungan prosentase gaya prategang terhadap tegangan serat atas saat transfer .....	135
b. Saat Layan .....	136
1). Hubungan h/b terhadap tegangan serat atas saat layan .....	136
2). Hubungan prosentase gaya prategang terhadap tegangan serat atas saat layan .....	137
2. Serat Bawah .....	138
a. Saat Transfer .....	138
1). Hubungan h/b terhadap tegangan serat bawah saat transfer .....	138
2). Hubungan prosentase gaya prategang terhadap tegangan serat bawah saat transfer .....	139
b. Saat Layan .....	140
1). Hubungan h/b terhadap tegangan serat bawah saat layan .....	140
2). Hubungan prosentase gaya prategang terhadap tegangan serat bawah saat layan .....	141
6.2.6 Lendutan .....	142
1. Lendutan Ke Atas .....	142
a. Pengaruh h/b terhadap lendutan ke atas .....	142
b. Pengaruh prosentase gaya prategang terhadap lendutan ke atas ...	143
c. Pengaruh rasio h-b (h/b) terhadap rasio lendutan - panjang bentang ( $\delta^m/L$ ) untuk lendutan ke atas .....	145
d. Pengaruh prosentase gaya prategang terhadap rasio lendutan - panjang	

bentang ( $\delta^m/L$ ) untuk lendutan ke atas .....	147
2 Lendutan Sesaat .....	149
a. Pengaruh h/b terhadap lendutan sesaat .....	149
b. Pengaruh prosentase gaya prategang terhadap lendutan sesaat ....	150
c. Pengaruh rasio h-b (h/b) terhadap rasio lendutan - panjang bentang ( $\delta/L$ ) untuk lendutan sesaat .....	151
d. Pengaruh prosentase gaya prategang terhadap rasio lendutan - panjang bentang ( $\delta/L$ ) untuk lendutan sesaat .....	154
2. Lendutan Jangka Panjang .....	155
a. Pengaruh h/b terhadap lendutan jangka panjang .....	155
b. Pengaruh prosentase gaya prategang terhadap lendutan jangka panjang .....	157
c. Pengaruh rasio h-b (h/b) terhadap rasio lendutan - panjang bentang ( $\delta/L$ ) untuk lendutan jangka panjang .....	160
1. Umur 3 bulan .....	160
2. Umur 1 tahun .....	163
3. Umur 1 tahun .....	165
d. Pengaruh prosentase gaya prategang terhadap rasio lendutan - panjang bentang ( $\delta/L$ ) untuk lendutan jangka panjang .....	168
1. Umur 3 bulan .....	168
2. Umur 1 tahun .....	170
3. Umur 1 tahun .....	172
6.2.7 Lendutan Pada Penampang Retak .....	173

## **BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN**

7.1 Kesimpulan .....	175
7.2 Saran .....	176

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR SIMBOL

$a = d$	tinggi balok/ tegangan persegi panjang equivalen, mm
$A_c$	luas penampang beton, mm <sup>2</sup>
$A_{ps}$	luas penampang bagian sayap, mm <sup>2</sup>
$A_{pw}$	luas penampang bagian badan, mm <sup>2</sup>
$A_{ps}$	luas tulangan prategang, mm <sup>2</sup>
$A_{ps}$	luas tulangan prategang yang dipakai, mm <sup>2</sup>
$A_n$	luas tulangan non-prategang, mm <sup>2</sup>
$b$	lebar muka tekan suatu komponen struktur, mm
$b_n$	lebar setiap // bagian dari suatu penampang, mm
$b_s$	lebar sayap, mm
$b_w$	lebar badan, mm
$C$	gaya tekan, kN
$C_n$	faktor pengali PCI
$C_u$	koefisien rangkai ultimit
$C_t$	koefisien rangkai terhadap waktu
$e$	jarak garis netral ke sisi luar penampang, mm
$e_c$	jarak dari serat tekan terluar ke sumbu netral terhadap serat bawah, mm
$e_n$	tinggi setiap // bagian dari suatu penampang, mm
$e_s$	jarak dari serat tekan terluar ke sumbu netral terhadap serat atas, mm
$e, g, s$	pusat gravitasi (titik berat) tendon
$e, g, c$	pusat gravitasi (titik berat) penampang beton
$C_i$	koefisien rangkai pada waktu $t$
$C_{ii}$	koefisien rangkai batas = $2,25 K_{cr}$
$d_j$	jarak dari serat tekan terluar ke pusat berat tulangan pratekan, mm
$d$	jarak dari serat tekan terluar ke pusat berat tulangan tarik, mm
$d'$	jarak dari serat tekan terluar ke pusat berat tulangan tekan, mm
$e$	eksentrisitas tendon pada tengah bentang, mm
$e_j$	eksentrisitas tendon pada ujung bentang, mm
$E_c$	modulus elastisitas beton, MPa
$E_{ci}$	modulus elastisitas beton saat transfer, MPa
$E_{ps}$	modulus elastisitas baja prategang, MPa
$E_s$	modulus elastisitas baja non-prategang, MPa
$e_s$	eksentrisitas tendon di bagian manapun dari suatu penampang, mm
$f$	tegangan di serat bawah, MPa
$f_{ps}$	tegangan di serat bawah akibat baja prategang, MPa

$f_{bs}$	=	tegangan di serat bawah akibat baja non-prategang, MPa
$f_{ct}$	=	tegangan pada tendon, MPa
$f_c$	=	tegangan ijin serat bawah saat transfer, MPa
$f_{cs}$	=	tegangan ijin serat atas saat saat layan, MPa
$f_{csd}$	=	tegangan akibat semua beban mati, MPa
$f_{cs}^*$	=	tegangan baja setelah transfer, MPa
$f_{pe}$	=	tegangan efektif tendon, MPa
$f_{pe}^*$	=	tegangan efektif tendon setelah kehilangan gaya prategang, MPa
$f_{pi}$	=	tegangan awal tendon, MPa
$f_{pi}^*$	=	tegangan awal tendon setelah kehilangan gaya prategang, MPa
$f_{pr}$	=	tegangan akibat gaya pendongkrakan tendon, MPa
$f_{pr}^*$	=	tegangan sisa sesudah baja relaksasi, MPa
$f_{ps}$	=	tegangan di batang prategang pada kondisi kuat nominal, MPa
$f_{pu}$	=	kuat tarik tendon yang ditetapkan, MPa
$f_{py}$	=	kuat leleh baja non-prategang yang ditetapkan, MPa
$f_r$	=	modulus keruntutan lentur dari beton, MPa
$f_u$	=	tegangan ijin serat atas saat transfer, MPa
$f_s$	=	tegangan ijin serat bawah saat layan, MPa
$f^*$	=	tegangan di serat atas, MPa
$f_{ps}^*$	=	tegangan di serat atas akibat baja prategang, MPa
$f_{ps}^*$	=	tegangan di serat atas akibat baja non-prategang, MPa
$f_c^*$	=	kuat tekan beton yang ditetapkan, MPa
$f_{ci}^*$	=	kuat tekan beton pada saat prategang awal, MPa
$g$	=	berat sendiri balok/m
$G$	=	Modulus kekakuan beton, MPa
$h_f$	=	tinggi sayap, m
$I$	=	momen inersia, mm <sup>4</sup>
$I_{er}$	=	momen inersia retak penampang, mm <sup>4</sup>
$I_e$	=	momen inersia efektif penampang, mm <sup>4</sup>
$I_g$	=	momen inersia bruto penampang, mm <sup>4</sup>
$I_x$	=	momen inersia arah melintang (sumbu x), mm <sup>4</sup>
$I_y$	=	momen inersia arah melintang (sumbu y), mm <sup>4</sup>
$J$	=	momen inersia lateral, mm <sup>4</sup>
$J_u$	=	momen inersia lateral bagian atas (penampang bersayap), mm <sup>4</sup>
$J_b$	=	momen inersia lateral bagian bawah (penampang bersayap), mm <sup>4</sup>
$K$	=	koefisien <i>Wobble</i>
$K_a$	=	faktor yang berkaitan dengan umur beton pada saat bekerjanya beban tambahan
$K_b$	=	kekuatan lentur balok : momen per rotasi satuan
$K_{cr}$	=	koefisien koreksi untuk rangkai (1,0 jika dalam kondisi normal)
$K_f$	=	faktor pengali untuk beban titik

$K_c$	= faktor pengali untuk tampang I maupun tampang persegi
$L$	= panjang bentang, mm
$M$	= koef. variabel yang bergantung pada kondisi akhir komponen
$M_a$	= momen maksimum di komponen struktur pada sat defleksi dihitung, kNm
$M_{cr}$	= momen retak di suatu struktur, kNm
$M_G$	= momen yang terjadi akibat berat sendiri balok, kNm
$M_D$	= momen yang terjadi akibat beban mati, kNm
$M_{Di}$	= momen akibat beban yang bekerja diluar yang bekerja pada saat transfer, kNm
$M_L$	= momen yang terjadi akibat beban hidup, kNm
$M_{OL}$	= momen akibat beban yang bekerja saat transfer, kNm
$M_n$	= kuat momen nominal, kNm
$M_u$	= momen batas (ultimit) di suatu struktur, kNm
$M_r$	= momen total setelah semua beban bekerja, kNm
$M_{rps}$	= momen total prategang parsial akibat baja prategang, kNm
$M_{rs}$	= momen total prategang parsial akibat baja non-prategang, kNm
$n_{ps}$	= angka perbandingan modulus elastisitas baja prategang dengan modulus elastisitas beton
$n_s$	= angka perbandingan modulus elastisitas baja non-prategang dengan modulus elastisitas beton
$P_i$	= gaya prategang awal pakai pada saat transfer, kN
$P_e$	= gaya prategang efektif pada saat layan, kN
$P_o$	= gaya prategang awal rencana, kN
$q$	= beban terpasang/m (terbagi rata)
$R$	= rasio kehilangan gaya prategang
$r^2$	= jari-jari girasi, mm <sup>2</sup>
$S$	= modulus penampang, mm <sup>3</sup>
$S_x$	= modulus tampang terhadap sisi bawah, mm <sup>3</sup>
$S_y$	= modulus tampang terhadap sisi atas, mm <sup>3</sup>
$T$	= gaya tarik, kN
$T_{ps}$	= gaya tarik tulangan prategang, kN
$T_s$	= gaya tarik tulangan non-prategang, kN
$t$	= umur beton (dalam hari)
$W_L$	= beban guna hidup bangunan, kN/m <sup>2</sup>
$w_D$	= beban mati, kN/m <sup>2</sup>
$w_L$	= beban hidup, kN/m <sup>2</sup>
$w_{Lps}$	= beban hidup yang didukung baja prategang, kN/m <sup>2</sup>
$w_{Ls}$	= beban hidup yang didukung baja non-prategang, kN/m <sup>2</sup>
$w_G$	= beban gelagar (berat sendiri), kN/m <sup>2</sup>
$x$	= jarak garis netral ke tepi beton, mm
$y_c$	= jarak dari titik penggunaan beban di atas pusat penampang, mm
$Z$	= jarak antara titik tengah sayap bagian atas dengan bagian bawah, mm
$z$	= lengan gaya dalam, mm

$\alpha$	=	perubahan sudut kabel dari ujung dongkrak ke titik x (dalam radian)
$\epsilon_{cu}$	=	regangan maksimum
$\epsilon_s$	=	regangan hancur
$\epsilon_t$	=	regangan leleh maksimum
$\beta_s$	=	faktor yang berhubungan dengan umur beton
$A_A$	=	besar getineir, mm
$\Delta P$	=	total kehilangan gaya prategang, kNm
$\gamma$	=	rasio prategang residual
$\gamma_p$	=	koefisien faktor untuk tipe tendon prategang
$\delta_{up}$	=	lendutan ke atas, mm
$\delta_G$	=	lendutan akibat berat sendiri balok, mm
$\delta_D$	=	lendutan akibat beban mati, mm
$\delta_L$	=	lendutan akibat beban hidup, mm
$\delta_T$	=	lendutan total, mm
$\lambda$	=	faktor pengali lendutan jangka panjang
$\mu$	=	koefisien gesek lengkung
$\rho$	=	rasio penguat baja non-prategang
$\rho_p$	=	rasio penguat baja prategang
$\rho_{ps}$	=	rasio penulangan prategang
$\Phi_c$	=	rotasi total
$\Omega$	=	faktor reduksi kekuatan
$\omega_p$	=	$P_{ult} / P_s$



## DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 3.1</i>	Distribusi Tegangan Penampang Beton Prategang Sentris .....	14
<i>Gambar 3.2</i>	Distribusi Tegangan Penampang Beton Prategang Eksentris ...	15
<i>Gambar 3.3</i>	Pemberian Prategang Pratarik .....	18
<i>Gambar 3.4</i>	Pemberian Prategang Pascatarik .....	19
<i>Gambar 3.5</i>	Kesetimbangan Beban Terpusat .....	24
<i>Gambar 3.6</i>	Kesetimbangan Beban Merata .....	25
<i>Gambar 3.7</i>	Contoh Penampang Beton Prategang .....	26
<i>Gambar 3.8</i>	<i>Section properties</i> Penampang Persegi Terhadap Garis Netral ( <i>cgc</i> ) .....	27
<i>Gambar 3.9</i>	Balok Dengan Tendon <i>Draped</i> Parabolik .....	30
<i>Gambar 3.10</i>	Diagram Tegangan Pada Pusat Beton .....	31
<i>Gambar 3.11</i>	Tampang Persegi Panjang (a), Diagram Regangan (b) Kesetimbangan Gaya-Gaya Dalam (c) .....	36
<i>Gambar 3.12</i>	Balok Tampang T (a), Diagram Regangan (b), Kesetimbangan Gaya-Gaya Dalam Bagian Sayap (c) .....	38
<i>Gambar 3.13</i>	Balok Tampang T (a), Diagram Regangan (b), Kesetimbangan Gaya-Gaya Dalam Bagian Badan (c) .....	39
<i>Gambar 3.14</i>	Hubungan Beban-Lendutan dengan Penampang Bertulangan Kuat dan Bertulangan Lemah .....	45
<i>Gambar 4.1</i>	<i>Flow Chart</i> Analisis Lendutan Balok Beton Prategang Parsial .....	53
<i>Gambar 5.1</i>	Bentang Balok dan Rencana Penempatan Balok .....	56
<i>Gambar 5.2</i>	Momen Yang Terjadi Pada Balok Sederhana .....	60
<i>Gambar 5.3</i>	Letak <i>Properties</i> Pada Penampang Persegi Terhadap Garis Netral ( <i>cgc</i> ) .....	62
<i>Gambar 5.4</i>	Penempatan Tendon Pada Penampang Persegi .....	65
<i>Gambar 5.5</i>	Diagram Tegangan Saat Transfer .....	71
<i>Gambar 5.6</i>	Diagram Tegangan Beton Pada Saat Layan .....	74
<i>Gambar 5.7</i>	Penampang dan Gaya-Gaya Dalam .....	74



<i>Gambar 5.8</i>	Diagram Keseimbangan Gaya-Gaya Dalam. Beton Prategang Parsial .....	81
<i>Gambar 5.9</i>	Diagram Tegangan Pada Pusat Beton Prategang .....	87
<i>Gambar 5.10</i>	Diagram Tegangan Beton Akibat Baja Prategang .....	90
<i>Gambar 5.11</i>	Diagram Tegangan Beton Akibat Baja Non-Prategang .....	92
<i>Gambar 5.12</i>	Penampang Balok T .....	101
<i>Gambar 5.13</i>	Diagram Kesetimbangan Gaya-Gaya Dalam .....	102
<i>Gambar 5.14</i>	Penampang Balok I Simetris .....	105
<i>Gambar 5.15</i>	Penampang dan Gaya-Gaya Dalam .....	105
<i>Gambar 6.1</i>	Hubungan h/b Terhadap Eksentrisitas Tendon Saat Transfer	112
<i>Gambar 6.2</i>	Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Eksentrisitas Tendon Saat Transfer .....	113
<i>Gambar 6.3</i>	Hubungan h/b Terhadap Eksentrisitas Baja Prategang Saat Layan .....	114
<i>Gambar 6.4</i>	Hubungan h/b Terhadap Eksentrisitas Baja Non-Prategang Saat Layan .....	115
<i>Gambar 6.5</i>	Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Eksentrisitas Baja Prategang Saat Layan .....	116
<i>Gambar 6.6</i>	Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Eksentrisitas Baja Non-Prategang Saat Layan .....	117
<i>Gambar 6.7</i>	Pengaruh h/b Terhadap Kehilangan Gaya Prategang Pada saat 3 Bulan .....	119
<i>Gambar 6.8</i>	Pengaruh h/b Terhadap Kehilangan Gaya Prategang Pada saat 1 Tahun .....	119
<i>Gambar 6.9</i>	Pengaruh h/b Terhadap Kehilangan Gaya Prategang Pada saat 3 Tahun .....	120
<i>Gambar 6.10</i>	Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Kehilangan Gaya Prategang Pada Saat 3 Bulan .....	122
<i>Gambar 6.11</i>	Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Kehilangan Gaya Prategang Pada Saat 1 Tahun .....	122

<b>Gambar 6.12</b>	Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Kehilangan Gaya Prategang Pada Saat 3 Tahun .....	123
<b>Gambar 6.13</b>	Pengaruh h/b Terhadap Gaya Prategang Efektif Saat 3 Bulan .....	124
<b>Gambar 6.14</b>	Pengaruh h/b Terhadap Gaya Prategang Efektif Saat 1 Tahun .....	124
<b>Gambar 6.15</b>	Pengaruh h/b Terhadap Gaya Prategang Efektif Saat 3 Tahun .....	125
<b>Gambar 6.16</b>	Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Gaya Prategang Efektif Saat 3 Bulan .....	126
<b>Gambar 6.17</b>	Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Gaya Prategang Efektif Saat 1 Tahun .....	126
<b>Gambar 6.18</b>	Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Gaya Prategang Efektif Saat 3 Tahun .....	127
<b>Gambar 6.19</b>	Pengaruh h/b Terhadap Kapasitas Lentur Penampang .....	128
<b>Gambar 6.20</b>	Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Kapasitas Lentur Penampang .....	129
<b>Gambar 6.21</b>	Hubungan Rasio h-b Dengan Rasio $M_n - M_n^{\text{Persegi } h/b = 2}$ .....	132
<b>Gambar 6.22</b>	Hubungan Prosentase Gaya Prategang Dengan Rasio $M_n - M_n^{\text{Persegi } h/b = 2}$ .....	133
<b>Gambar 6.23</b>	Hubungan h/b Terhadap Tegangan Serat Atas Saat Transfer .....	134
<b>Gambar 6.24</b>	Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Tegangan Serat Atas Saat Transfer .....	135
<b>Gambar 6.25</b>	Hubungan h/b Terhadap Tegangan Serat Atas Saat Layan .....	136
<b>Gambar 6.26</b>	Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Tegangan Serat Atas Saat Layan .....	137
<b>Gambar 6.27</b>	Hubungan h/b Terhadap Tegangan Serat Bawah Saat Transfer .....	138
<b>Gambar 6.28</b>	Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Tegangan Serat Bawah Saat Transfer .....	139
<b>Gambar 6.29</b>	Hubungan h/b Terhadap Tegangan Serat Bawah Saat Layan .....	140
<b>Gambar 6.30</b>	Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Tegangan Serat Bawah Saat Layan .....	141
<b>Gambar 6.31</b>	Pengaruh h/b Terhadap Lendutan Ke Atas .....	143

<b>Gambar 6.32</b>	Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Lendutan Ke Atas .....	144
<b>Gambar 6.33</b>	Pengaruh h/b Terhadap Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta_{pi}/L$ ) Untuk Lendutan Ke Atas .....	147
<b>Gambar 6.34</b>	Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta_{pi}/L$ ) Untuk Lendutan Ke Atas .....	149
<b>Gambar 6.35</b>	Pengaruh h/b Terhadap Lendutan Sesaat .....	150
<b>Gambar 6.36</b>	Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Lendutan Sesaat	151
<b>Gambar 6.37</b>	Hubungan Rasio h-b Dengan Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Sesaat .....	153
<b>Gambar 6.38</b>	Hubungan Prosentase Gaya Prategang Dengan Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Sesaat .....	155
<b>Gambar 6.39</b>	Pengaruh h/b Terhadap Lendutan Pada Saat Umur 3 Bulan ...	156
<b>Gambar 6.40</b>	Pengaruh h/b Terhadap Lendutan Pada Saat Umur 1 Tahun ...	156
<b>Gambar 6.41</b>	Pengaruh h/b Terhadap Lendutan Pada Saat Umur 3 Tahun ...	157
<b>Gambar 6.42</b>	Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Lendutan Pada Saat 3 Bulan .....	158
<b>Gambar 6.43</b>	Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Lendutan Pada Saat 1 Tahun .....	158
<b>Gambar 6.44</b>	Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Lendutan Pada Saat 3 Tahun .....	159
<b>Gambar 6.45</b>	Hubungan h/b Dengan Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Bulan .....	162
<b>Gambar 6.46</b>	Hubungan h/b Dengan Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 1 Tahun .....	165
<b>Gambar 6.47</b>	Hubungan h/b Dengan Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Tahun ...	168
<b>Gambar 6.48</b>	Hubungan Prosentase Gaya Prategang Dengan ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Bulan .....	170

- Gambar 6.49** Hubungan Prosentase Gaya Prategang Dengan ( $\delta/L$ )  
Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 1 Tahun .... 171
- Gambar 6.50** Hubungan Prosentase Gaya Prategang Dengan ( $\delta/L$ )  
Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Tahun .....173



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b>	Kehilangan Gaya Prategang Untuk Beton Normal .....	44
<b>Tabel 6.1</b>	Rasio $M_n - M_n^{\text{Persegi } h/b = 2}$ .....	131
<b>Tabel 6.2</b>	Rata - Rata Keseluruhan Rasio $M_n - M_n^{\text{Persegi } h/b = 2}$ .....	131
<b>Tabel 6.3</b>	Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta_{pi}/L$ ) Untuk Lendutan Ke Atas .....	146
<b>Tabel 6.4</b>	Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Ke Atas .....	146
<b>Tabel 6.5</b>	Rata - Rata Keseluruhan Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Ke Atas .....	147
<b>Tabel 6.6</b>	Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Sesaat .....	152
<b>Tabel 6.7</b>	Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Sesaat .....	153
<b>Tabel 6.8</b>	Rata - Rata Keseluruhan Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Sesaat .....	153
<b>Tabel 6.9</b>	Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Bulan .....	161
<b>Tabel 6.10</b>	Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Bulan .....	162
<b>Tabel 6.11</b>	Rata - Rata Keseluruhan Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Bulan .....	162
<b>Tabel 6.12</b>	Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 1 Tahun .....	164
<b>Tabel 6.13</b>	Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 1 Tahun .....	164

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran A Hasil Analisis Untuk Penampang Persegi
2. Lampiran B Hasil Analisis Untuk Penampang T
3. Lampiran C Hasil Analisis Untuk Penampang I
4. Lampiran D Rekap Hasil Analisis Untuk Penampang Persegi, T dan I
5. Lampiran E Rekap Hasil Berdasarkan Kebutuhan Untuk Pembahasan
6. Lampiran F Label Kontrol Retak - Semua Penampang
7. Lampiran G Data - Data Penunjang
8. Lampiran H Kartu Presensi Tugas Akhir



## Abstraks

Perkembangan di dunia konstruksi sekarang ini lebih condong kepada penggunaan bahan yang ekonomis tetapi mempunyai mutu kekuatan tinggi. Bahan bermutu tinggi tetapi ekonomis salah satunya adalah beton prategang. Beton prategang umumnya digunakan pada struktur dengan bentang yang panjang, sehingga lendutan yang terjadi menjadi besar bila tidak diprediksi dengan baik. Penulis bertujuan melakukan analisis untuk mencari lendutan dan bentuk penampang yang efektif agar struktur bangunan aman. Filosofi dasar dari desain beton prategang adalah membuat beton dalam keadaan tertekan sehingga tidak akan terjadi tegangan tarik pada beton tersebut setidaknya pada tahap beban kerja. Seiring dengan perkembangan jaman, metode desain memperbolehkan terjadinya sejumlah tegangan tarik pada beton prategang, kondisi yang demikian disebut Prategang Parsial. Beton prategang parsial sering ditambah dengan tulangan non-prategang (tulangan biasa) untuk memberikan keamanan tambahan, mengendalikan retak, dan memberikan kekuatan batas lebih tinggi pada balok. Salah satu keuntungan penggunaan prategang parsial adalah besarnya lendutan ke atas (*chamber*) dapat dikurangi. Besarnya lendutan ke atas dapat dikontrol dengan mengatur pemberian gaya prategang dan merubah bentuk penampang. Bentuk penampang yang akan dipergunakan penulis saat desain adalah penampang balok persegi panjang, penampang balok T, dan penampang balok I simetris yang ditumpu sederhana. Dibanding penampang solid persegi panjang, penampang bersayap lebih menguntungkan, karena dengan adanya sayap, maka eksentrisitas penampang menjadi lebih besar, sehingga luas beton di daerah tekan (bagian atas) lebih besar, dengan demikian gaya prategang perlu yang dihasilkan menjadi lebih kecil, akibatnya dapat diperoleh desain penampang yang efisien. Lendutan di bawah pembebanan akan bertambah seiring dengan bertambahnya waktu terutama pengaruh rangkak dan susut pada beton dan relaksasi pada baja. Lendutan pada balok prategang dipengaruhi oleh gaya prategang, beban kerja dan lama pembebanan. Keadaan yang demikian akan mudah dikontrol dengan merubah tampang dan besarnya gaya prategang. Analisis tugas akhir penulis menghasilkan dua penampang efektif yang ditinjau dari segi kapasitas dan lendutan yaitu, kapasitas paling besar terjadi pada penampang I  $h/b = 3$  dengan prosentase gaya prategang 90 % dan lendutan jangka panjang paling kecil terjadi pada penampang I  $h/b = 3$  dengan prosentase gaya prategang 75 %.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Seiring dengan pesatnya pembangunan di Indonesia, perkembangan di dunia konstruksi juga ikut berkembang. Perkembangan di dunia konstruksi sekarang ini lebih condong kepada penggunaan bahan yang ekonomis tetapi mempunyai mutu kekuatan tinggi. Bahan bermutu tinggi tetapi ekonomis salah satunya adalah beton prategang. Beton prategang umumnya digunakan pada struktur yang memiliki bentang yang panjang yaitu antara 10 m sampai 30 m bahkan dapat diterapkan untuk bentang sampai 100 m (Abeles, 1965 di dalam Lin dan Burns, 2000).

Beton prategang dapat didefinisikan sebagai beton yang diberi tegangan tekan dengan distribusi dan besar tegangan tertentu sehingga dapat menetralkan sejumlah tegangan tarik yang terjadi akibat beban eksternal, sedangkan tegangan internal diperoleh dengan memberikan tekanan (gaya prategang) pada beton sebelum beban luar bekerja (Komisi ACI di dalam Lin dan Burns, 2000). Filosofi dasar dari desain beton prategang adalah membuat beton dalam keadaan tertekan sehingga tidak akan terjadi tegangan tarik pada beton tersebut setidaknya pada tahap beban kerja (Freyssinet, 1939 di dalam Lin dan Burns, 2000). Seiring dengan perkembangan jaman metode desain memperbolehkan terjadinya sejumlah tegangan tarik pada beton prategang, kondisi yang demikian disebut Prategang Parsial.



Beton prategang parsial sering ditambah dengan tulangan non-prategang (tulangan biasa) untuk memberikan keamanan tambahan, mengendalikan retak, dan memberikan kekuatan batas lebih tinggi pada balok (Lin dan Burns, 2000).

Dalam perancangan suatu struktur juga harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut ini.

1. Dari segi kekuatan, struktur tersebut dapat diandalkan kekuatannya,
2. Dari segi arsitektur, struktur tersebut memenuhi syarat-syarat keindahan,
3. Dari segi finansial, struktur tersebut lebih efisien.

Selain itu, para perancang struktur harus menjamin bahwa :

1. Di bawah pembebanan terburuk konstruksi tetap aman,
2. Selama bekerja beban normal, lendutan dari bagian-bagian konstruksi tidak mengurangi bentuk, keawetan dan daya kerja dari suatu konstruksi, dengan kata lain bahwa struktur harus tidak runtuh dan apabila terjadi lendutan dan tidak membahayakan pemakainya.

Dalam kenyataannya jarang sekali ditemui suatu konstruksi runtuh, kecuali apabila terjadi bencana alam. Tetapi yang sering terjadi di lapangan adalah terjadinya lendutan yang melampaui batas yang diperbolehkan. Terjadinya lendutan ini banyak dijumpai dalam praktek. Beberapa kasus dapat mengakibatkan rusaknya partisi atau eternit akibat lendutan pelat lantai yang terlampaui besar, juga pecahnya kaca akibat hal yang sama.

Salah satu keuntungan penggunaan prategang parsial adalah besarnya lendutan ke atas (*chamber*) dapat dikurangi. Besarnya lendutan ke atas dapat dikontrol dengan mengatur pemberian gaya prategang. Pengurangan lendutan ke atas sangatlah penting terutama ketika beban gelagar atau beban mati relatif kecil jika dibandingkan dengan beban rencana keseluruhan. Pengurangan lendutan awal ke atas dapat mengurangi pengaruh rangkai lentur dan memudahkan pengendalian keseragaman lendutan ke atas (Lin dan Burns, 2000).

Ada banyak jenis bentuk penampang yang sering dipakai dalam suatu proyek pembangunan, diantaranya penampang balok persegi panjang, penampang balok I

simetris, penampang balok T, penampang balok T dengan sayap bawah, maupun penampang kotak (*box girder*), dan masih banyak bentuk penampang yang lainnya. Penampang yang akan dipergunakan penulis saat desain adalah penampang balok persegi panjang, penampang balok T, dan penampang balok I simetris yang ditumpu sederhana, dengan alasan salah satu keunggulan ke tiga penampang tersebut (Nawy, 2000) adalah eksentrisitas penampang sebanding dengan gaya prategang yang dibutuhkan, maka dibutuhkan eksentrisitas di tengah bentang yang lebih besar sehingga akan diperoleh gaya prategang perlu yang lebih kecil yang akan menghasilkan desain yang ekonomis.

Kenyataan dilapangan bahwa elemen beton prategang lebih langsing jika dibanding dengan beton bertulang membuat perencana harus berhati-hati dalam mengontrol lendutan dan retaknya. Kontrol lendutan yang terjadi pada beton prategang apabila tidak diprediksi dengan baik dapat mengakibatkan lawan lendut yang besar, yang pada akhirnya dapat menyebabkan ketidaknyamanan perjalanan di atas jembatan, terjadinya retak partisi di gedung bertingkat, maupun ketidak lurusan pintu dan jendela. Aspek retak pada beton prategang juga perlu diperhatikan, karena adanya retak dapat menimbulkan korosi di dalam baja prategang maupun baja non-prategang (prategang parsial) di dalam masa guna struktur (Nawy, 2000).

Jadi, lendutan pada beton prategang parsial jika tidak diprediksi dan dikontrol dengan baik dapat mengakibatkan terjadinya lawan lendut yang besar, yang dapat membuat ketidaknyamanan pengguna struktur bangunan tersebut, sedangkan retak pada beton parsial jika tidak diprediksi dapat menyebabkan masa guna struktur menjadi pendek

## **1.2 Rumusan Masalah**

Bagaimana menganalisis dan mengetahui pengaruh efektifitas bentuk penampang akibat lendutan terhadap waktu pada balok prategang parsial serta bagaimana pengaruh pemberian gaya prategang yang bervariasi akibat lendutan terhadap waktu.

### 1.3 Tujuan

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Menentukan hubungan lendutan pada saat layan terhadap variasi pemberian gaya prategang untuk berbagai bentuk penampang.
2. Mencari bentuk penampang yang efektif.

### 1.4 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah :

1. Mendapatkan hasil tentang besarnya lendutan akibat kehilangan gaya prategang pada balok beton prategang parsial dengan variasi bentuk penampang untuk luasan yang sama.
2. Mendapatkan hubungan lendutan dengan waktu dan hubungan lendutan dengan variasi pemberian gaya prategang untuk bentuk penampang yang bervariasi.
3. Mendapatkan bentuk penampang yang mempunyai jangka waktu pembebanan yang paling lama pada lendutan yang sama sehingga bentuk penampang tersebut lebih baik daripada bentuk penampang yang lain dalam hal umur layan struktur.
4. Dapat dijadikan pembandingan dalam memilih jenis penampang beton prategang bagi perencana, khususnya untuk efek lendutan yang mempengaruhi umur layan struktur.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Bentuk penampang balok adalah balok persegi, balok T, dan balok I simetris.
2. Profil kabel direncanakan melengkung di sepanjang bentangan (tendon parabolis).

3. Beton prategang yang dianalisis menggunakan sistem pascatarik (*post tensioned*) dan tendon terekat (*grouting*),
4. Variasi besar gaya prategang yang diberikan adalah 100 %, 90 %, 80 %, 75 %,
5. Balok prategang dianggap tidak retak pada saat transfer, sedangkan saat layan perlu adanya kontrol terhadap retak,
6. Saat layan bekerja setelah 90 hari karena semua beban dianggap telah bekerja,
7. Blok ujung tidak dibahas karena pengangkuran dianggap sempurna,
8. Balok menerima beban merata,
9. Bentang balok sederhana (*simple beam*) direncanakan 25 m dengan jarak antar balok 5 m,
10. Tegangan karakteristik beton yang digunakan ( $f'c$ ) 45 MPa dan tegangan tarik ultimit tendon ( $f_{pu}$ ) 1860 MPa,
11. Kehilangan gaya prategang untuk desain awal diasumsikan sebesar 20 %, sedangkan kehilangan gaya prategang sesungguhnya dihitung untuk mencari besar lendutan karena berkaitan dengan faktor waktu,
12. Rasio tinggi terhadap lebar penampang ( $h/b$ ) digunakan 2,00 – 3,00 dengan interval 0,25,
13. Analisis beton prategang menggunakan luasan penampang dan luasan tendon yang sama untuk penampang balok persegi, T dan I,
14. Perencanaan luas penampang, luas baja prategang, dan luas baja non-prategang untuk penampang T dan penampang I simetris berdasarkan pada penampang Persegi pada  $h/b = 2$ ,
15. Lendutan ditinjau saat struktur berumur 90 hari, 365 hari, dan 1095 hari,
16. Kestabilan penampang ke arah lateral (*lateral instability*) tidak ditinjau.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Menurut Nawy, 2000, beton adalah material yang getas, yang kuat dalam menahan tekan, tetapi lemah dalam menahan tarik. Menurut Lin dan Burns, 2000, kemampuan menahan tarik beton diperbaiki dengan memberikan tekanan.

##### **2.1.1 Beton Prategang**

Komisi ACI di dalam Lin dan Burns, 2000, memberikan definisi beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besaran distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban eksternal sampai batas tertentu..

##### **2.1.2 Perbandingan Beton Prategang Dengan Beton Bertulang**

Menurut Nawy, 2000, perbandingan beton prategang dengan beton bertulang adalah :

1. Beton prategang sangat memperhitungkan tegangan tarik, sedangkan beton bertulang, tegangan tariknya dapat diabaikan,
2. Baja prategang akan menghasilkan gaya prategang untuk komponen struktur, sedangkan tulangan pada struktur beton bertulang tidak memberikan gaya dari dirinya untuk komponen struktur.

### 2.1.3 Beton Prategang Parsial

Lin dan Burns, 2000, memberikan batasan beton prategang parsial yaitu beton prategang yang dimungkinkan terjadi tegangan tarik sampai batas tertentu pada beban kerja sehingga memerlukan baja lunak (baja non-prategang) sebagai perkuatan pada bagian tarik.

### 2.1.4 Kapasitas Beton Prategang Parsial

Menurut Irma dan Dwi, 2000, penambahan baja non-prategang sebagai pengganti akibat pengurangan baja prategang pada beton prategang parsial agar kapasitasnya menyamai kapasitas beton prategang penuh. Jumlah baja prategang dan baja non prategang ditentukan oleh besar gaya prategang.

## 2.2 Balok

Balok merupakan elemen struktur yang digunakan untuk mentransfer beban vertikal secara horizontal (Ghali dan Neville, 1990).

### 2.2.1 Balok Sederhana

Pengertian balok sederhana adalah balok yang berada pada satu bentangan yang mempunyai gaya rekasi, gaya geser, dan momen lentur yang dapat diselesaikan menggunakan persamaan statika dasar, yaitu :  $\Sigma H = 0$ ,  $\Sigma V = 0$ ,  $\Sigma M = 0$  (Wirawan dan Prawira, 1983).

## 2.3 Pengaruh Kelangsingan Bentuk Penampang

Kelangsingan penampang adalah fungsi dari rasio ( $h/b$ ) dan panjang bentang balok. Kelangsingan penampang akan mempengaruhi kestabilan arah lateral balok (*lateral instability*), karena lebar penampangnya yang kecil akan memperkecil momen inersia sumbu lateralnya sehingga akan mempengaruhi kestabilan penampang (Ferizal dan Rusnapi, 2005).

Semakin langsing penampang, maka eksentrisitasnya semakin besar sehingga luas beton di daerah tekan (bagian atas) lebih besar, dengan demikian gaya prategang perlu yang dihasilkan menjadi lebih kecil, akibatnya dapat diperoleh desain penampang yang efisien (Nawy, 2000).

Beton prategang parsial dimungkinkan mengalami retak meskipun masih merupakan retak rambut sehingga diperlukan penampang efektif sebagai pengganti seluruh penampang beton (Sinha dan Roy, 1991). Penampang retak menggunakan momen inersia efektif yang merupakan nilai rata-rata di sepanjang bentang dari balok yang di tumpu sederhana dengan tendon terekat, sehingga perhitungan luas penampang efektif akan sangat mempengaruhi ketelitian perhitungan ( Namaan, 1982 dan Nawy, 2000).

## **2.5 Kehilangan Gaya Prategang**

Gaya prategang yang diberikan pada pada elemen beton prategang sejak sesaat setelah proses fabrikasi sampai elemen beton prategang digunakan akan mengalami reduksi gaya prategang. Kehilangan gaya prategang menurut, Nawy, 2000, dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu :

1. Kehilangan elastis segera, terjadi pada saat proses pabrikan atau konstruksi, meliputi : perpendekan beton secara elastis, kehilangan karena pengangkeran, dan kehilangan karena gesekan.
2. Kehilangan yang tergantung pada waktu, meliputi: rangkai beton, susut beton, dan relaksasi baja. Ketiganya ditentukan pada kondisi limit tegangan akibat beban kerja di dalam elemen beton prategang.

### **2.5.1 Kehilangan Elastis Beton**

#### **1. Perpendekan elastis beton**

Perpendekan beton secara elastis terjadi saat gaya prategang bekerja. Hal ini dikarenakan tendon yang melekat pada beton disekitarnya secara simultan

memendek, maka tendon akan kehilangan sebagian dari gaya prategang yang dipikulnya (Nawy, 2000).

## **2. Gesekan pada baja**

Kehilangan tegangan akibat gesekan pada baja adalah kehilangan tegangan karena gesekan antara tendon dengan beton disekelilingnya (Nawy, 2000). Kehilangan tegangan akibat gesekan dipengaruhi oleh panjang bentang dan kelangsingan penampang, terutama pada tendon yang dipasang melengkung (Raju, 1986).

## **3. Penggelinciran ankur**

Kehilangan tegangan akibat penggelinciran ankur pada struktur beton prategang sistem pascatarik tergantung pada tipe pasak dan tegangan pada kawat. Kehilangan tegangan akibat penggelinciran ankur pada struktur beton prategang sistem pratarik diakibatkan karena penyesuaian gaya prategang saat ditransfer ke landasan (Raju, 1986).

### **2.5.2 Kehilangan Tegangan Akibat Waktu**

#### **1. Rangkak pada beton**

Rangkak beton (*creep*), yaitu peningkatan regangan terhadap waktu akibat beban yang bekerja terus menerus (Lin dan Burns, 2000). Rangkak dipengaruhi oleh komposisi beton, kondisi lingkungan dan ukuran benda uji. Secara prinsip rangkak tergantung pada pembebanan sebagai fungsi dari waktu. (Nawy, 2000).

Rangkak itu sendiri menurut ACI Comitte 209 di dalam Nawy (2000), dibedakan menjadi dua bagian, yaitu :



1. Rangkak dasar (*basic creep*)

Rangkak dasar yaitu rangkak beton yang terjadi pada kondisi kadar udara konstan dan tidak dipengaruhi oleh kelembaban relatif disekeliling beton.

2. Rangkak kering (*drying creep*)

Rangkak kering yaitu rangkak tambahan yang terjadi karena proses pengeringan yang dipengaruhi oleh kelembaban, temperatur sekeliling dan dimensi struktur.

## 2. Susut pada beton

Susut beton (*shrinkage*), yaitu kontraksi beton akibat proses pengeringan dan perubahan kimiawi. Susut beton tidak tergantung pada tegangan akibat beban yang bekerja terus menerus. Susut dengan rangkak sangat berkaitan, dimana beton yang menahan susut cenderung mengalami sedikit rangkak, karena berkaitan dengan pasta semen yang terhidrasi (Lin dan Burns, 2000).

Susut menurut ACI Comitte 209 di dalam Nawy (2000), dibedakan menjadi dua bagian, yaitu :

1. Susut Plastis

Susut plastis yaitu susut yang terjadi beberapa jam setelah beton segar ke dalam acuan.

2. Susut Pengeringan

Susut pengeringan yaitu susut yang terjadi setelah beton mencapai bentuk akhirnya dan proses hidrasi semen telah selesai.

## 3. Relaksasi pada baja

Relaksasi baja (*relaxtation*), yaitu berkurangnya tegangan baja pada regangan konstan akibat baja prategang diberi tegangan terus menerus (Lin dan Burns, 2000). Relaksasi baja terjadi apabila kawat-kawat (*strand*) mengalami regangan konstan. Hal ini berarti identik dengan rangkak pada beton, perbedaannya relaksasi adalah kehilangan tegangan pada baja (Nawy, 2000).

### **2.5.3 Pengaruh Kehilangan Gaya Prategang Terhadap Lendutan**

Kehilangan gaya prategang sangat berpengaruh pada lendutan karena lendutan dipengaruhi antara gaya prategang dan beban luar (Nawy, 2000). Lin dan Burns, 2000, menyarankan sebaiknya dibuat keseimbangan antara lendutan akibat beban mati dengan lendutan ke atas, sehingga rangkai akibat lendutan dan nilai variabel elastisitas beton akan mempunyai pengaruh kecil pada lendutan ke atas (Lin dan Burns, 2000).

## **2.6 Lendutan**

Lendutan merupakan perubahan posisi suatu titik dari batang sebelum bekerjanya beban sampai beban itu bekerja. Lendutan pada beton prategang dipengaruhi oleh gaya prategang, beban kerja dan lama pembebanan (Naaman, 1982).

### **2.6.1 Lendutan Sesaat**

Menurut Irhamy, 2001, lendutan Sesaat adalah lendutan yang terjadi setelah transfer gaya prategang sampai umur 30 hari pertama. Lendutan sesaat terjadi akibat gaya prategang dan berat sendiri balok.

### **2.6.2 Lendutan Ke Atas**

Lendutan ke atas besarnya semakin bertambah seiring dengan berkurangnya gaya prategang dan semakin bertambahnya umur beton (Irhamy, 2001).

### **2.6.3 Lendutan Total**

Lendutan total akan bertambah seiring dengan seiring bertambahnya waktu karena kehilangan tegangan yang bergantung waktu bertambah. Keadaan yang demikian akan mudah dikontrol dengan merubah tampang dan besarnya gaya prategang (Naaman, 1982).

Jadi, lendutan pada beton prategang parsial jika tidak diprediksi dan dikontrol dengan baik dapat mengakibatkan terjadinya lawan lendut yang besar. Lawan lendut dapat dikontrol dengan merubah bentuk penampang sehingga diperlukan suatu analisis bentuk penampang yang bergantung pada pemberian gaya prategang agar struktur bangunan aman.

Menurut Wang dan Salmon, 1985, lendutan jangka panjang sangat sulit diperkirakan meskipun pengendaliannya sangat diperlukan untuk menjamin kelayakan dari struktur selama umur layanannya (Wang dan Salmon, 1985).



## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

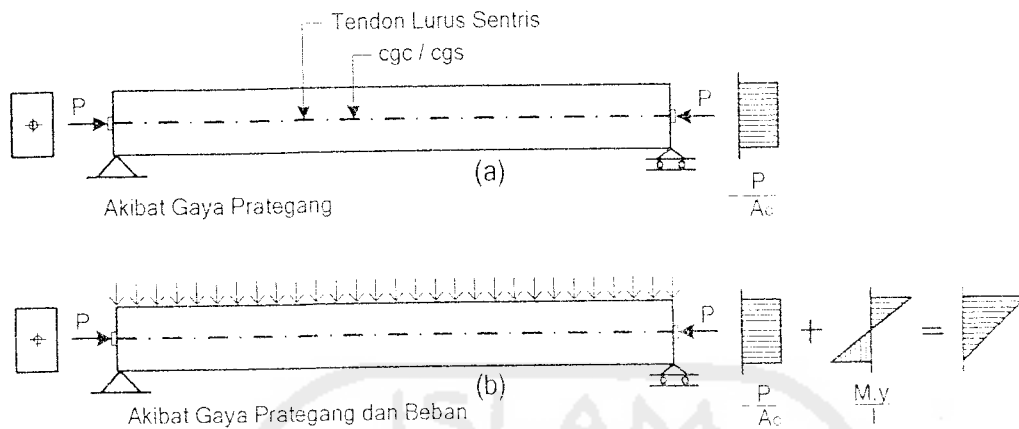
#### **3.1 Konsep Dasar Beton Prategang**

Konsep dasar beton prategang menurut Freyssinet (1939) di dalam Lin dan Burns (2000) ada tiga, yaitu :

1. Sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis, artinya beton prategang ditransformasikan menjadi bahan elastis dengan memberikan beban internal untuk menetralkan tegangan tarik pada tahap beban kerja karena beban eksternal.
2. Sistem prategang untuk kombinasi baja mutu tinggi dengan beton mutu tinggi, artinya kombinasi dari baja dan beton, dimana baja menahan tarikan dan beton menahan tekanan, sehingga kedua bahan membentuk kopel penahan untuk melawan momen eksternal.
3. Sistem prategang untuk mencapai kesetimbangan beban, artinya menggunakan prategang sebagai usaha untuk membuat seimbang gaya-gaya pada sebuah batang.

##### **3.1.1 Konsep Dasar Pemberian Prategang**

Konsep pemberian gaya prategang menurut Lin & Burns (2000) dan Nawy (2000), ditentukan dari prinsip mekanika dan hubungan regangan-tegangan. Pemberian gaya prategang dibagi menjadi dua kondisi, yaitu : kondisi tendon sentris dan kondisi tendon eksentris.



**Gambar 3.1** Distribusi Tegangan Penampang Beton Prategang Sentris  
(Lin dan Burns, 2000)

Gambar 3.1a terlihat bahwa balok persegi pada luasan penampang sama, dengan tendon sentris yang ditumpu sederhana mengalami gaya aksial sebesar  $P$ , sehingga tegangan yang terjadi :

$$f = -\frac{P}{A_c} \quad (3.1)$$

Gambar 3.1b terlihat bahwa balok persegi yang diberi beban merata akan menimbulkan momen di tengah bentang, sehingga terdapat dua kondisi tegangan yaitu tegangan serat atas dan tegangan serat bawah.

a). Tegangan serat atas

$$f = -\frac{P}{A_c} - \frac{M \cdot y}{I} \quad (3.2a)$$

b). Tegangan serat bawah

$$f_b = -\frac{P}{A_c} + \frac{M \cdot y}{I} \quad (3.2b)$$

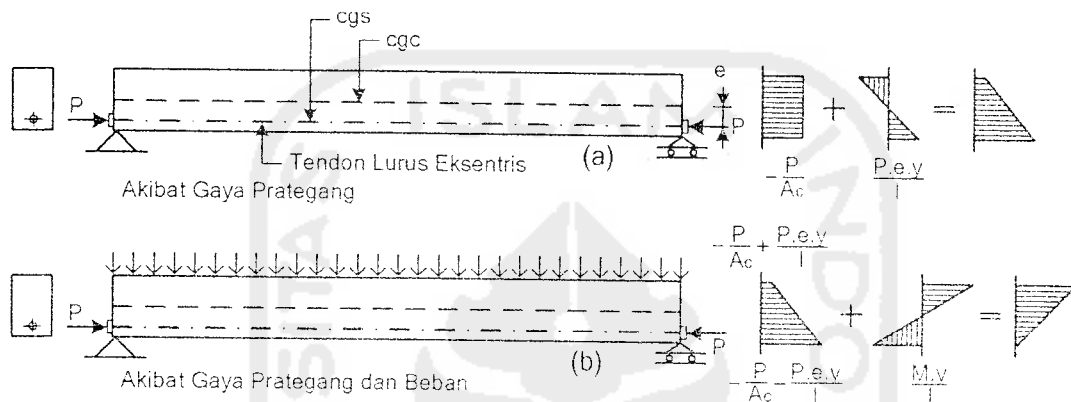
dengan :  $y = h/2$  untuk penampang persegi panjang

$I =$  momen inersia bruto penampang ( $bh^3/12$  untuk persegi panjang)

$P =$  gaya prategang

catatan : tanda *minus* untuk tekan, tanda *plus* untuk tarik (digunakan untuk seluruh penulisan)

Persamaan 3.2b menunjukkan bahwa tegangan tekan prategang  $-P/A_c$  mengurangi tegangan lentur tarik  $M.y/I$  sebesar yang dikehendaki di dalam desain (tegangan tarik sampai hilang hingga berubah tekan atau tegangan tarik masih ada sesuai dalam peraturan).



**Gambar 3.2** Distribusi Tegangan Penampang Beton Prategang Eksentris (Lin dan Burns, 1981)

Gambar 3.2a terlihat bahwa balok persegi pada luasan penampang sama, dengan tendon eksentris yang ditumpu sederhana mengalami gaya aksial sebesar  $P$ , sehingga tegangan yang terjadi :

$$f = \frac{P.e.y}{I} \quad (3.3)$$

Gambar 3.2b, jika tendon diletakkan pada eksentrisitas dari pusat berat beton, maka akan timbul momen yang merupakan fungsi perkalian gaya aksial dengan eksentrisitas, dan tegangan di tengah bentang menjadi :

a). Tegangan serat atas

$$f = -\frac{P}{A_c} + \frac{P.e.y}{I} - \frac{M.y}{I} \quad (3.4a)$$

b). Tegangan serat bawah

$$f_b = -\frac{P}{A_c} - \frac{P \cdot e \cdot y}{I} + \frac{M \cdot y}{I} \quad (3.4b)$$

Elemen beton prategang pada dasarnya di desain bahwa tegangan serat beton secara langsung dihitung dari gaya luar yang bekerja di beton akibat pemberian prategang longitudinal dan beban luar transversal, sehingga tegangan yang terjadi setelah mengubah persamaan 3.4a dan b maka rasio gaya prategang yang terjadi (R) merupakan perbandingan gaya prategang awal sesudah kehilangan prategang (Pe) dengan gaya prategang awal sebelum terjadi kehilangan prategang (Pi).  
Jika  $r^2$  disubstitusikan untuk  $I/A_c$  pada persamaan 3.3a dan b ( $r$  adalah radius girasi penampang), maka rumus tegangan dapat ditulis kembali :

1. akibat gaya prategang

a). Tegangan serat atas

$$f_t = -\frac{P}{A_c} \left( 1 - \frac{e \cdot C_t}{r^2} \right) \quad (3.5a)$$

b). Tegangan serat bawah

$$f_b = -\frac{P}{A_c} \left( 1 + \frac{e \cdot C_b}{r^2} \right) \quad (3.5b)$$

dengan :  $C_t$  dan  $C_b$  adalah jarak dari pusat penampang ke serat atas dan bawah

2. akibat berat sendiri di tambah pemberian gaya prategang

Jika beban-beban yang bekerja berat sendiri menyebabkan momen  $M_G$  (momen akibat berat sendiri) di penampang yang sedang ditinjau, maka persamaan 3.5a dan b menjadi :

a). Tegangan serat atas

$$f_t = -\frac{P}{A_c} \left( 1 - \frac{e \cdot C_t}{r^2} \right) - \frac{M_G}{S_t} \quad (3.6a)$$

b). Tegangan serat bawah

$$f_b = -\frac{P}{A_c} \left( 1 + \frac{e.C_b}{r^2} \right) + \frac{M_G}{S_b} \quad (3.6b)$$

dengan :  $S'$  dan  $S_b$  adalah modulus penampang untuk serat atas dan bawah

Setelah semua beban bekerja pada struktur, maka akan menimbulkan momen tambahan ( $M_s$ ) dan intensitas beban penuh akan terjadi sesudah bangunan tersebut selesai dan kehilangan prategang yang bergantung pada waktu yang terjadi. Hal ini menyebabkan gaya prategang yang timbul adalah gaya prategang efektif  $P_e$ . Jika momen total akibat beban gravitasi adalah  $M_T$ , maka :

$$M_T = M_G + M_D + M_L \quad (3.7)$$

dengan :  $M_G$  = Momen akibat berat sendiri

$M_D$  = Momen akibat beban mati tambahan, seperti lantai

$M_L$  = Momen akibat beban hidup, seperti beban kejut

maka persamaan tegangan menjadi :

a). Tegangan serat atas

$$f' = -\frac{P}{A_c} \left( 1 - \frac{e.C'}{r^2} \right) - \frac{M_T}{S'} \quad (3.8a)$$

b). Tegangan serat bawah

$$f_b = -\frac{P}{A_c} \left( 1 + \frac{e.C_b}{r^2} \right) + \frac{M_T}{S_b} \quad (3.8b)$$

### 3.2 Pemberian Gaya Prategang dan Pengangkeran

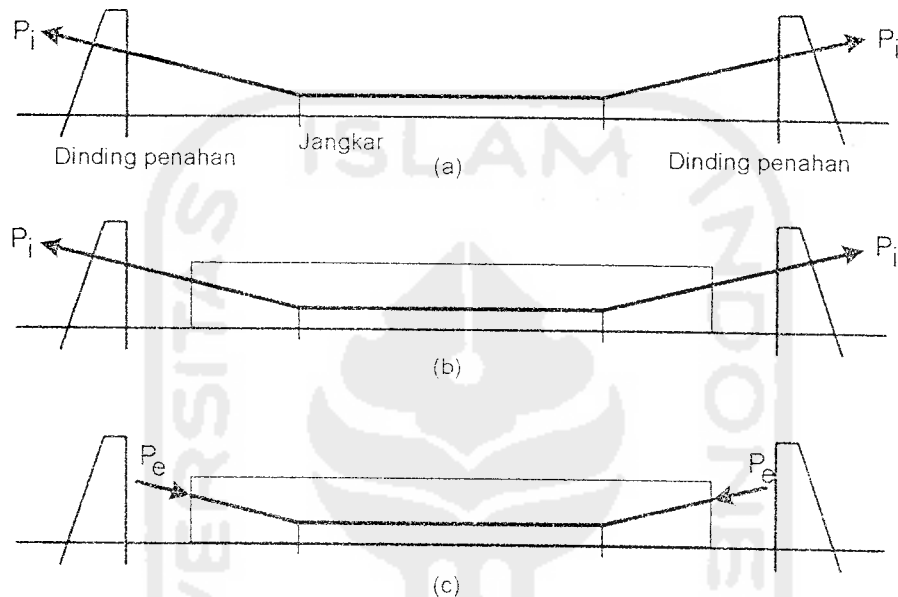
Pemberian gaya prategang yang sering digunakan umumnya menggunakan dua metode, yaitu balok pratarik dan balok pascatarik.

#### 3.2.1 Balok Pratarik

Balok pratarik berarti pemberian pratarik pada baja prategang, bukan pada baloknya, jadi sistem pratarik adalah balok prategang yang baja prategangnya di



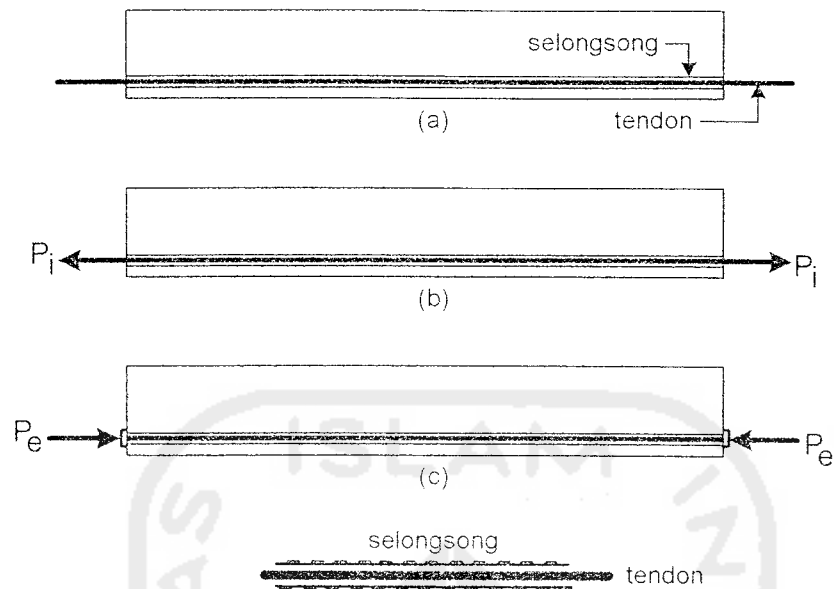
dinding penahan (*bulkheads*) setelah itu beton dicor (gambar 3.3b). Setelah beton mencapai umur/kekuatan tertentu baja prategang dipotong dimuka ujung komponen sehingga akan menekan komponen (gambar 3.3c). Transfer gaya prategang dilakukan umumnya melalui ikatan/lekatan antara baja prategang dengan beton yang mengelilinginya.



Gambar 3.3 Pemberian Prategang Pratarik  
(Kadir Aboe, 2002)

### 3.2.2 Balok Pascatarik

Prinsip balok pascatarik adalah unit beton lebih dahulu dicetak dengan memasukkan alur untuk menempatkan tendon (gambar 3.4a), jika beton sudah cukup kuat, maka kawat ditarik lalu diangkurkan dengan pasak atau mur (gambar 3.4b). Ruang antara tendon dan saluran umumnya di-*grout* (direkatkan) dengan adukan semen yang ditambahkan bahan kimia lain setelah penarikan (gambar 3.4c), sehingga disebut dengan tendon terekat (*bonded*) (Raju, 1986).



**Gambar 3.4** Pemberian Prategang Pascatarik  
(Kadir Aboe, 2002)

Ada dua jenis balok pascatarik, yaitu :

1. Balok pascatarik *bounded*

Balok pascatarik *bounded* yaitu bila rongga antara selongsong dan baja prategang di isi (di-grout) dengan adukan semen (di-grout) yang disebut dengan tendon terikat (*bounded*).

2. Balok pascatarik *unbounded*

Balok pascatarik *unbounded* yaitu bila rongga antara selongsong dan baja prategang tidak di isi (di-grout) dengan adukan semen tetapi di isi dengan oli atau bahan kimia lain untuk mencegah terjadinya karat yang disebut dengan tendon tak terikat (*unbounded*).

### 3.2.3 Sistem Pengangkeran

Salah satu cara untuk mentransfer gaya prategang ke tendon baja yaitu dengan penarikan tendon yang disebut dengan sistem pengakeran tendon. Pengangkeran ini

mutlak dilakukan untuk menghasilkan gaya prategang yang baik. Pengangkeran dilakukan dengan menarik kedua ujung tendon ke arah longitudinal (Nawy, 2000).

Ada berbagai cara untuk menarik tendon tersebut, diantaranya dapat dilakukan menggunakan alat mekanis umumnya dipakai dalam pekerjaan dalam jumlah yang besar yang berupa dongkrak sekrup atau mesin penggulung kawat, dongkrak hidrolis merupakan peralatan yang sering digunakan dalam penarikan baja prategang, metode thermal yaitu metode penarikan tendon dengan memanaskan baja prategang menggunakan listrik dan diangkurkan sebelum beton di cor, metode kimia metode dengan menggunakan semen yang mengembang

Sistem pengangkeran dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu secara parsial, dan secara simultan. Pengangkeran yang dilakukan secara parsial akan membuat setiap baja prategang yang ditarik memiliki gaya prategang yang berbeda-beda. Penarikan parsial umumnya digunakan pada beton prategang dengan sistem pratarik. Pengangkeran yang dilakukan secara simultan akan membuat setiap baja prategang yang ditarik mempunyai gaya prategang yang sama. Sistem pengangkeran ini sering digunakan pada beton pascatarik.

### **3.3 Beton Prategang**

Beton prategang dibedakan menjadi dua jenis yaitu beton prategang penuh dan beton prategang parsial. Beton prategang penuh adalah beton prategang yang terdiri dari dua elemen yaitu beton mutu tinggi dan baja prategang. Sedangkan beton prategang parsial adalah beton prategang yang terdiri dari tiga elemen yaitu beton mutu tinggi, baja prategang dan baja non-prategang.

#### **3.3.1 Beton**

Beton mutu tinggi merupakan komponen utama dari semua elemen beton prategang. Menurut ACI-318 beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai kuat tekan ( $f'_c$ ) melebihi 41,4 MPa. Kelebihan beton mutu tinggi jika dibandingkan dengan beton biasa adalah beton mutu tinggi akan dapat memberikan ketahanan yang tinggi

terhadap tarik, tekan, geser, dan kekakuannya tinggi. Beton mutu tinggi lebih sulit mengalami retak akibat susut, memiliki nilai modulus elastisitas yang tinggi dan regangan yang terjadi kecil (Nawy 2000). Regangan pada beton prategang sangat penting untuk diketahui karena untuk memperkirakan kehilangan gaya prategang pada baja dan untuk menghitung pengaruh-pengaruh lain dari pemendekan pada beton, seperti regangan elastis, rangkai, dan susut (Lin dan Burns, 2000).

### 3.3.2 Baja Prategang

Kehilangan sebagian gaya prategang pada beton yang tinggi, maka gaya prategang efektif dapat dicapai dengan menggunakan baja mutu tinggi ( $f_{pi} = 1860$  MPa atau lebih tinggi lagi). Penggunaan baja mutu tinggi diharapkan dapat mengimbangi kehilangan di beton sekitarnya dan mempunyai tegangan sisa yang dapat menahan gaya prategang yang dibutuhkan (Nawy, 2000).

Menurut ASTM A 421 di dalam Nawy (2000), ada tiga jenis kawat yang umum digunakan, yaitu :

1. Kawat-kawat relaksasi rendah atau *stress-relieved* tak berlapisan,  
Kawat-kawat relaksasi rendah (*stress-relieved*) adalah kawat-kawat tunggal yang diatarik dingin yang sesuai dengan standar ASTM 421.
2. Strands relaksasi rendah *stress-relieved strands* tak berlapisan,  
Strands relaksasi rendah (*stress-relieved strands*) adalah kawat-kawat tunggal yang diatarik dingin yang sesuai dengan standar ASTM 416.
3. Batang- batang baja mutu tinggi tak berlapisan.  
Batang- batang baja mutu tinggi adalah batang baja berulir atau polos yang berkekuatan tarik tinggi yang digunakan untuk pemberian prategang yang memenuhi standar ASTM A 722,

*Strands* terbuat dari tujuh kawat dengan memuntir enam diantaranya pada *pitch* sebesar 12 sampai 16 kali diameter kawat lurus yang sedikit lebih besar. Pelepasan tegangan dilakukan setelah kawat-kawat dijalin menjadi *strands*. Pelepasan

tegangan dengan relaksasi rendah (*stress-relieved*) dimaksudkan untuk meningkatkan daktilitas, sedangkan penarikan dalam keadaan dingin untuk meningkatkan kuat leleh (Nawy, 2000). Dalam perencanaan tugas akhir ini digunakan tendon *VSL (Vorspann System Lonsinger)* atau yang lebih dikenal dengan *VSL Multistrands* karena beberapa pertimbangan diantaranya adalah tendon *VSL Multistrands* sederhana dan praktis dalam perencanaan dan pelaksanaan. Mengenai besaran geometris kawat dan *strands* menurut syarat ASTM A 779 di dalam Nawy (2000), tercantum dalam tabel 1.1 dan 1.2 pada lampiran 1 a.

### 3.3.3 Baja Non-Prategang

Baja non-prategang adalah baja lunak yang mempunyai kuat leleh ( $f_y$ ) 400 MPa yang biasanya berupa batang berulir. Baja non-prategang tidak ikut ditarik ketika *strands* atau batang-batang baja ditarik untuk memperoleh gaya prategang. Posisi baja non-prategang adalah sebagai pengganti *strands* atau batang-batang baja yang sengaja dihilangkan untuk menambah kekuatan di daerah tarik, sehingga terjadinya retak di beton dapat diminimalisir (Nawy, 2000).

## 3.4 Prategang Parsial

### 3.4.1 Karakteristik Beton Prategang Parsial

Struktur beton prategang parsial adalah suatu struktur beton prategang yang memperkenankan terjadinya retak secara terbatas sehingga diperlukan tambahan penulangan non-prategang dari baja untuk mengontrol besar dan lebar retak untuk berkontribusi di dalam kekuatan lentur ultimit. Hal ini memberikan keuntungan penggunaan material yang efisien dan adanya kontrol lawan lendut (*chamber*) yang berlebihan sebagai akibat dari rangkai beton yang mengalami tekan dalam jangka panjang (Nawy, 2000).

### 3.4.2 Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Beton Prategang Parsial

Beberapa keuntungan dan kerugian penggunaan beton prategang parsial menurut (Raju, 1986) dan (Lin dan Burns, 2000), yaitu :

1. Keuntungan penggunaan beton prategang parsial :
  - a. pengendalian lendutan ke atas (*chamber*) yang lebih baik,
  - b. penghematan jumlah baja prategang,
  - c. penghematan dalam pekerjaan penarikan dan pengangkutan ujung,
  - d. pemanfaatan yang ekonomis dari baja lunak
  - e. mempunyai kekenyalan yang cukup besar pada struktur.
2. Kerugian penggunaan beton prategang parsial :
  - a. retak lebih dini,
  - b. lendutan yang lebih besar akibat beban berlebih (*overload*),
  - c. terjadi tegangan tarik utama yang lebih tinggi dalam beban kerja,
  - d. sedikit pengurangan dalam kekuatan lentur batas untuk jumlah baja yang sama.

### 3.5 Persyaratan Kekuatan Beton Prategang

Persyaratan tegangan ijin untuk komponen struktur lentur sesuai dengan kondisi gaya prategang pada tahap beban kerja menurut peraturan SK-SNI T-15-1991-03 pada pasal 3.11.4, bahwa tegangan yang terjadi tidak boleh melampaui nilai berikut :

1. Tegangan beton segera setelah transfer prategang (sebelum terjadi kehilangan prategang yang bergantung pada waktu) tidak boleh melebihi yang berikut :
  - a. serat tekan mengalami tegangan sebesar.....  $0,60 f'_{ci}$
  - b. serat tarik mengalami tegangan sebesar.....  $0,25 \sqrt{f'_{ci}}$
2. Tegangan di beton pada kondisi beban kerja (sesudah kehilangan prategang) tidak boleh melebihi berikut :

- a. serat tekan mengalami tegangan sebesar .....  $0,45 f'_c$
- b. serat tarik mengalami tegangan sebesar.....  $0,50 \sqrt{f'_c}$

Tegangan tarik ijin untuk tendon beton prategang (masih menurut peraturan yang sama), tidak boleh melampaui nilai berikut :

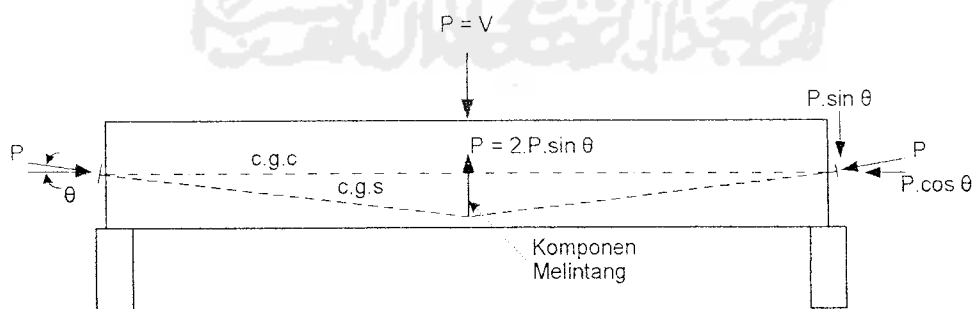
- a. tegangan leleh baja prategang.....  $0,85 f_{pu}$
- b. tegangan baja prategang saat transfer sebesar .....  $0,74 f_{pu}$

### 3.6 Balok Sederhana

Prinsip analisis balok sederhana menggunakan pendekatan kesetimbangan beban (Lin dan Burns, 2000). Gambar 3.5 menggambarkan bagaimana mengimbangi suatu beban terpusat dengan cara membengkokkan c.g.s. dengan tajam pada tengah-tengah bentang, yang demikian menimbulkan komponen melintang mengarah ke atas yang merupakan fungsi dari sinus sebesar :

$$V = 2 P \sin \theta \tag{3.9}$$

Jika  $V$  ini tepat mengimbangi beban terpusat  $P$  yang juga bekerja pada tengah-tengah bentang, maka balok tersebut tidak akan mengalami beban melintang apapun (dengan mengabaikan berat sendiri balok) Komponen vertikal  $P \cdot \sin \theta$  dari gaya prategang pada ujung-ujung balok, dipindahkan langsung ke tumpuan, sementara komponen horizontal  $P \cdot \cos \theta$  memberikan suatu gaya tekan merata sepanjang keseluruhan balok.



**Gambar 3.5** Kesetimbangan Beban Terpusat  
(Lin dan Burns, 2000)

Tegangan pada balok suatu penampang sembarang, dengan demikian menjadi (kecuali untuk pemusatan tegangan lokal) :

$$f = \frac{P \cdot \cos \theta}{A_c} \quad (3.10.a)$$

Untuk nilai-nilai  $\theta$  yang kecil, maka :

$$f = \frac{P}{A_c} \quad (3.10.b)$$

Setiap beban tambahan terhadap  $P$  sekarang akan menimbulkan lenturan pada balok yang elastis homogen (sampai titik retak), dan tegangan tambahan adalah :

$$f = \frac{M \cdot y}{I} \quad (3.11)$$

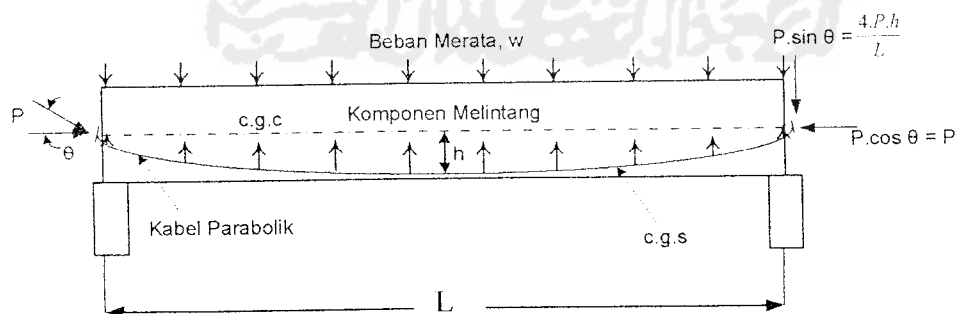
dengan  $M$  = momen yang ditimbulkan oleh beban tambahan terhadap  $P$ .

Dengan cara serupa, Gambar 3.6 menyajikan pengimbangan suatu beban terbagi rata dengan menggunakan kabel parabolik yang mempunyai komponen ke atas  $wb$  (N/m) yang diberikan oleh :

$$wb = \frac{8 \cdot P \cdot h}{L^2} \quad (3.12)$$

dengan :  $wb$  = beban merata pada balok

Jika beban eksternal merata  $w$  (termasuk berat sendiri balok) secara tepat diimbangi oleh komponen  $wb$ , maka tidak akan ada lenturan pada balok. Balok tersebut kembali mengalami tegangan tekan merata.



**Gambar 3.6** Keseimbangan Beban Merata  
(Lin dan Burns, 2000)



Apabila beban eksternal tidak sama dengan  $wb$ , maka kita hanya perlu menganalisis momen,  $M$ , akibat selisih beban dan menghitung tegangan-tegangan yang sepadan yaitu dengan rumus:

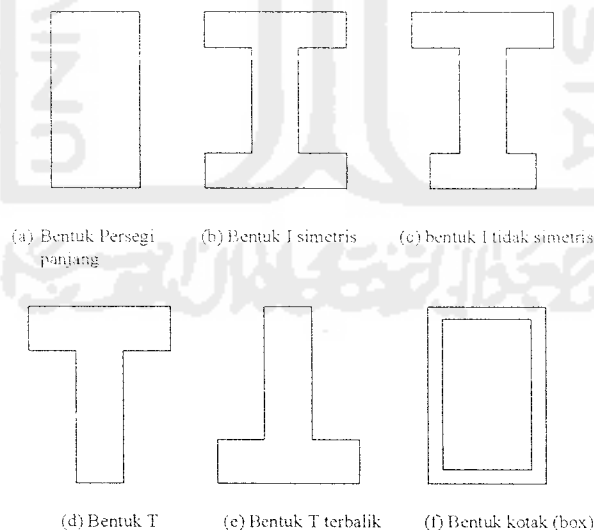
$$f = \frac{M \cdot y}{I} \quad (3.13)$$

### 3.7 Perencanaan Balok Prategang

Hal-hal yang perlu dilakukan dalam proses perencanaan balok prategang adalah pemilihan jenis dan bentuk penampang, menentukan besarnya gaya prategang dan eksentrisitas baja prategang, menentukan tata letak tendon sepanjang balok dan terakhir pemeriksaan tegangan yang terjadi.

#### 3.7.1 Bentuk Penampang

Beberapa jenis dan bentuk penampang yang sering digunakan antara lain: Penampang persegi panjang, Penampang I simetris, Penampang I tidak simetris, Penampang T, Penampang T tegak, Penampang kotak (box). Berikut bentuk masing-masing penampang :



**Gambar 3.7** Contoh Penampang Beton Prategang  
(Lin dan Burns, 1989)

### 3.7.2 Penentuan Tinggi Penampang

Penentuan tinggi penampang ( $h$ ) dapat dianalisis salah satunya menggunakan modulus penampang. Besarnya modulus penampang yang direncanakan dipengaruhi oleh momen-momen yang terjadi, sehingga diperlukan modulus penampang terhadap serat atas maupun serat bawah. Nilai-nilai tersebut menurut Nawy (2000) adalah :

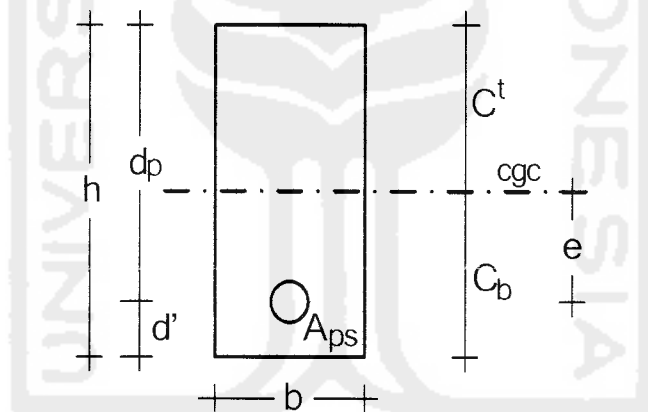
- a. Modulus serat atas

$$S' \geq \frac{(1-R)M_G + M_D + M_L}{R.f_{ti} - f_{cs}} \quad (3.14)$$

- b. Modulus serat bawah

$$S_b \geq \frac{(1-R)M_G + M_D + M_L}{f_{ts} - R.f_{ci}} \quad (3.15)$$

### 3.7.3 Analisis Tampang Berdasarkan Keadaan Batas



**Gambar 3.8** Section Properties Penampang Persegi Terhadap Garis Netral ( $cgc$ )  
(Kadir Aboe, 2002)

Salah satu dari persamaan 3.14 dan 3.15 diambil nilai yang terbesar, lalu disubstitusikan ke persamaan 3.16, maka dapat diperoleh tinggi penampang, maka persamaanya menjadi :

$$S = \frac{1}{6} b.h^2 \quad (3.16)$$

$$h = \frac{\sqrt{6.S}}{b} \quad (3.17)$$

Jadi, dengan diketahui tinggi penampang ( $h$ ) maka *sections properties* yaitu (lihat gambar 3.8), lebar penampang ( $b$ ), tinggi efektif terhadap baja prategang ( $d_p$ ), jarak pusat baja prategang terhadap serat bawah ( $d'$ ), jarak pusat penampang ke serat atas ( $C'$ ) dan serat bawah ( $C_b$ ), dan eksentrisitas penampang ( $e$ ) dapat dicari menurut Abeles, dkk (1976) (lihat pada tabel 1.3, lampiran G) dan Nilson (1987),.

#### 3.7.4 Kekuatan Bahan Ijin

Analisis bertujuan untuk menentukan nilai nominal momen perlawanan dari suatu tampang yang ditinjau jika diketahui mutu bahannya, beban yang bekerja, dan dimensi penampang. Asumsi yang dipakai dalam analisis ini adalah :

1. Distribusi tegangan dan regangan tetap linear sampai beban batas,
2. Antara besi tulangan dan beton terjadi lekatan yang sempurna, yaitu perubahan regangan akibat pembebanan akan sama harganya dengan perubahan regangan beton pada serat tulangan yang diakibatkan oleh beban yang sama.

Selain kedua asumsi tersebut, SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.2 ayat 3 memberikan persyaratan bahwa Regangan maksimum,  $\varepsilon_{cu}$ , yang dapat digunakan pada serat beton tekan terluar harus diasumsikan sama dengan 0,003.

SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.2 ayat 7 memberikan persyaratan bahwa :

1. Tegangan sebesar  $0,85 f'c$  harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada daerah tekan ekuivalen yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar dengan sumbu netral sejarak  $a = \beta_1.c$  dari serat dengan regangan tekan maksimum.
2. Faktor  $\beta_1$  harus diambil sebesar 0,85 untuk kuat tekan beton  $f'c$  hingga atau sama dengan 30 MPa. Untuk kekuatan di atas kelebihan 30 MPa,  $\beta_1$  harus

direduksi secara menerus sebesar 0,008 untuk setiap kelebihan 1 MPa di atas 30 MPa, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh diambil kurang dari 0,65.

Faktor reduksi kekuatan, ( $\phi$ ), menurut SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.3 ayat 2 memberikan persyaratan :

- |  |      |
|--|------|
| 1. Lentur tanpa beban aksial.....  | 0,80 |
| 2. Beban aksial dan beban dengan lentur (untuk beban aksial dengan lentur kedua nilai kekuatan nominal dari beban aksial dan momen harus dikalikan dengan satu nilai $\phi$ , yang sesuai) : |      |
| a. aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur.....  | 0,80 |
| b. aksial tekan dan aksial tarik dengan lentur komponen struktur dengan tulangan spiral maupun sengkang ikat.....  | 0,70 |
| komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa.....  | 0,65 |
| 3. Tumpuan pada beton.....   | 0,70 |

#### 3.7.4 Kuat Perlu Penampang

SK SNI T-15-1991-03 dalam pasal 3.2.2 ayat 1-5 memberikan kuat perlu penampang adalah :

1. Kombinasi beban mati (D) + beban hidup (L)

$$U = 1,2.D + 1,6.L$$

2. Kombinasi dengan beban angin (W)

$$U = 0,75.(1,2.D + 1,6.L + 1,6W) > 1, \text{ atau}$$

$$U = (0,9.D + 1,3.W) > 1$$

3. Kombinasi dengan beban gempa (E)

$$U = 1,05.(D + L_R \pm E)$$

$$U = 0,9.(D \pm E)$$

4. Kombinasi dengan tekanan tanah (H)

$$U = 1,2.D + 1,6.L + 1,6.H$$

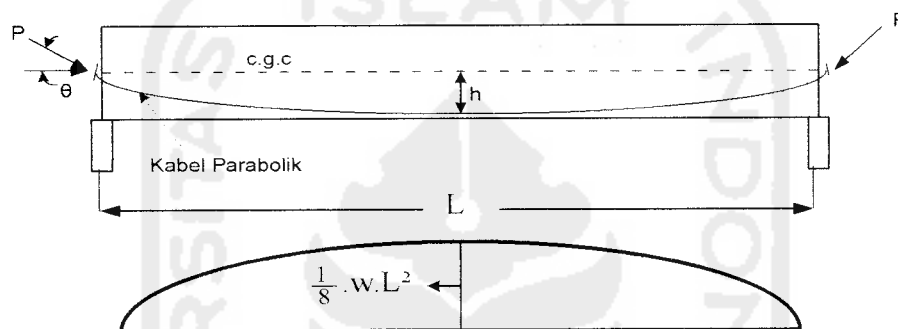
5. Kombinasi dengan beban khusus (T)

$$U = 1,2.D + 1,2 T + 1,6.L$$

### 3.8 Analisis Beton Prategang

#### 3.8.1 Gaya Prategang

Analisis gaya prategang yang akan digunakan dilakukan bersamaan dengan analisis luas tendon yang akan digunakan. Analisis beton prategang pascatarik digunakan sistem perletakan tendon berbentuk *draped* (gambar 3.9).



**Gambar 3.9** Balok Dengan Tendon *Draped* Parabolik (Raju, 1986)

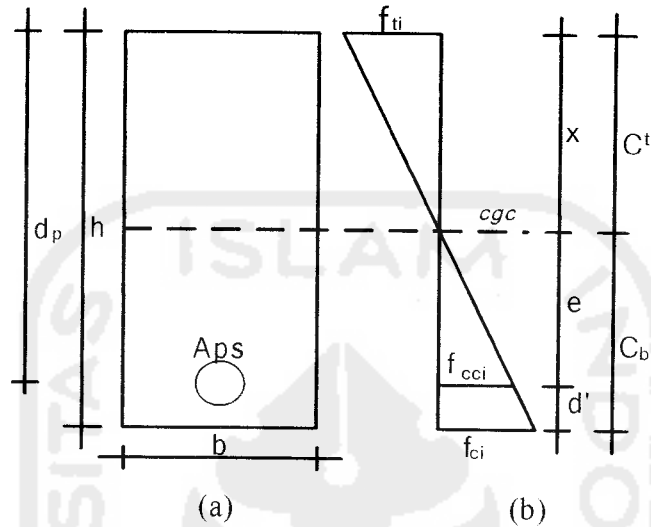
Sistem *draped* adalah sistem dengan alinyemen tendon lengkung secara gradual, seperti bentuk parabolik, umumnya digunakan pada balok yang mengalami beban eksternal terbagi rata (Raju, 1986 dan Nawy, 2000).

Sebagai contoh, bentuk penampang persegi panjang dengan sistem pemasangan tendon *draped* dengan gaya prategang pada sebuah tendon dan diberi gaya eksternal sehingga gaya tarik prategang pada tendon menghasilkan gaya tekan  $P$  yang sama pada beton (Winarni, 1987). Gaya tarik prategang pada beton prategang parsial besarnya lebih kecil daripada beton prategang penuh, karena pengurangan baja prategang yang diganti dengan baja non prategang. Oleh karena itu, analisis gaya prategang pada beton prategang parsial berbeda dengan beton prategang penuh.

### 1. Beton prategang penuh

Gaya prategang pada beton prategang penuh dapat dicari menggunakan persamaan:

- a. tegangan tendon pada pusat beton



**Gambar 3.10** Diagram Tegangan Pada Pusat Beton  
(Kadir Aboe, 2002)

$$f_{cci} = f_{ti} - \frac{C'}{h}(f_{ti} - f_{ci}) \quad (3.18)$$

- b. gaya prategang awal rencana

$$P_o = |f_{cci}| \cdot A_c \quad (3.19)$$

- c. luas tendon rencana

$$A_{ps} = \frac{P_o}{f_{ps}} \quad (3.20)$$

dengan :  $f_{ps} = 0,74 \cdot f_{pU}$  untuk tendon pascatarik

- d. jumlah kabel yang diperlukan

$$n_{kabel} = \frac{A_{ps}}{A_{kabel}} \quad (3.21)$$

e. luas tendon pakai (yang digunakan)

$$A_{ps} = n_{kabel} \cdot A_{1kabel} \quad (3.22)$$

dengan  $n_{kabel}$  adalah hasil pendekatan menurut tabel VSL (lihat lampiran)

f. gaya prategang awal dipakai

$$P_i = A_{ps} \cdot f_{ps} \quad (3.23)$$

g. gaya prategang efektif (Pe)

$$R = 1 - LOP \quad (3.24)$$

$$P_e = P_i \cdot R \quad (3.25)$$

h. eksentrisitas di tengah bentang

$$e_e = (f_u - f_{ca}) \frac{S'}{P_i} + \frac{M_o}{P_i} \quad (3.26)$$

## 2. Beton prategang parsial

a. jumlah kabel yang diperlukan

$$n_{kabel} = A_{ps} \cdot \%prategang \text{ parsial} \quad (3.27)$$

b. luas tendon pakai (yang digunakan)

$$A_{ps} = n_{kabel} \cdot A_{1kabel} \quad (3.28)$$

c. gaya prategang awal dipakai

$$P_i = A_{ps} \cdot f_{ps} \quad (3.29)$$

d. gaya prategang efektif (Pe)

$$R = (1 - \%prategang \text{ parsial}) \quad (3.30)$$

$$P_e = P_i \cdot R \quad (3.31)$$

### 3.8.2 Kontrol Tegangan

Kontrol tegangan meliputi saat transfer dan saat layan. Khusus beton prategang parsial untuk saat layan dilakukan dua kali analisis yaitu akibat baja prategang dan akibat baja non-prategang. Menurut Lin dan Burns, 2000 dan Nilson 1987, memberikan batasan untuk mengendalikan agar tegangan sistem pascatarik di

sepanjang komponen dengan tendon terikat (*grouting*) agar tidak melampaui tegangan ijin, yaitu:

1. Saat transfer,

Saat transfer yaitu kontrol tegangan saat setelah penarikana baja prategang

a. pada serat atas

$$f^t = -\frac{P_t}{A_c} \left( 1 - \frac{e.C^t}{r^2} \right) - \frac{Mo}{S^t} \leq f_u \quad (3.32)$$

b. pada serat bawah

$$f_b = -\frac{P_t}{A_c} \left( 1 + \frac{e.C_b}{r^2} \right) + \frac{Mo}{S_b} \leq f_{ct} \quad (3.33)$$

2. Saat layan

Saat layan adalah kontrol tegangan ketika beban sudah mulai bekerja, sehingga dipakai penampang transformasi. Khusus pada beton prategang parsial harus dipisahkan antara baja prategang dan baja non-prategang. Jadi tegangan total beton prategang parsial saat layan merupakan penjumlahan tegangan akibat baja prategang dan akibat baja non-prategang.

a. Akibat baja prategang

1). pada serat atas

$$f^t = -\frac{P_e}{A_c} \left( 1 - \frac{e.C^t}{r^2} \right) - \frac{M_T}{S^t} \leq f_{ts} \quad (3.34)$$

2). pada serat bawah

$$f_b = -\frac{P_e}{A_c} \left( 1 + \frac{e.C_b}{r^2} \right) + \frac{M_T}{S_b} \leq f_{cs} \quad (3.35)$$

b. Akibat baja non-prategang

1). pada serat atas

$$f^t = \frac{M_{T_s}}{S^t} \leq f_{ts} \quad (3.36)$$



2). pada serat bawah

$$f_b = \frac{M_{Ts}}{S_b} \leq f_{cs} \quad (3.37)$$

### 3.9 Tinjauan Terhadap Kekuatan Struktur

#### 3.9.1 Tinjauan Terhadap Lentur

Saat beban bekerja pada beton prategang terjadi tegangan pada kabel-kabel tarik sebesar tegangan prategang efektif  $f_{se}$ , yaitu sebesar tegangan prategang yang terjadi setelah dikurangi dengan kehilangan tegangan pada proses pelaksanaan prategang (Winter dan Nilson, 1993).

Keruntuhan baja prategang terjadi hanya setelah baja melampaui tegangan leleh  $f_{py}$ . Seluruh kekuatan tarik baja prategang  $f_{pu}$  tidak dapat dipakai untuk memikul besar momen nominal (momen penahan batas) melainkan hanya suatu bagian yang lebih kecil dari kekuatan tersebut yaitu dengan syarat  $f_{se} < 0,5 f_{pu}$ . Sebagai perencanaan, nilai perkiraan  $f_{ps}$  menurut Komite ACI di dalam Nilson (1987), dan SK SNI T-15-1991 pasal 3.11.7 untuk tendon pascatarik dengan *grouting* adalah :

$$f_{ps} = f_{pu} \left[ 1 - \frac{\gamma_p \cdot \rho_p \cdot f_{pu}}{\beta_1 \cdot f'_c} \right] \quad (3.38)$$

Jika tulangan non-prategang diikutsertakan, maka :

$$f_{ps} = f_{pu} \left[ 1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left( \frac{\rho_p \cdot f_{pu}}{f'_c} + \frac{d' \cdot (w - w')}{d_p} \right) \right] \quad (3.39)$$

Apabila tegangan beton prategang  $f_{ps}$  melampaui tegangan leleh  $f_{py}$ , maka tegangan yang dipakai adalah tegangan leleh.

dengan :  $\gamma_p = 0,28$

jika  $f_{py} \geq 0,90 f_{pu}$

$\gamma_p = 0,40$

jika  $f_{py} < 0,85 f_{pu}$

$$\beta_1 = 0,85$$

jika  $f'_c \leq 30 \text{ Mpa}$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30)$$

jika  $30 \text{ Mpa} \leq f'_c \leq 55 \text{ Mpa}$

$$\beta_1 = 0,65$$

jika  $f'_c \geq 55 \text{ Mpa}$

$$\left[ \left( \frac{\rho_p \cdot f_{pu}}{f'_c} + \frac{d' \cdot (w - w')}{d_p} \right) \right] \geq 0,17 \text{ dengan nilai } d' \leq 0,15 d_p$$

$$w = \frac{\rho \cdot f_y}{f'_c} \text{ dan } w' = \frac{\rho' \cdot f_y}{f'_c} \rightarrow \text{untuk tulangan non-prategang} \quad (3.40)$$

Rasio penulangan prategang :

$$\rho_{ps} = \frac{A_{ps}}{b \cdot d_p} \quad (3.41)$$

Rasio penulangan non-prategang :

$$\rho_p = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad (3.42)$$

Batasan rasio prategang menurut SK SNI T- 15-1991-03 untuk menjamin agar penampang bertulangan liat/daktail adalah :

$$w_p = \frac{\rho \cdot f_{ps}}{f'_c} \leq 0,36\beta_1 \quad (3.43)$$

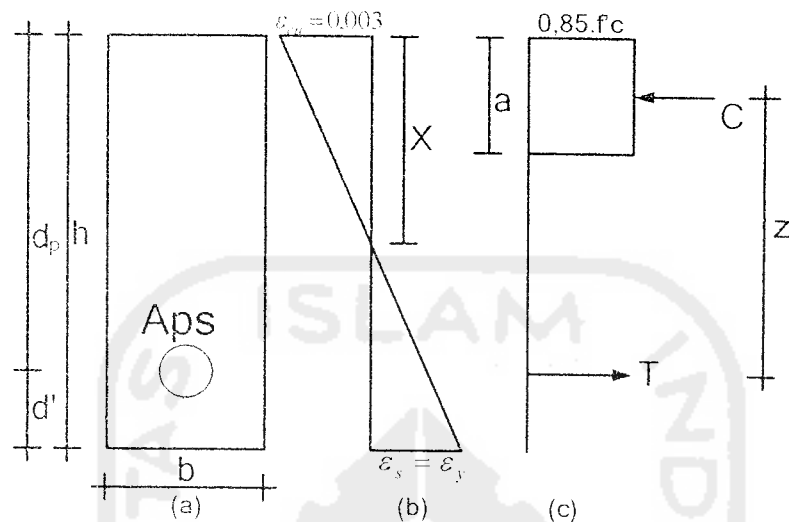
maka kapasitas penampang dihitung berdasarkan kondisi tarik

$$w_p = \frac{\rho \cdot f_{ps}}{f'_c} \geq 0,36\beta_1 \quad (3.44)$$

maka kapasitas penampang dihitung berdasarkan kondisi tekan

### 3.9.2 Tinjauan Momen Kapasitas Penampang

#### 1. Balok Tampang Tanpa Sayap



*Gambar 3.11* Tampang Persegi Panjang (a), Diagram Regangan (b), Kesetimbangan Gaya-Gaya Dalam (c) (Kadir Aboe, 2002)

Gambar 3.11b terlihat bahwa balok menimbulkan dua regangan pada serat atas dan serat bawah. Serat atas menghasilkan regangan maksimum sebesar 0,003 (diambil dari SK SNI pasal 3.3.2 ayat 3 pada sub bab 3.5.2) sedangkan serat bawah menghasilkan regangan leleh. Gambar 3.11c terlihat ada dua gaya yang bekerja pada balok yaitu gaya tarik dan gaya tekan. Gaya tarik yang ditimbulkan adalah fungsi perkalian luasan baja prategang dikalikan tegangan baja prategang (ACI-ASCE Recommendation di dalam Lin & Burns,2000).

$$T = A_{ps} \cdot f_{ps} \quad (\text{tarik}) \quad (3.45)$$

Gaya tekan merupakan perkalian kuat tekan terfaktor dengan luas blok tekan

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \quad (\text{tekan}) \quad (3.46)$$

Regangan yang terjadi dapat menyebabkan keruntuhan pada balok (gambar 3.11) sehingga diperlukan kesetimbangan gaya dalam (gambar 3.11c) yaitu besar gaya tarik sama dengan besar gaya tekan.

$$0,85.f'_c \cdot a \cdot b = A_{ps} \cdot f_{ps} \quad (3.47)$$

Karena tinggi blok tekan (a) adalah perkalian jarak garis netral ke tepi beton (x) dengan koefisien beton ( $\beta_1$ ), maka  $\beta_1$  harus memenuhi syarat pada SK SNI pasal 3.3.2 ayat 7 pada sub bab 3.5.2, sehingga tinggi blok tekan:

$$a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{\rho_p \cdot b \cdot d \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{\rho_p \cdot d \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f'_c} \quad (3.48)$$

Kuat momen nominal yang terjadi dihitung berdasarkan kondisi tekan sebesar gaya tekan dikalikan lengan gaya dalam apabila rasio prategang melampaui syarat batas prategang.

$$M_n = C \cdot z \quad \text{jika } w_p \geq 0,36\beta_1 \quad (3.49)$$

Apabila rasio prategang tidak melebihi syarat batas prategang, maka kuat momen nominal yang terjadi dihitung berdasarkan kondisi tarik.

$$M_n = T_{ps} \cdot z_1 + T_s \cdot z_2 \quad \text{jika } w_p \leq 0,36\beta_1 \quad (3.50)$$

$$\text{dengan : } C = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot a \quad (3.51)$$

$$T_{ps} = A_{ps} \cdot f_{ps} \quad (3.52)$$

$$T_s = A_s \cdot f_y \quad (3.53)$$

$$z_1 = d_p - a/2 \quad (3.54)$$

$$z_2 = d - a/2 \quad (3.55)$$

Peraturan ACI didalam SK SNI T-15-1991-03 memberikan faktor reduksi kekuatan  $\phi$  (untuk lentur) sebesar 0,8, sehingga momen batas di desain menjadi :

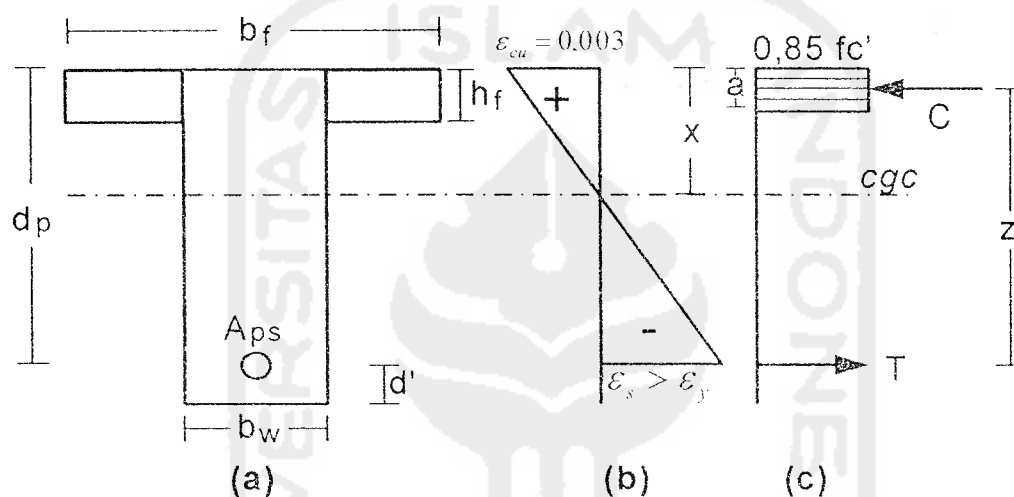
$$M_u = \phi \cdot M_n \quad (3.56)$$

## 2. Balok Tampang Dengan Sayap

Analisis penampang balok besayap dihitung berdasarkan kondisi tinggi blok tekan terhadap sayap, sehingga ada dua kondisi yaitu tinggi blok tekan (a) kurang dari tinggi sayap dan tinggi blok tekan (a) lebih dari tinggi sayap.

### a. Untuk $a < h_r$

Jika  $a < h_r$  artinya, tinggi blok tekannya lebih kecil dari tinggi sayap, maka kapasitas penampang dianalisis sama seperti analisis penampang tidak bersayap.

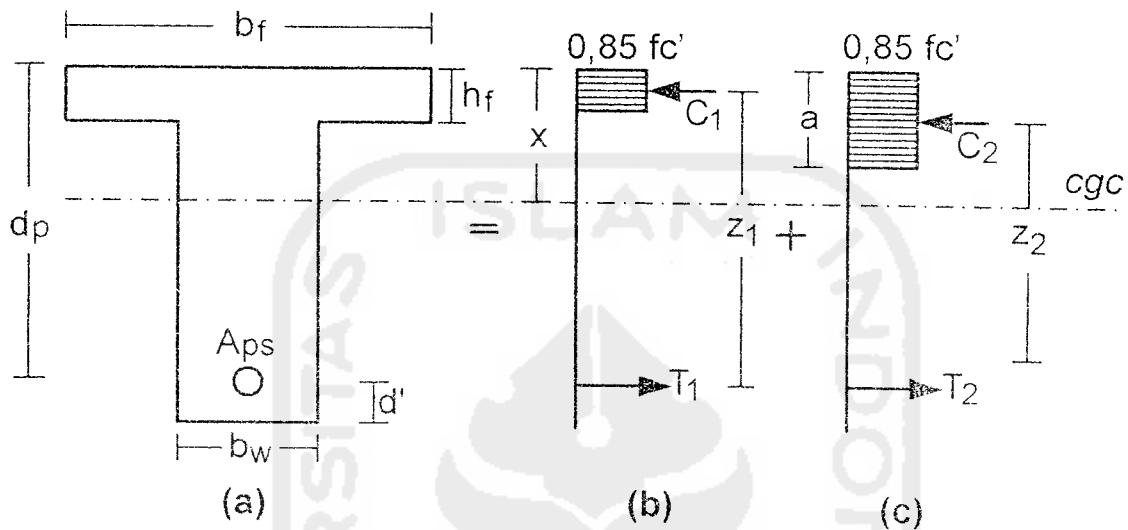


**Gambar 3.12** Balok Tampang T (a), Diagram Regangan (b), Keseimbangan Gaya-Gaya Dalam Bagian Sayap (c)  
(Kadir Aboe, 2002)

Momen batas balok tampang T (gambar 3.12a) dapat dihitung secara sederhana, yaitu bagian sayap yang mempunyai resultan gaya tekan yang bekerja pada tengah-tengah blok tekan  $a/2$  sehingga lengan kopel momen adalah  $(d - a/2)$  (gambar 3.11c). Keseimbangan gaya dalam pada komponen ber-*flens* agar tidak terjadi keruntuhan dihitung menggunakan metode yang sama seperti menghitung penampang yang tidak bersayap.

**b. Untuk  $a > h_f$**

Jika  $a > h_f$  artinya, tinggi blok tekan lebih besar dari tinggi sayap, maka analisis kapasitas penampang terdiri dari dua bagian yaitu kapasitas penampang di bagian sayap dan kapasitas penampang di bagian badan.



**Gambar 3.13** Balok Tampang T (a), Diagram Regangan (b), Kesetimbangan Gaya-Gaya Dalam Bagian Badan (c)  
(Kadir Aboe, 2002)

Momen batas balok tampang T (gambar 3.12a) secara sederhana dihitung dari dua bagian, yaitu bagian sayap (gambar 3.12b) yang mempunyai resultan gaya tekan yang bekerja pada tengah-tengah tinggi sayap  $h_f/2$  sehingga lengan gaya dalam terhadap sayap yang terjadi adalah  $(d - h_f/2)$ , sedangkan pada bagian badan mempunyai resultan gaya tekan yang bekerja pada jarak  $a/2$  dari atas balok sehingga lengan gaya dalam terhadap tinggi blok tekan adalah  $(d-a/2)$  (gambar 3.12c).

dengan : Gaya tarik akibat baja prategang :  $T_1 = A_{ps} \cdot f_{ps}$  (3.57)

Gaya tarik pada baja prategang :  $T_2 = A_{pw} \cdot f_{ps}$  (3.58)

Gaya tekan pada sayap :  $C_1 = 0,85 \cdot f'_c \cdot (b_f - b_w) \cdot h_f$  (3.59)

$$\text{Gaya tekan pada badan} \quad : C_2 = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot a \quad (3.60)$$

$$\text{Lengan gaya dalam terhadap sayap} : z_1 = d_p - \frac{h_f}{2} \quad (3.61)$$

$$\text{Lengan gaya dalam terhadap tinggi blok tekan} : z_2 = d_p - \frac{a}{2} \quad (3.62)$$

Keseimbangan gaya dalam pada komponen ber-*flens* agar tidak terjadi keruntuhan (ACI-ASCE Recommendation di dalam Lin & Burns, 1981 dan Kadir Aboe, 2002) :

$$1. C_1 \cdot z_1 = T_2 \cdot z_2 \rightarrow M_n = C_1 \cdot z_1 + T_2 \cdot z_2 \quad ; \text{jika } \frac{\rho_{pw} \cdot A_{ps}}{f'_c} \leq 0,36 \cdot \beta_1$$

$$M_n = (0,85 \cdot f'_c \cdot (b_f - b_w) h_f \cdot (d_p - \frac{h_f}{2})) + (A_{pw} \cdot f_{ps} \cdot (d_p - \frac{a}{2})) \quad (3.63)$$

$$2. C_1 \cdot z_1 = C_2 \cdot z_2 \rightarrow M_n = C_1 \cdot z_1 + C_2 \cdot z_2 \quad ; \text{jika } \frac{\rho_{pw} \cdot A_{ps}}{f'_c} > 0,36 \cdot \beta_1$$

$$M_n = (0,85 \cdot f'_c \cdot (b_f - b_w) h_f \cdot (d_p - \frac{h_f}{2})) + (0,85 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot a \cdot (d_p - \frac{a}{2})) \quad (3.64)$$

$$\text{dengan : } a = \frac{A_{pw} \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w} \quad (3.65)$$

$$A_{pf} = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{f_{ps}} \cdot (b_f - b_w) h_f \rightarrow A_{pw} = A_{ps} - A_{pf} \quad (3.66)$$

Rasio tulangan komponen ber-*flens* hanya diambil dari bagian yang mengimbangi tekanan pada badan (rasio tulangan pada badan) :

$$\rho_{pw} = \frac{A_{pw}}{b_w \cdot d_p} \quad (3.67)$$

### 3.10 Kehilangan Gaya Prategang

Kehilangan gaya prategang harus diperhitungkan dalam perencanaan beton prategang, karena akan berpengaruh pada tegangan-tegangan yang terjadi pada penampang beton prategang, pada keadaan awal atau pada keadaan pelayanan.

Pada masa layan telah terjadi seluruh kehilangan gaya prategang. Kehilangan gaya prategang pascatarik disebabkan :

#### 3.10.1 Kehilangan Sesaat

Kehilangan sesaat adalah kehilangan gaya prategang yang terjadi sesaat setelah penarikan tendon prategang selesai. Kehilangan gaya prategang sesaat meliputi kehilangan akibat :

##### 1. Perpendekan elastis beton

Kehilangan gaya prategang akibat perpendekan elastis beton untuk pascatarik dianggap nol ( $\Delta f_{pES} = 0$ ), karena semua tendon ditarik secara simultan akibatnya tidak terjadi kehilangan gaya prategang (Naaman, 1981) dan (Nawy, 2000).

##### 2. Gesekan pada baja prategang

Penggunaan struktur dengan sistem pascatarik mengakibatkan terjadinya gesekan antara tendon dengan beton. Menurut peraturan **PCI Committee** yang kemudian diadopsi oleh **ACI Code Commentary** di dalam (Nawy, 2000) memberikan rumus mengenai friksi sebagai berikut :

$$\Delta f_{pF} = f_p [(\mu \alpha) + (K.L)] \quad (3.68)$$

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{m}{x/2} = \frac{2m}{x} \quad (3.69)$$

$$\text{jika } y = \frac{1}{2} m \text{ dan } \alpha/2 = 4y/x, \text{ maka } \alpha = (8y/x) \text{ radian} \quad (3.70)$$

dengan :

$$\Delta f_{pF} = \text{Kehilangan tegangan akibat gesekan tendon dengan beton}$$



- $f_{pi}$  = Tegangan awal tendon, MPa  
 $\mu$  = Koefisien gesek lengkung  
 $L$  = Panjang bentang, mm  
 $K$  = Koefisien *Wobble*  
 $\alpha$  = Sudut kelengkungan tendon (dalam radian)

Melihat persamaan 3.68 terlihat bahwa faktor sudut kelengkungan tendon, pengaruhnya sangat besar terhadap kehilangan tegangan akibat gesekan pada baja prategang.

### 3. Penggelinciran ankur

Kehilangan gaya prategang akibat pergeseran ankur pada struktur pascatarik terjadi pada saat tendon ditarik sampai nilai penuh dongkrak dilepas dan gaya prategang dialihkan ke ankur sehingga tendon dapat bergeser sedikit (Lin dan Burns,1999). Cara mudah untuk mengatasinya yaitu dengan memberikan kelebihan tegangan yang besarnya tergantung dari sistem pengankernya. Besarnya kehilangan karena dudukan anker umumnya antara 6,3 mm dan 9.53 mm (Nawy,2000) dan (Nilson,1987). Kehilangan akibat pengankuran dapat dihitung dengan persamaan :

$$\Delta f_{ps} = \frac{\Delta \lambda}{L} E_{ps} \quad (3.71)$$

dengan :

- $\Delta \lambda$  = Besar gelincir, mm  
 $L$  = Panjang bentang, mm  
 $E_{ps}$  = Modulus elastisitas baja prategang, MPa

#### 3.10.2. Kehilangan Tergantung Waktu

Kehilangan tergantung waktu adalah kehilangan gaya prategang yang terjadi seiring dengan bertambahnya waktu pemakaian suatu bangunan. Kehilangan gaya prategang tergantung waktu diantaranya :

## 1. Rangkak beton

Rumus yang diberikan oleh ACI-ASCE di dalam Nawy (2000) dan Namaan (1981) untuk menghitung kehilangan prategang akibat rangkakan dengan persamaan :

$$\Delta f_{PCR} = K_{CR} \times n_{ps} \times (f_{cs}' - f_{csd}) \quad (3.72)$$

dimana :

$$f_{csd} = \frac{M_D \cdot e_c}{I_g} \quad (3.73)$$

$$f_{cs}' = -\frac{P_i}{A_c} \left( 1 + \frac{e_c^2}{r^2} \right) + \frac{M_D \cdot e_c}{I_g} \quad (3.74)$$

dengan :

$K_{cr}$  = Koefisien koreksi untuk rangkakan (1,0 jika dalam kondisi normal)

$f_{csd}$  = Tegangan akibat semua beban mati, MPa

$f_{cs}'$  = Tegangan baja setelah transfer, MPa

Menurut persamaan 3.72 terlihat bahwa besarnya kehilangan tegangan akibat rangkakan dipengaruhi oleh besarnya tegangan baja setelah transfer dan tegangan akibat semua beban mati. Keduanya dipengaruhi oleh besarnya eksentrisitas dan inersia penampang.

## 2. Susut beton

Prestressed Concrete Institute di dalam Nawy (2000), memberikan rumus untuk menghitung kehilangan prategang akibat susut pada kondisi normal sebagai berikut :

$$\epsilon_{SH,t} = \frac{t}{35+t} \cdot \epsilon_{SH} \quad (3.75)$$

$$\Delta f_{pSH} = \epsilon_{SH,t} \cdot E_{ps} \quad (3.76)$$

$$\text{nilai } \epsilon_{SH} = 800 \cdot 10^{-6}$$

Persamaan 3.76 terlihat bahwa waktu sangat besar pengaruhnya terhadap besarnya kehilangan tegangan akibat susut.

### 3. Relaksasi baja

Prestressed Concrete Institute di dalam Nawy (2000), memberikan rumus untuk menghitung kehilangan prategang akibat relaksasi baja pada kondisi normal sebagai berikut :

$$\Delta f_{PR} = f_{PR} \cdot \frac{(\log t)}{45} \left( \frac{f_m}{f_{PR}} - 0,55 \right) \quad (3.77)$$

catatan : waktu (t) dalam satuan jam

Persamaan 3.77 terlihat bahwa fungsi logaritma waktu sangat besar pengaruhnya terhadap besarnya kehilangan tegangan akibat relaksasi baja.

#### 3.10.3 Kehilangan Gaya Prategang Beton Normal

Winarni (1987), mengemukakan bahwa kehilangan gaya prategang untuk beton normal dalam bentuk prosentase, yaitu :

**Tabel 3.1** Kehilangan Gaya Prategang Untuk Beton Normal

No	Kehilangan gaya prategang	Prosentase (%)
1	Gesekan antara tendon dan beton (F)	1
2	Pergeseran ankur / pengankuran (A)	2
3	Rangkak pada beton (CR)	5
4	Susut pada beton (SH)	5
5	Relaksasi pada baja (R)	5
6	Kehilangan gaya prategang total	20

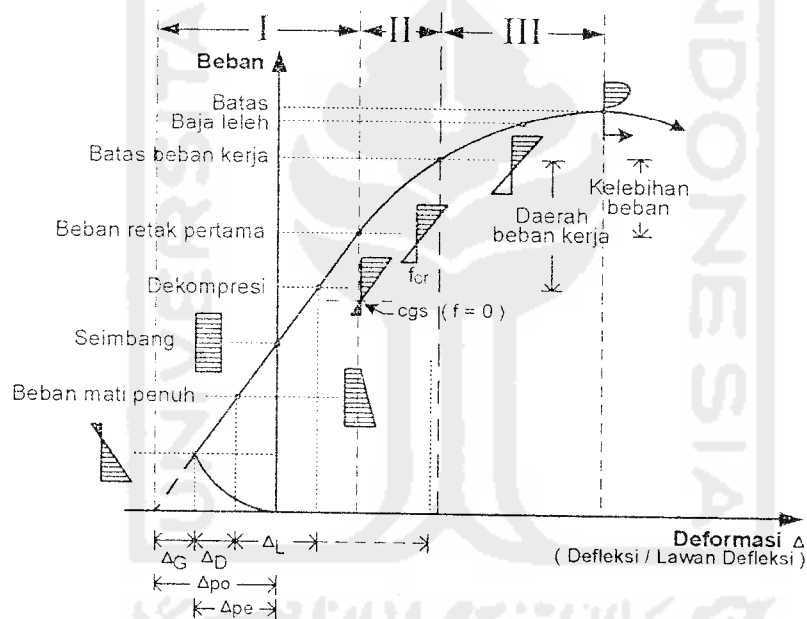
Winarni (1987)

### 3.11 Pesyaratan Lendutan

Rasio minimum bentang ( $l$ ) terhadap defleksi ( $\delta$ ) yang diijinkan di dalam SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5, pasal 3, ayat 3 adalah (lihat tabel 1.8, lampiran 1.d).

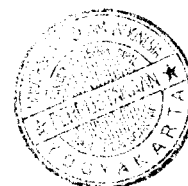
### 3.12 Komponen-Struktur Tidak Retak dan Retak

Sebelum melakukan analisis lendutan jangka panjang terlebih dahulu dilakukan pengecekan apakah penampang sudah retak atau belum, karena analisis lendutan jangka panjang menggunakan kondisi layan dimana semua beban dan baja non-prategang telah bekerja.



**Gambar 3.14** Hubungan Beban-Lendutan dengan Penampang Bertulangan Kuat dan Bertulangan Lemah (Nawy, 2000)

Gambar 3.14 menunjukkan bahwa ada tiga daerah yang menyatakan hubungan lendutan dengan beban, yaitu :



### 1. Daerah I

Daerah I menunjukkan bahwa kurva hubungan beban dengan lendutan pada dasarnya adalah suatu garis lurus dengan kata lain perilakunya elastis. Daerah ini berakhir ketika beton mengalami retak lentur pertama. Daerah I sering juga disebut tahap praretak atau daerah praretak.

### 2. Daerah II

Daerah praretak berakhir dengan mulainya retak pertama, maka grafik bergerak memasuki daerah II yang disebut tahap beban-kerja pascaretak. Sebagian balok yang berada pada daerah ini pada kondisi beban kerja, sehingga balok mengalami berbagai tingkat retak di sepanjang bentangnya dan mengalami defleksi di masing-masing penampangnya. Akibatnya, retak akan semakin lebar dan dalam di tengah bentang, dan semakin sempit di dekat tumpuan pada balok yang ditumpu sederhana.

### 3. Daerah III

Gambar 3.14 menunjukkan bahwa kurva kelengkungan semakin mendatar dibanding daerah sebelumnya. Hal ini diakibatkan oleh semakin besarnya kehilangan kekakuan penampang akibat semakin lebar retak di seluruh bentang. Tanpa adanya penambahan beban, retak pada penampang akan semakin lebar dengan sendirinya dan balok akan terus mengalami lendutan, yang berakibat pada hancur totalnya beton di daerah momen maksimum dan terjadilah ruptur. Daerah III sering disebut juga daerah pada tahap retak pasca-daya layan dan kondisi-batas perilaku lendutan pada kegagalan.

#### 3.12.1 Penampang Tidak Retak

Penampang tidak retak terjadi apabila tegangan tarik maksimum yang terjadi di balok lebih kecil daripada kuat tarik pada kondisi lentur (lebih kecil dari modulus ruptur beton). Kekakuan penampang  $EI$  di estimasi menggunakan modulus Young

beton dan momen inersia penampang bruto, sehingga lendutan yang terjadi di estimasi menggunakan penampang bruto.

### 3.12.2 Penampang Retak

Apabila retak lentur terjadi akibat kehilangan tegang karena faktor waktu, kontribusi dari beton di daerah tarik akan berkurang, maka kekakuan penampang akan berkurang hingga mencapai batas bawah yang berkaitan dengan momen inersia penampang retak  $I_{cr}$ . Suatu penampang dikatakan telah retak apabila tegangan serat bawah saat layan lebih besar dari modulus keruntuhan lentur,  $(f_{cs}) > (f_r)$  dan momen maksimum di komponen struktur lebih besar dari momen retak,  $(M_a) > (M_{cr})$ . Apabila penampang retak, maka digunakanlah inersia penampang efektif. SK SNI T15-1991-03 memberikan batasan dalam sub-bab 3.2.5 pasal 2 ayat 3 sebagai berikut

$$I_e = \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left( 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right) I_{cr} \quad (3.78)$$

Modulus ruptur beton untuk beton normal menurut SK SNI T15-1991-03 memberikan batasan dalam sub-bab 3.2.5 pasal 2 ayat 3 sebagai berikut :

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f'_c} \quad (3.79)$$

Momen retak pada beton prategang menurut Edward G. Nawy, 2000, dapat diselesaikan dengan persamaan :

$$M_{cr} = S_b \left[ f_r + \frac{P_e}{A_c} \left( 1 + \frac{e.C_b}{r^2} \right) \right] \quad (3.80)$$

$$M_a = M_D + M_L + M_G \quad (3.81)$$

Inersia retak pada beton prategang menurut Edward G. Nawy, 2000, dapat diselesaikan dengan persamaan :

$$I_{cr} = (n_p.A_{ps}'^2 . d_p^2 + n_s.A_s.d^2) . (1 - 1,6 . \sqrt{n_p . \rho_p + n_s . \rho}) \quad (3.82)$$

$$\text{dengan : } \rho_p = A_{ps}' / (b . d_p) \quad (3.83)$$

$$\rho = A_s' / (b . d) \quad (3.84)$$

### 3.13 Analisis Lendutan

#### 3.13.1 Pendahuluan

Lendutan pada balok prategang tergantung dari kombinasi gaya prategang, beban luar, dan lama pembebanan. Gaya prategang akan menimbulkan lendutan ke atas (*chamber*), sedangkan beban luar akan menimbulkan lendutan ke bawah. Secara umum lendutan dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu :

1. Lendutan ke atas, terjadi setelah pemberian gaya prategang,
2. Lendutan jangka pendek, terjadi setelah semua beban mulai bekerja,
3. Lendutan jangka panjang, terjadi seiring perjalanan waktu.

Lendutan ke atas pada balok prategang dipengaruhi oleh perpendekan elastis beton, gesekan baja pada beton, penggelinciran angkur

Lendutan jangka panjang pada balok prategang, sangat dipengaruhi oleh parameter-parameter yang bergantung dari waktu, yaitu rangkai beton (*creep*), susut beton (*shrinkage*), relaksasi baja (*relaxation*).

#### 3.13.2 Lendutan Jangka Pendek (*Short Term Deflections*)

Lendutan jangka pendek adalah lendutan yang terjadi segera setelah beban bekerja. Hubungan lendutan dengan beban jika dikaitkan dengan penggunaan tulangan akan terlihat seperti pada grafik 3.1. Balok prategang mengalami dua lendutan, yaitu lendutan ke atas (*chamber*) yang diakibatkan oleh gaya prategang awal dan lendutan ke bawah yang diakibatkan oleh berat sendiri balok.

#### 3.13.3 Lendutan Ke Atas (*Chamber*)

Besarnya lendutan ke atas  $\delta_{pi}$  akibat gaya prategang awal  $P_1$  dapat ditentukan berdasarkan perubahan momen prategang sepanjang bentang, dengan memakai prinsip luas momen (Raju, 1986; Winter & Nilson, 1993; Edward G. Nawy, 2000). Lendutan ke atas dengan tendon parabolis dengan angker terletak di pusat dihitung dengan persamaan :

$$\delta_{pi} = \frac{5.P_i.e_c.L^2}{48.E_{ci}.I_g} \quad (\uparrow) \quad (3.85)$$

Persamaan 3.85 terlihat bahwa kekakuan penampang dan gaya prategang mempunyai pengaruh yang sangat besar dalam menghasilkan lendutan ke atas.

### 3.13.4 Lendutan Ke Bawah

Pada waktu transfer prategang, berat sendiri balok menyebabkan lendutan ke bawah  $\delta_D$ . Lendutan ini akan bertambah lagi akibat pengaruh beban-beban yang di pasang di atas balok. Persamaan untuk menghitung lendutan ke bawah adalah (Raju, 1986) :

$$\delta_D = \frac{5.(W_D + W_G).L^4}{384.E_{ci}.I_g} \quad (\downarrow) \quad (3.86)$$

Mencermati persamaan 3.86 akan terlihat bahwa inersia penampang pengaruhnya sangat besar terhadap lendutan ke bawah.

### 3.13.5 Total Lendutan Sesaat

Lendutan Sesaat (jangka pendek) merupakan penjumlahan lendutan ke atas dengan lendutan ke bawah.

$$\delta_T = \delta_{pi} + \delta_D \quad (3.87)$$

### 3.13.6 Lendutan Jangka Panjang (*Long Term Deflection*)

Lendutan jangka panjang dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut :

1. Efek jangka panjang gaya prategang dan kehilangan prategang,
2. Peningkatan kekuatan beton sesudah terjadinya kehilangan prategang,
3. Efek defleksi dan lawan-lendut selama ereksi (30 hari).

Lendutan jangka panjang dapat diselesaikan dengan beberapa metode, diantaranya :



### 1. Metode pengali PCI (*Prestressed Concrete Institute*) di dalam Nawy (2000)

Lendutan total yang terjadi adalah :

$$\delta_T = (\delta_{ps} \cdot C_1) + (\delta_D \cdot C_1) + (\delta_G \cdot C_1) + (\delta_L) \quad (3.88)$$

Metode ini menggunakan faktor pengali PCI yaitu  $C_1$  pada lampiran 1.d, tabel 1.8. Faktor pengali PCI akan berubah menjadi  $C_2$  untuk beton prategang parsial, yaitu :

$$C_2 = \frac{C_1 + A_s / A_{ps}}{1 + A_s / A_{ps}} \quad (3.89)$$

Persamaan 3.87 terlihat bahwa lendutan ke atas pengaruhnya sangat besar terhadap lendutan dengan Metode PCI. Khusus beton prategang parsial pengaruh banyaknya baja prategang dan baja non-prategang dalam menghasilkan lendutan selain pengaruh chamber.

### 2. Metode langkah-waktu pendekatan

Metode ini menurut Nawy (2000) didasarkan atas bentuk penyederhanaan dari penjumlahan defleksi akibat berbagai faktor yang bergantung pada waktu. Lendutan total yang terjadi adalah :

$$\delta_T = -\delta_{ps} + \left[ 1 - \frac{\Delta P}{P_o} + \lambda \cdot (k_r \cdot C_t) \right] + (1 + k_r \cdot C_t) \delta_G + \delta_D (1 + K_e \cdot k_r \cdot C_t) + \delta_L \quad (3.90)$$

dengan :  $K_a = 1,25t^{-0,118}$  untuk beton yang dirawat lembab

$= 1,13t^{-0,118}$  untuk beton yang dirawat uap

$\delta_{ps}$  = lendutan yang diakibatkan gaya prategang

$$C_t = \frac{t^{0,6}}{10 + t^{0,6}} \cdot C_u \quad (3.91)$$

$$\lambda = 1 - \Delta P / 2P_i \quad (3.92)$$

$k_r \approx 1,0$  untuk beton prategang full

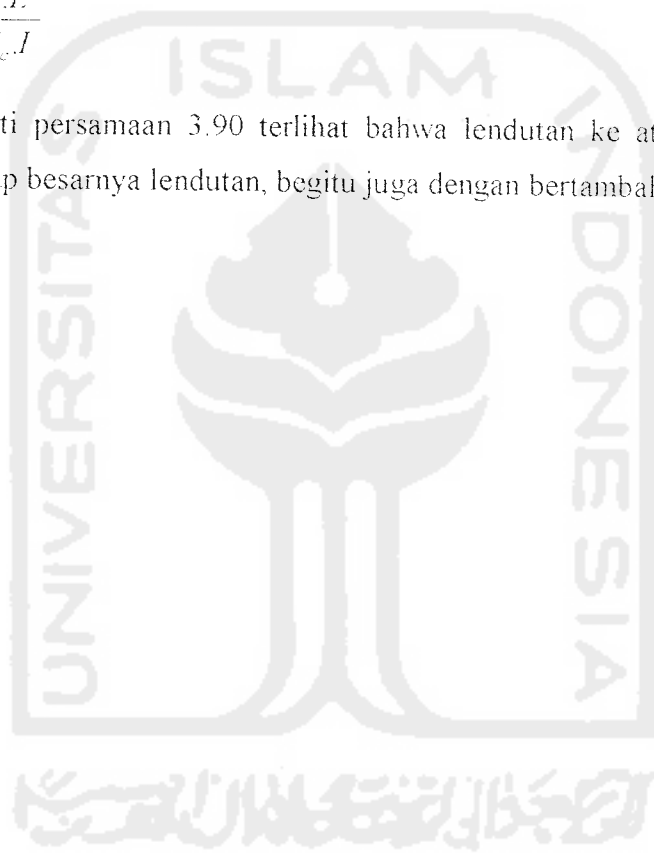
$$k_r = \frac{1}{1 + (A_x / A_{ps})} \text{ untuk prategang parsial} \quad (3.93)$$

$$\delta_D = \frac{5M_D I^2}{48E_c I} \quad (3.94)$$

$$\delta_G = \frac{5M_G I^2}{48E_c I} \quad (3.95)$$

$$\delta_L = \frac{5M_L I^2}{48E_c I} \quad (3.96)$$

Mencermati persamaan 3.90 terlihat bahwa lendutan ke atas pengaruhnya sangat besar terhadap besarnya lendutan, begitu juga dengan bertambahnya waktu.



## **BAB IV**

### **METODOLOGI ANALISIS**

#### **4.1 Tinjauan Umum**

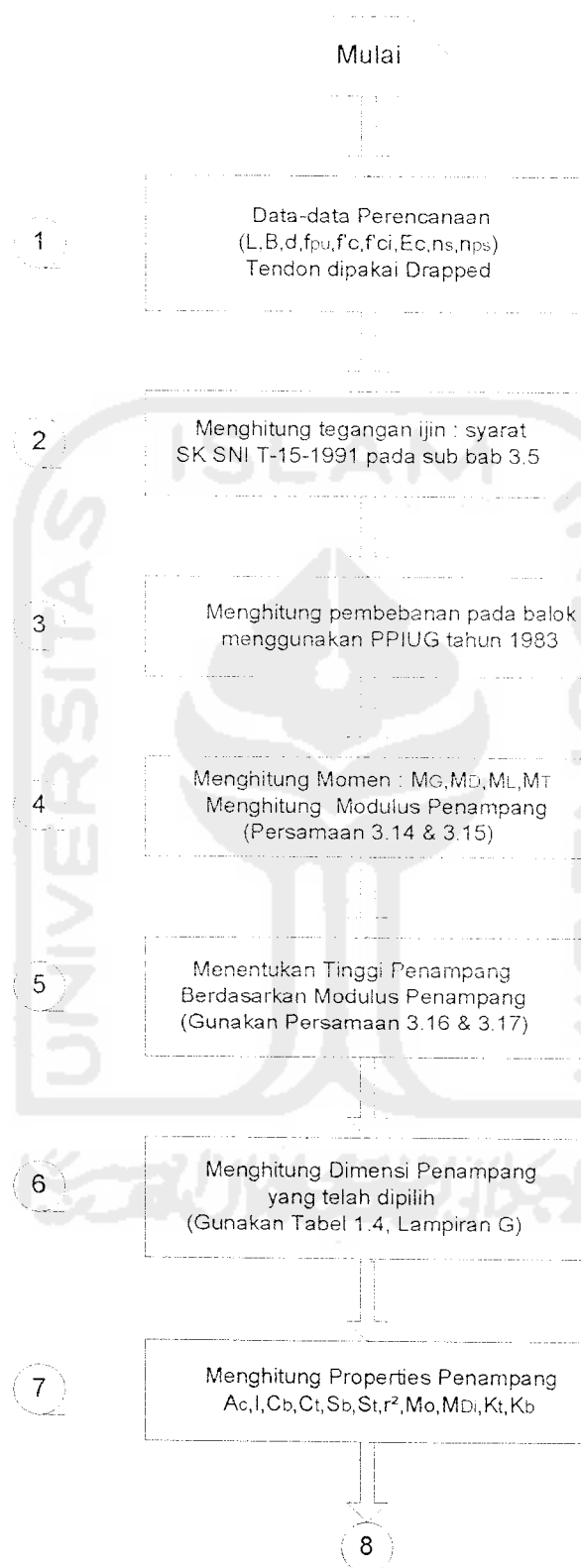
Bab ini membahas tentang metode analisis lendutan balok beton prategang parsial akibat kehilangan gaya prategang menggunakan variasi penampang dengan rasio tinggi dan lebar yang sama. Agar lebih jelas bagaimana cara menganalisisnya dapat dilihat dari gambar 4.1, sedangkan program komputer untuk membantu penyelesaian menggunakan program *MS Excel*.

#### **4.2 Model Bentuk Penampang Balok**

Terdapat tiga model bentuk penampang balok yang akan dianalisis, yaitu bentuk persegi panjang, bentuk T, dan bentuk I. Sebagai pedoman/acuan untuk menentukan dimensi penampang T dan I, menggunakan acuan dimensi penampang persegi panjang. Rasio tinggi terhadap lebar penampang yang akan diambil adalah  $h/b = 2 - 3$ . Jadi, pada akhir analisis nantinya akan didapat berapa besar perbedaan lendutan yang terjadi antara balok T dengan balok I.

#### **4.3 Analisis**

Analisis secara keseluruhan, yaitu sampai didapatkan hasil lendutan yang terjadi pada setiap penampang diuraikan pada *flow chart* analisis lendutan balok beton prategang parsial (gambar 4.1). Nomor dalam lingkaran pada flow chart merupakan urutan langkah-langkah analisis secara metodologis.





**Gambar 4.1** Flow Chart Analisis Lendutan Balok Beton Prategang Parsial

#### 4.4 Alat Analisis

Sesuai dengan *flow chart* pada sub bab 4.3 yang didalamnya terdapat beberapa rumus persamaan, maka harus diselesaikan dengan menggunakan suatu alat analisis agar pekerjaan cepat selesai dan memperoleh hasil yang akurat. Alat analisis tersebut adalah *Microsoft Excel* atau yang lebih dikenal dengan *MS Excel*. *MS Excel* merupakan perangkat lunak di bawah sistem operasi *Windows* yang dapat dengan mudah dioperasikan. Tujuan penggunaan perangkat lunak ini adalah untuk membantu dalam menyelesaikan beberapa persamaan sehingga akan diperoleh hasil yang lebih akurat, yang jika diselesaikan secara manual akan lebih lama dan kurang akurat.

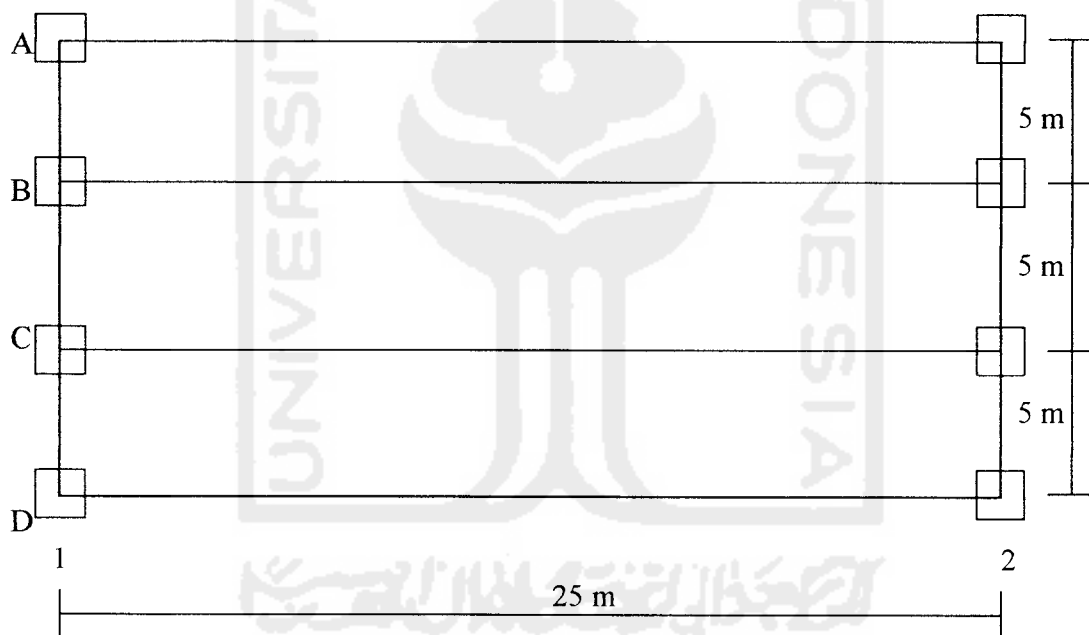


## BAB V

### PERENCANAAN DAN ANALISIS

#### 5.1 Data Analisis

Data-data yang diperlukan untuk menganalisis balok beton prategang adalah sebagai berikut, dengan mengambil balok B sebagai balok yang di rencanakan :



Gambar 5.1 Bentang Balok dan Rencana Penempatan Balok

1. Bentang balok;  $L$  = 25 m',
2. Jarak antar balok;  $B$  = 5 m',
3. Tebal pelat,  $d$  = 0,2 m',

4. *Lose of prestressed (LOF)* = 20%
5. Rasio kehilangan prategang,  $R = 1 - 0,2 = 0,8$
6. Saat transfer beban mati yang bekerja sebesar 35 %

## 5.2. Material Yang Digunakan

### 5.2.1. Beton

1. Kuat tekan beton;  $f'_c = 45$  MPa,
2. Saat transfer kuat tekan mencapai 95%  $f'_c$ ,  
 $f'_{ci} = 0,95 \cdot f'_c = 0,95 \cdot 45 = 42,75$  MPa,
3. Tegangan ijin beton
  - a. Saat transfer
    - 1). Serat atas  
 $f_{ci} = 0,60 \cdot f'_{ci} = 0,60 \cdot 0,95 \cdot 45 = -25,65$  MPa
    - 2). Serat bawah  
 $f_{ti} = 0,25 \cdot \sqrt{f'_{ci}} = 0,25 \cdot \sqrt{0,95 \cdot 45} = 1,6346$  MPa
  - b. Saat layan
    - 1). Serat atas  
 $f_{cs} = 0,45 \cdot f'_c = 0,45 \cdot 45 = -20,2500$  MPa
    - 2). Serat bawah  
 $f_{ts} = 0,50 \cdot \sqrt{f'_c} = 0,50 \cdot \sqrt{45} = 3,3541$  MPa
    - 3). Serat tekan seluruh  
 $f_{cs\text{ seluruh}} = 0,6 \cdot f'_c = 0,6 \cdot 45 = -27,0000$  MPa  
 $f_{cs\text{ seluruh}}$  khusus digunakan untuk kondisi yang memerlukan tingkat ketelitian pengerjaan yang tinggi.
4. Modulus ruptur beton ( $f_r$ ) diambil sebesar  $= 0,7 \cdot \sqrt{f'_c}$   
 $f_r = 0,7 \cdot \sqrt{45} = 4,6957$  MPa



## 5. Modulus elastisitas beton

a. Modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) diambil sebesar,  $4700 \cdot \sqrt{f'_c}$ , maka

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{45} = 31528,5585 \text{ MPa,}$$

b. Modulus elastisitas beton saat transfer ( $E_{ci}$ ) diambil =  $4700 \cdot \sqrt{f'_{ci}}$

$$E_{ci} = 4700 \cdot \sqrt{0,95 \cdot 45} = 30730,2376 \text{ MPa}$$

6. Berat jenis beton = 23 kN/m<sup>3</sup>,

a.  $b_{j \text{ pasir}} (\gamma_{\text{pasir}})$  = 18 kN/m<sup>3</sup>

b. Teraso per cm tebal = 0,24 kN/m<sup>2</sup>

c. Speci per cm tebal = 0,21 kN/m<sup>2</sup>

7. Tebal penutup beton, 40 mm

8. Tebal penutup beton arah tulangan vertikal, 40 mm

### 5.2.2 Baja Prategang

1. Tendon dipakai sesuai ASTM A416-85 grade 720 strand type 13 mm

a. Luas satu satuan kabel (baja prategang) = 98,7 mm<sup>2</sup>

b. Diameter selubung kabel = 127 mm

c. Luas selubung kabel = 12661,2650 mm<sup>2</sup>

2. Kuat tarik baja prategang,  $f_{Pu}$  = 1860 MPa

3. Kuat leleh baja prategang,  $f_{ly}$  =  $0,85 \times f_{Pu}$   
=  $0,85 \times 1860 = 1581 \text{ MPa}$

4. Tegangan awal baja prategang,  $f_{pi}$  =  $0,74 \cdot f_{Pu}$   
=  $0,74 \times 1860 = 1376,4 \text{ MPa}$

5. Modulus elastisitas tulangan prategang,  $E_{ps}$  = 198.000 MPa

### 5.2.3 Baja Non-Prategang

1. Kuat tarik baja non-prategang,  $f_s$  = 400 MPa

2. Digunakan sengkang dengan diameter,  $\phi$  12 mm,

3. Digunakan tulangan non-prategang dengan diameter,  $\phi$  25 mm.
4. Luas satu tulangan non-prategang,  $A_s = 490,625 \text{ mm}^2$
5. Modulus elastisitas tulangan non-prategang,  $E_s = 200.000 \text{ MPa}$
6. Regangan leleh baja non-prategang,  $\varepsilon = f_y / E_s = 400 / 200.000 = 0,002$

### 5.3 Angka Perbandingan Modular

1. Baja prategang

$$\text{a. saat transfer} = n_{ps} = \frac{E_{ps}}{E_{ci}} = \frac{1,98 \cdot 10^5}{30730,2376} = 6,4432$$

$$\text{b. saat layan} = n_{ps} = \frac{E_{ps}}{E_c} = \frac{1,98 \cdot 10^5}{31528,5585} = 6,2800$$

2. Baja non-prategang

$$n_s = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.0 \cdot 10^5}{31528,5585} = 6,3435$$

### 5.4 Perencanaan Pembebanan

1. Beban mati

$$\begin{aligned} \text{pelat 20 cm} &= 0,20 \cdot 23 \times (5 - 0,6) = 20,2400 \text{ kN/m} \\ \text{teraso 5 cm} &= 0,05 \cdot 0,24 \times 5 = 0,0360 \text{ kN/m} \\ \text{speci 2 cm} &= 0,02 \cdot 0,21 \times 5 = 0,0210 \text{ kN/m} \\ \text{pasir 5 cm} &= 0,05 \cdot 18 \times 5 = 4,5000 \text{ kN/m} \\ \text{beban mati yang terjadi} &= w_D = 24,7970 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

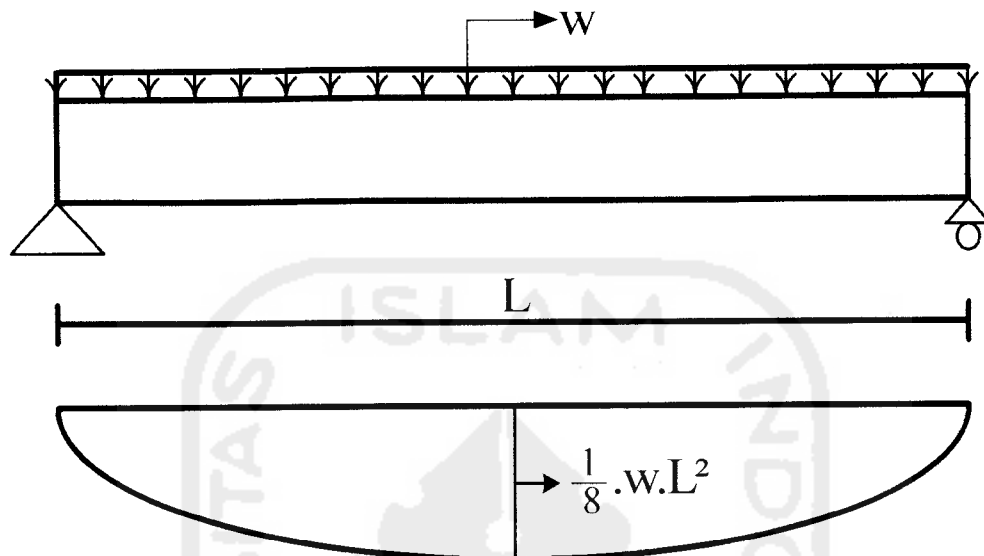
2. Beban hidup

$$\begin{aligned} \text{beban hidup untuk auditorium} &= 500 \text{ kg/m}^2 = 5 \text{ kN/m}^2 \\ \text{baban hidup yang terjadi (} w_L \text{)} &= 5 \times 5 = 25 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3. Berat gelagar  $w_G$  (diasumsikan) = 17 kN/m

### 5.5 Analisis Momen Yang Terjadi

Analisis momen untuk balok sederhana adalah sebagai berikut :



Gambar 5.2 Momen Yang Terjadi Pada Balok Sederhana

1. Akibat beban mati

$$\begin{aligned}
 M_D &= \frac{1}{8} \cdot w_D \cdot L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \cdot 24,7970 \cdot 25^2 \\
 &= 1937,2656 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

2. Akibat beban hidup

$$\begin{aligned}
 M_L &= \frac{1}{8} \cdot w_L \cdot L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 25 \times 25^2 \\
 &= 1953,1250 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

### 3. Akibat beban gelagar

$$\begin{aligned} M_G &= 1/8 \times w_G \cdot L^2 \\ &= 1/8 \times 17 \cdot 25^2 \\ &= 1328,1250 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen yang bekerja saat transfer,  $M_o$  :

$$\begin{aligned} M_o &= M_D + (0,35 \times M_G) \\ &= 1934,0781 + (0,35 \cdot 1328,1250) = 2006,1680 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen beban mati yang bekerja diluar yang bekerja saat transfer,  $M_{Di}$  :

$$\begin{aligned} M_{Di} &= (1 - 0,35) \cdot M_D \\ &= (1 - 0,35) \cdot 1934,0781 = 1259,2227 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen total yang terjadi,  $M_T$  :

$$\begin{aligned} M_T &= M_D + M_{Di} + M_G \\ &= (1937,2656 + 1953,1250 + 1328,1250) \text{ kNm} \\ &= 5218,5156 \text{ kNm} \end{aligned}$$

## 5.6 Besaran Penampang Persegi Untuk $h/b = 2$

### 5.6.1 Modulus Tampang Rencana

#### 1. Serat atas

$$\begin{aligned} S^t &\geq \frac{(1-R)M_G + M_D + M_L}{R \cdot f_{tt} - f_{cs}} \\ &= \frac{(1-0,8) \cdot 1328,1250 + 1937,2656 + 1953,1250}{(0,8 \cdot 1,6346) - (-20,25)} \cdot 10^6 = 167623927,0351 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

#### 2. Serat bawah

$$\begin{aligned} S_b &\geq \frac{(1-R)M_G + M_D + M_L}{f_{ts} - R \cdot f_{ct}} \\ &= \frac{(1-0,8) \cdot 1328,1250 + 1937,2656 + 1953,1250}{(3,3541) - 0,8 \cdot (-25,65)} \cdot 10^6 = 151359881,7291 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Sebagai perencanaan digunakan modulus penampang yang terbesar, yaitu :  
167623927,0351 mm<sup>3</sup>

### 5.6.2 Dimensi, Luas, dan Berat Gelagar

$$S = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

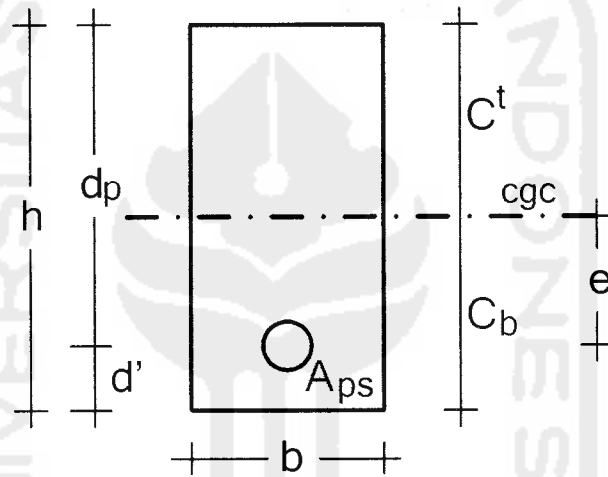
$$h/b = 2, \text{ maka } b = \frac{1}{2} \cdot h$$

$$S = \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{2} \cdot h \cdot (h)^2 = \frac{1}{12} \cdot h^3$$

$$h = \sqrt[3]{12 \cdot S} = \sqrt[3]{12 \cdot 167623927,0351} = 1262,3286 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai nilai } h = 1275 \text{ mm}$$

$$\text{didapat nilai } b = \frac{1}{2} \cdot 1275 = 637,5 \text{ mm}$$



Gambar 5.3 Letak *Properties* Pada Penampang Persegi Terhadap Garis Netral (cgc)

Sesuai dengan batasan masalah, penampang persegi dengan  $h/b = 2$ , digunakan sebagai acuan terhadap bentuk penampang yang lain, maka :

1. Luas penampang

$$\begin{aligned} A_c &= b \cdot h \\ &= 637,5 \cdot 1275 \\ &= 812812,5000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2. Momen akibat berat sendiri balok (berat gelagar)

$$\gamma_{beton} = 23 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned}
 w_G &= A_c \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 812812,5000 \cdot 23 \cdot 10^{-6} \\
 &= 18,6947 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_G &= 1/8 \cdot w_G \cdot L^2 \\
 &= 1/8 \cdot 18,6947 \cdot 25^2 \\
 &= 1460,5225 \text{ kNm}^2
 \end{aligned}$$

3. Letak titik berat penampang terhadap garis netral

$$\begin{aligned}
 C' &= 1/2 \cdot h \\
 &= 1/2 \cdot 1275 = 637,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= h - C' \\
 &= 1275 - 637,5 = 637,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4. Tegangan tendon pada pusat beton :

$$\begin{aligned}
 f_{cci} &= f_{ti} - \frac{C_t}{h} (f_{ti} - f_{ci}) \\
 &= 1,6346 - \frac{637,5}{1275} (1,6346 - (-25,65)) \\
 &= -12,0077 \text{ MPa (tekan)}
 \end{aligned}$$

5. Gaya prategang awal :

$$\begin{aligned}
 P_o &= |f_{cci}| \cdot A_c \\
 &= (|-12,0077| \times 812812,5000) \times 10^{-3} \\
 &= 9760,0139 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

6. Keperluan baja prategang :

a. Luas baja prategang

tegangan awal baja prategang,  $f_{pi} = 1376,4 \text{ MPa}$

$$A_{ps} = \frac{P_o}{f_{pi}} = \frac{9760,0139 \cdot 10^3}{1376,4} = 7090,9720 \text{ mm}^2$$

- b. Jumlah selongsong dan kabel yang dipakai

$$n_{kabel} = \frac{A_{ps\ perlu}}{L_1\ kabel} = \frac{7090,9720}{98,7} = 71,8437 \text{ buah}$$

maka, dipakai kabel sebanyak 72 buah

- c. Keperluan kabel

$$\begin{aligned} \text{Jumlah selongsong kabel} &= n_{kabel} / \text{Jumlah kabel 1 selongsong} \\ &= 72 / 36 = 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jadi, dipakai 2 buah selongsong kabel @ 36 buah

- d. Luas tendon baja prategang yang dipakai

$$\begin{aligned} A_{ps\ pakai} &= \text{jml sel} \cdot \text{jml kabel} \cdot A_{1\ sat\ kabel} \\ &= 72 \cdot 98,7 \\ &= 7106,4000 \text{ mm}^2 > A_{ps\ perlu} = 7090,9720 \text{ mm}^2 \text{ (ok)} \end{aligned}$$

7. Gaya prategang yang digunakan

- a. Gaya prategang awal

$$\begin{aligned} P_i &= A_{ps\ pakai} \cdot f_{pi} \\ &= (7106,4000 \cdot 1376,4) \cdot 10^{-3} \\ &= 9781,2490 \text{ kN} \end{aligned}$$

- b. Gaya prategang efektif

karena tinjauannya prategang penuh, maka *lose of prestressed* (LOP) = 0,2

$$R = 1 - \text{LOP}$$

$$R = 1 - 0,2 = 0,8$$

$$\begin{aligned} P_e &= P_i \cdot R \\ &= 9781,2490 \cdot 0,8 \\ &= 7824,9992 \text{ N} \end{aligned}$$

8. Modulus penampang yang digunakan

- a. Serat atas

$$S = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

$$S = \frac{1}{6} \cdot 637,5 \cdot 1275^2$$

9. Eksentrisitas di tengah bentang (pusat beton)

$$e_c = (f_{ti} - f_{cci}) \frac{S'}{P_i} + \frac{M_o}{P_i}$$

$$= (1,6346 - (-12,0077)) \times \frac{17,7227 \cdot 10^7}{9781,2490 \cdot 10^3} + \frac{2138,5654 \cdot 10^7}{9781,2490 \cdot 10^3}$$

$$= 446,0066 \text{ mm.}$$

$$= 457 \text{ mm}$$

10. Kontrol penempatan tendon

a. Jarak titik pusat tendon terhadap serat beton terluar

$$d' = C_b - e_c > pb + \emptyset_{sk} + \emptyset_{tul} + \frac{1}{2} \cdot (\emptyset_{tendon})$$

$$= 637,5 - 457 > 40 + 12 + 25 + (\frac{1}{2} \cdot 98,7)$$

$$= 180,5 \text{ mm} > 126,35 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

b. Tinggi efektif penampang

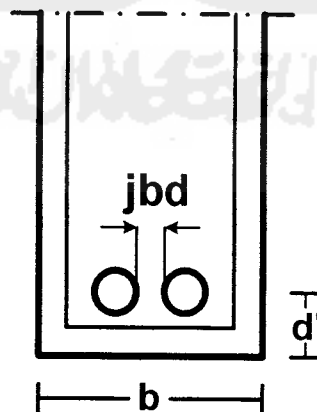
$$dp = h - d' = 1275 - 180,5 = 1094,5 \text{ mm}$$

c. Jarak bebas datar

$$jbd = (b - (pb + \emptyset_{sk}) \cdot 2 - \emptyset_{tendon} - (pb \text{ jika tendon})) / (n-1) > \emptyset_{tendon}$$

$$= (637,5 - (40 + 12) \cdot 2 - 98,7 - (2 \cdot 40)) / (2-1) > 98,7$$

$$= 354,8 \text{ mm} > 98,7 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$



Gambar 5.4 Penempatan Tendon Pada Penampang Persegi



## 5.7 Analisis Kehilangan Tegangan

### 5.7.1 Kehilangan Tegangan Sesaat

1. Kehilangan akibat pergeseran ankur

$$\begin{aligned}\Delta f_{pA} &= \frac{\Delta A}{L} E_{ps} \\ &= \frac{6,5}{25 \cdot 10^3} \cdot 198000 = 51,4800 \text{ MPa}\end{aligned}$$

2. Kehilangan gaya prategang akibat perpendekan elastis beton untuk pascatarik dianggap nol ( $\Delta f_{pES} = 0$ ), karena semua tendon ditarik secara simultan akibatnya tidak terjadi kehilangan gaya prategang

3. Kehilangan akibat gesekan baja prategang

$$\Delta f_{pF} = f_{pi} [(\mu \cdot \alpha) + (K \cdot L)]$$

$$\alpha = (8y/x) = \frac{8 \cdot 457,0000}{25 \cdot 10^3} = 0,1462 \text{ radian}$$

$$\begin{aligned}\Delta f_{pF} &= 1376,4000 \cdot [(0,1500 \cdot 0,1462) + (3,28 \cdot 0,0005 \cdot 25 \cdot 10^3)] \\ &= 86,6251 \text{ MPa}\end{aligned}$$

### 5.7.2 Keadaan Setelah Kehilangan Tegangan Sesaat

1. Total kehilangan tegangan

$$\begin{aligned}\Delta f_{pT} &= \Delta f_{pA} + \Delta f_{pES} + \Delta f_{pF} \\ &= 51,4800 + 0 + 86,6251 \\ &= 138,1051 \text{ MPa}\end{aligned}$$

2. Tegangan pada tendon yang digunakan

$$\begin{aligned}f_{pi}' &= f_{pi} - \Delta f_{pT} \\ &= 1376,4000 - 138,1051 \\ &= 1238,1949 \text{ MPa}\end{aligned}$$

3. Gaya prategang yang digunakan

$$\begin{aligned} P_i &= f_{pi}' \cdot A_{ps}' \\ &= 1238,1949 \cdot 7106,4000 \cdot 10^{-3} \\ &= 8799,8188 \text{ kN} \end{aligned}$$

### 5.7.3 Kehilangan Tegangan Akibat Waktu

Pada contoh analisis kali ini diambil contoh waktu tiga bulan, maka :

1. Akibat relaksasi baja

$$\Delta f_{pR} = f_{pi}' \cdot \frac{(\log t)}{45} \left( \frac{f_{pi}'}{f_{py}'} - 0,55 \right)$$

$$t = 3 \text{ bulan} = 90 \text{ hari} = 2160 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \Delta f_{pR} &= 1238,2949 \cdot \frac{(\log 2160)}{45} \left( \frac{1238,2949}{1581,0000} - 0,55 \right) \\ &= 21,4008 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Akibat rangkai beton

$$\Delta f_{pCR} = K_{CR} \cdot \eta_{ps} \cdot (f_{cs} - f_{csd})$$

$$\begin{aligned} f_{cs}' &= -\frac{P_i}{A_c} \left( 1 + \frac{e_c^2}{r^2} \right) + \frac{M_{Di} \cdot e_c}{I_g} \\ &= -\frac{8799,8188 \cdot 10^3}{812812,5000} \left( 1 + \frac{457^2}{135468,7500^2} \right) + \frac{2138,5654 \cdot 10^6 \cdot 457}{1,1011 \cdot 10^{11}} \\ &= -18,6453 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$M_{Di} = M_T - M_o = 5350,9131 - 2138,5654 = 3212,3477 \text{ kNm}$$

$$f_{csd} = \frac{M_{Di} \cdot e_c}{I_g} = \frac{3212,3477 \cdot 10^6 \cdot 457}{1,1011 \cdot 10^{11}} = 13,3324 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Delta f_{pCR} &= 1,6000 \times 6,2800 \times (18,6453 - 13,3324) \\ &= 53,3440 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tambahan tegangan akibat beban mati tambahan setelah transfer ( $\Delta f_{SD}$ )

$$\begin{aligned}\Delta f_{SD} &= n_{ps} \cdot \Delta f_{pCR} \\ &= 6,2800 \cdot 53,3440 = 85,9030 \text{ MPa}\end{aligned}$$

3. Akibat susut beton

$$\begin{aligned}\Delta f_{pSH} &= \epsilon_{SH,t} \cdot E_{ps} \\ &= \frac{90}{55+90} \cdot 0,0008 \cdot 198000 \\ &= 98,3172 \text{ MPa}\end{aligned}$$

#### 5.7.4. Keadaan Setelah Kehilangan Tegangan Akibat Waktu

1. Total kehilangan tegangan

$$\begin{aligned}\Delta f_{pT} &= \Delta f_{pR} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pSH} \\ &= 21,4008 + 53,3440 - 85,9030 + 98,3172 \\ &= 87,1590 \text{ MPa}\end{aligned}$$

2. Tegangan pada tendon yang digunakan

$$\begin{aligned}f_{pe}' &= f_{pi}' - \Delta f_{pT} \\ &= 1238,1949 - 87,1590 \\ &= 1151,1359 \text{ MPa}\end{aligned}$$

3. Gaya prategang yang digunakan

$$\begin{aligned}P_e &= f_{pe}' \cdot A_{ps}' \\ &= 1151,1359 \cdot 7106,4000 \cdot 10^{-3} \\ &= 8180,4320 \text{ kN}\end{aligned}$$

4. Prosentase kehilangan gaya prategang

$$\begin{aligned}LOF &= ((P_i - P_e)/P_i) \cdot 100\% \\ &= ((9781,2490 - 8180,4320)/9781,2490) \cdot 100\% \\ &= 16,3662 \%\end{aligned}$$

### 5.8 Kontrol Tegangan Yang Terjadi

#### 5.8.1. Saat Transfer

Digunakan penampang bruto karena beban belum bekerja

1. Luas penampang bruto

$$\begin{aligned} A_{c \text{ bruto}} &= (b \cdot h) \\ &= 637,5 \cdot 1275 \\ &= 812812,5000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2. Letak titik berat penampang

$$\begin{aligned} C' &= \frac{h}{2} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1275 = 637,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= h - C' \\ &= 1275 - 637,5 = 637,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Eksentrisitas penampang netto

$$\begin{aligned} e_c &= C_b - d' \\ &= 637,5 - 180,5 = 457 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Momen akibat berat sendiri balok (berat gelagar)

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{beton}} &= 23 \text{ kN/m}^3 \\ w_G &= A_c \cdot \gamma_{\text{beton}} \\ &= 812812,5000 \cdot 23 \cdot 10^{-6} \\ &= 18,6947 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_G &= \frac{1}{8} \cdot w_G \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 18,6947 \cdot 25^2 \\ &= 1460,5225 \text{ kNm} \end{aligned}$$

5. Momen yang bekerja saat transfer

$$\begin{aligned} M_o &= M_D + (0,35 \cdot M_G) \\ &= 1937,2656 + (0,35 \cdot 1460,5225) \\ &= 2138,5654 \text{ kNm} \end{aligned}$$

## 6. Momen inersia penampang bruto

$$\begin{aligned}
 I &= (1/12 \cdot b \cdot h^3) \\
 &= 1/12 \cdot 637,5 \cdot 1275^3 \\
 &= 1,1011 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

## 7. Jari-jari putar penampang netto

$$\begin{aligned}
 r^2 &= I/A_{c \text{ bruto}} \\
 &= 1,1011 \cdot 10^{11} / 812812,5000 \\
 &= 13,5469 \cdot 10^4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

## 9. Modulus tampang netto

## 1). Serat atas

$$\begin{aligned}
 S^t &= I/C^t \\
 &= 1,1011 \cdot 10^{11} / 637,5 \\
 &= 172,7227 \cdot 10^6 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

## 2). Serat bawah

$$\begin{aligned}
 S_b &= I/C_b \\
 &= 1,1011 \cdot 10^{11} / 637,5 \\
 &= 172,7227 \cdot 10^6 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$S^t = S_b = 172,7227 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 > 16,7624 \cdot 10^7 \text{ mm}^3 \text{ (ok)}$$

## 10. Kontrol tegangan saat transfer

## a. Serat atas

$$\begin{aligned}
 f^t &= -\frac{P_i}{A_{c \text{ bruto}}} \left( 1 - \frac{e_c \cdot C^t}{r^2} \right) - \frac{M_o}{S^t} \leq f_u \\
 f^t &= -\frac{9781,2490 \cdot 10^3}{812812,5000} \left[ 1 - \frac{457 \cdot 637,5}{13,5469 \cdot 10^4} \right] - \frac{2138,5654 \cdot 10^6}{172,7227 \cdot 10^6} \\
 &= 1,4645 \text{ N/mm}^2 = 1,4645 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\text{jadi, } f_{ci} = 1,4645 \text{ MPa} \leq f^t = 1,6346 \text{ MPa} \text{ (OK)}$$

b. Serat bawah

$$f_b = -\frac{P_i}{A_c \text{bruto}} \left(1 + \frac{e_c C_b}{r^2}\right) + \frac{M_o}{S_b} \leq f_{ti}$$

$$f_b = -\frac{9781,2490 \cdot 10^3}{812812,5000} \left[1 + \frac{457,637,5}{13,5469 \cdot 10^4}\right] + \frac{2138,5654 \cdot 10^6}{172,7227 \cdot 10^6}$$

$$= -25,5321 \text{ N/mm}^2 = -25,5321 \text{ MPa}$$

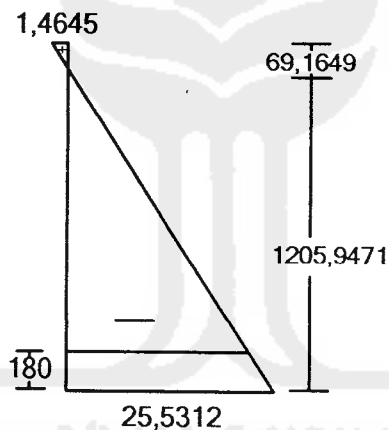
jadi,  $f_{ti} = -25,5321 \text{ MPa} \leq f_b = -25,65 \text{ MPa}$  (ok)

Seluruh tegangan yang terjadi  $\leq$  dari tegangan ijin.

Jadi, penampang balok dengan dimensi 1275 mm x 637,5 mm dapat dipakai.

$$y_2 = \frac{f_t}{f_t + f_b} \cdot h = \frac{1,4645}{1,4645 + 25,5321} \cdot 1275 = 69,1649 \text{ mm}$$

$$y_1 = 1275 - 69,1649 = 1205,8351 \text{ mm}$$



Gambar 5.5 Diagram Tegangan Saat Transfer

### 5.8.2. Saat Layan

Saat layan digunakan penampang transformasi karena beban sudah bekerja

## 1. Luas penampang transformasi

$$\begin{aligned}
 A_{c\text{trans}} &= (b \cdot h) + ((n_{ps} - 1) \times A_{tendon}) \\
 &= (637,5 \cdot 1275) + ((6,2800 - 1) \cdot 7090,9720) \\
 &= 850334,4391 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

## 2. Letak titik berat penampang

$$\begin{aligned}
 C' &= \frac{(h \cdot b \cdot 0,5 \cdot h) + ((n_{ps} - 1) \cdot n_{tendon} \cdot A_{tendon} \cdot d_p)}{A_{c\text{trans}}} \\
 &= \frac{(1275 \cdot 637,5 \cdot 637,5) - ((6,2800 - 1) \cdot 6810,3 \cdot (1275 - 180,5))}{850334,4391} \\
 &= 657,6656 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= h - C' \\
 &= 1275 - 657,6656 = 617,3344 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## 3. Eksentrisitas penampang transformasi

$$\begin{aligned}
 e_c &= C_b - d' \\
 &= 617,3344 - 180,5 \\
 &= 436,8344 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## 4. Momen total

$$\begin{aligned}
 M_T &= M_D + M_L + M_G \\
 &= (1937,2656 + 1953,1250 + 1460,5225) \cdot 10^6 \\
 &= 5350,9131 \cdot 10^6 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

## 5. Momen inersia penampang transformasi

$$\begin{aligned}
 I &= (1/12 \cdot b \cdot h^3) + (h \cdot b \cdot (\frac{1}{2} \cdot h - C')^2) + ((n_{ps} - 1) \cdot A_{tendon} \cdot (e_c - d')^2) \\
 &= (1/12 \cdot 637,5 \cdot 1275^3) + (1275 \cdot 637,5 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 1275 - 657,6656)^2) + \\
 &\quad ((6,2800 - 1) \cdot 7090,9720 \cdot (436,8344 - 180,5)^2) \\
 &= 1,1760 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

## 6. Jari-jari putar penampang transformasi

$$\begin{aligned}
 r^2 &= I/A_{c\text{ trans}} \\
 &= 1,1760 \cdot 10^{11} / 850334,4391 \\
 &= 13,8300 \cdot 10^4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

## 7. Modulus tampang transformasi

$$\begin{aligned}
 S^t &= I/C^t \\
 &= 1,1760 \cdot 10^{11} / 657,6656 \\
 &= 190,4986 \cdot 10^6 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_b &= I/C_b \\
 &= 1,1760 \cdot 10^{11} / 617,3344 \\
 &= 178,8163 \cdot 10^6 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

## 8. Saat layan

## a. Serat atas

$$f^t = -\frac{P_e}{A_{c\text{ trans}}} \left( 1 - \frac{e_c \cdot C^t}{r^2} \right) - \frac{M_T}{S^t} \leq f_{ts}$$

$$\begin{aligned}
 f^t &= -\frac{8180,4320 \cdot 10^3}{850334,4391} \left[ 1 - \frac{434,9792 \cdot 657,6656}{13,8300 \cdot 10^4} \right] - \frac{5350,9131 \cdot 10^6}{190,4986 \cdot 10^6} \\
 &= -17,7251 \text{ N/mm}^2 = -17,7251 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\text{jadi, } f^t = -17,7251 \text{ MPa} \leq f_{ts} = -20,25 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

## b. Serat bawah

$$f_b = -\frac{P_e}{A_{c\text{ trans}}} \left( 1 + \frac{e_c \cdot C_b}{r^2} \right) + \frac{M_T}{S_b} \leq f_{cs}$$

$$\begin{aligned}
 f_b &= -\frac{8180,4320 \cdot 10^3}{850334,4391} \left[ 1 + \frac{434,9792 \cdot 617,3344}{13,8300 \cdot 10^4} \right] + \frac{5350,9131 \cdot 10^6}{178,8163 \cdot 10^6} \\
 &= 1,5452 \text{ N/mm}^2 = 1,5452 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\text{jadi, } f_b = 1,5452 \text{ MPa} \leq f_{cs} = 3,3541 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

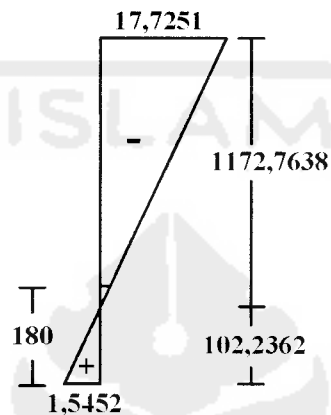


Jadi, penampang balok dengan dimensi 1275 mm x 637,5 mm dapat dipakai dan belum retak.

Seluruh tegangan yang terjadi  $\leq$  dari tegangan ijin.

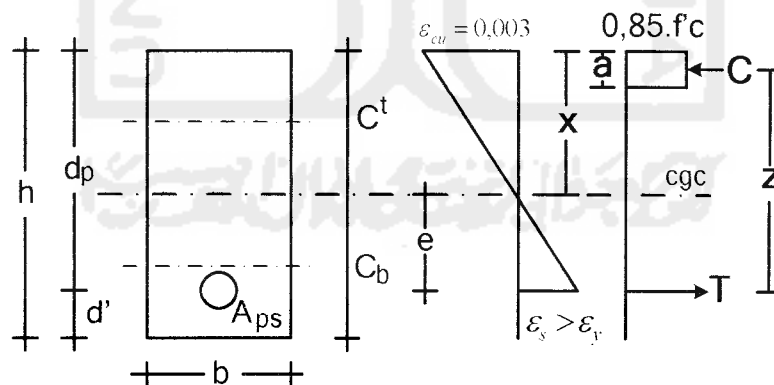
$$y_2 = \frac{f_t}{f_t + f_b} \cdot h = \frac{17,7251}{17,7251 + 1,5452} \cdot 1275 = 1172,7638 \text{ mm}$$

$$y_1 = 1275 - 1172,7638 = 102,2362 \text{ mm}$$



Gambar 5.6 Diagram Tegangan Beton Pada Saat Layan

### 5.9 Kekuatan Lentur Penampang Dengan Tendon Terekat



Gambar 5.7 Penampang dan Gaya-Gaya Dalam

## 1. Beton prategang

a. Koefisien beton ( $f'_c > 30$  MPa)

Dianggap tendon telah leleh pada saat kekuatan batas tercapai, maka :

$$f'_c = 45 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30)$$

$$= 0,85 - 0,008 \cdot (45 - 30) = 0,73 > \beta_1 = 0,65$$

Diambil faktor untuk tipe tendon prategang :  $\gamma_p = 0,40$

## 2. Baja prategang

## a. Rasio penguat prategang

$$\rho_p = \frac{A_{ps}}{b \cdot dp} = \frac{7090,9720}{637,5 \cdot 1094,5} = 0,0102$$

## b. Kuat leleh tendon prategang yang digunakan

$$\frac{f_{py}}{f_{pu}} = 0,85 \text{ maka } f_{py} = 0,85 \cdot f_{pu} = 0,85 \cdot 1860 = 1581 \text{ MPa}$$

## c. Tegangan di batang prategang pada kondisi kuat nominal

$$f_{ps} = f_{pu} \left[ 1 - \frac{\gamma_p \cdot \rho_p \cdot f_{pu}}{\beta_1 \cdot f'_c} \right] = 1860 \cdot \left[ 1 - \frac{0,40 \cdot 0,0102 \cdot 1860}{0,73 \cdot 45} \right] = 1430,9537 \text{ MPa}$$

ternyata  $f_{ps} = 1430,9537 \text{ MPa} < f_{py} = 1581 \text{ MPa}$ ,

maka dipakai  $f_{ps} = 1430,9537 \text{ MPa}$ .

## 3. Keseimbangan gaya dalam

Diperkirakan beton mengalami tekan di tengah bentang

Gaya tekan :  $C = 0,85 \cdot f'_c \cdot (a \cdot b)$

Gaya tarik :  $T = A_{ps} \cdot f_{ps}$

Keseimbangan gaya dalam :  $C = T$

a. Luas beton tekan

$$0,85 \cdot f'_c \cdot (a \cdot b) = A_{ps} \cdot f_{ps}$$

$$(a \cdot b) = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f'_c}$$

$$= \frac{7090,9720 \cdot 1430,9537}{0,85 \cdot 45} = 265854,3556 \text{ mm}^2$$

b. Tinggi blok tekan :  $a = 265854,3556 / 637,5 = 417,0264 \text{ mm}$

c. Lengan gaya dalam :  $z = d_p - (a/2)$   
 $= 1094,5 - (1/2 \cdot 417,0264)$   
 $= 885,9868 \text{ mm}$

d. Gaya tekan :  $C = 0,85 \cdot 45 \cdot 417,0264 \cdot 637,5$   
 $= 10168,9291 \text{ kN}$

4. Kontrol rasio beton prategang yang terjadi

a. Syarat batas kekuatan

$$0,36 \cdot \beta_1 = 0,36 \cdot 0,73 = 0,2628$$

b. Rasio beton prategang

$$\frac{\rho_p \cdot f_{ps}}{f'_c} = \frac{0,0102 \cdot 1434,9765}{45} = 0,3239 > 0,36 \cdot \beta_1 = 0,2628$$

Karena  $\frac{\rho_p \cdot f_{ps}}{f'_c} > 0,36 \cdot \beta_1$ , maka  $M_n$  dihitung berdasarkan gaya tekan

5. Momen nominal :

$$\begin{aligned} M_n &= C \cdot (d_p - a/2) \\ &= 10168,9291 \cdot 885,9868 \cdot 10^{-3} \\ &= 9009,5367 \text{ kNm} \end{aligned}$$

6. Momen ultimit penampang :

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 \cdot M_D + 1,6 \cdot M_L \\ &= 1,2 \cdot (1460,5225 + 1937,2656) + (1,6 \cdot 1953,1250) = 7202,3457 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{n \text{ perlu}} = M_u / \phi = 7202,3457 / 0,8 = 9002,9321 \text{ kNm}$$

Ternyata  $M_{\text{perlu}} = 9002,9321 \text{ kNm} < M_{\text{tersedia}} = 9009,5367 \text{ kNm}$  (aman)

Jadi, pada kondisi kekuatan batas, penampang persegi dengan dimensi 1275 mm x 637,5 mm mampu menahan beban batas yang bekerja.

## 5.10 Analisis Lendutan

### 5.10.1 Lendutan Jangka Pendek

#### 1. Lendutan ke atas (*chamber*)

Sesuai dengan batasan masalah bahwa digunakan tendon parabolis dengan angker terletak di pusat maka lendutan ke atas yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned}\delta_{pi} &= \frac{5 \cdot P_e \cdot L^2}{48 \cdot E_{ci} \cdot I_g} \\ &= \frac{5 \cdot 8799,8188 \cdot 10^3 \cdot 457 \cdot (25 \cdot 10^3)^2}{48 \cdot 30730,2376 \cdot 1,1011 \cdot 10^{11}} \\ &= 77,3755 \text{ mm } (\uparrow)\end{aligned}$$

#### 2. Lendutan ke bawah

Adanya beban mati yang bekerja pada balok dan berat sendiri balok dapat menyebabkan lendutan ke bawah yang besarnya yaitu :

$$\begin{aligned}\delta_D &= \frac{5 \cdot (W_D + W_G) \cdot L^4}{384 \cdot E_{ci} \cdot I_g} \\ &= \frac{5 \cdot ((24,7970 \cdot 0,35) + 18,6947) \cdot (25 \cdot 10^3)^4}{384 \cdot 30730,2376 \cdot 1,1011 \cdot 10^{11}} \\ &= 41,1468 \text{ mm } (\downarrow)\end{aligned}$$

#### 3. Total lendutan jangka pendek

$$\delta_T = \delta_{pi} + \delta_D = 77,3755 - 41,1468 = 36,2287 \text{ mm } (\uparrow)$$

### 5.10.2 Lendutan Dasar

1. Lendutan akibat beban mati

$$\begin{aligned}\delta_D &= \frac{5M_D.L^2}{48.E_c.I_g} \\ &= \frac{5 \times 1937,2656 \times 10^6 \times (25 \times 10^3)^2}{48 \times 31528,5585 \times 1,1011 \cdot 10^{11}} \\ &= 36,3299 \text{ mm } (\downarrow)\end{aligned}$$

2. Lendutan akibat beban gelagar

$$\begin{aligned}\delta_G &= \frac{5M_G.L^2}{48.E_c.I_g} \\ &= \frac{5 \times 1460,5225 \times 10^6 \times (25 \times 10^3)^2}{48 \times 31528,5585 \times 1,1011 \cdot 10^{11}} \\ &= 27,3895 \text{ mm } (\downarrow)\end{aligned}$$

3. Lendutan akibat beban hidup

$$\begin{aligned}\delta_L &= \frac{5M_L.L^2}{48.E_c.I_g} \\ &= \frac{5 \times 1953,1250 \times 10^6 \times (25 \times 10^3)^2}{48 \times 31528,5585 \times 1,1011 \cdot 10^{11}} \\ &= 36,6273 \text{ mm } (\downarrow)\end{aligned}$$

### 5.10.3 Lendutan Jangka Panjang

1. Metode Pengali PCI (*Prestressed Concrete Institute*)

Metode ini menggunakan faktor pengali  $C_1$  pada lampiran 1.d, tabel 1.8, sehingga lendutan yang terjadi pada waktu satu hari adalah :

$$\begin{aligned}\delta_T &= (\delta_{pi} \cdot C_1)(\uparrow) + (\delta_D \cdot C_1)(\downarrow) + (\delta_G \cdot C_1)(\downarrow) + (\delta_L)(\downarrow) \\ &= (77,3755 \cdot 1,80) + (36,3299 \cdot 1,85) + (27,3895 \cdot 3,00) + (36,6273) \\ &= 139,2758 - 67,2103 - 82,1684 - 36,6273 = 46,7302 \text{ mm } (\downarrow)\end{aligned}$$

Kontrol lendutan yang terjadi menggunakan lampiran 1.d, tabel 1.9, yaitu :

$$\frac{L}{240} = \frac{25000}{240} = 104,1667 \text{ mm}' > \delta_T = 46,7302 \text{ mm}' \text{ (aman)}$$

Jadi lendutan total yang terjadi adalah 46,7302 mm ke arah bawah.

## 2. Metode Langkah Waktu Pendekatan (*Aproximate Time Step*)

Lendutan total yang terjadi adalah :

$$\delta_T = -\delta_{pi} + \left[ 1 - \frac{\Delta P}{P_i} + \lambda \cdot (K_{cr} \cdot C_t) \right] + (1 + k_r \cdot C_t) \delta_D + \delta_G (1 + K_a \cdot K_{cr} \cdot C_t) + \delta_L$$

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan prategang total : } \Delta p &= P_i - P_e \\ &= 9781,2490 - 8180,4320 \\ &= 1600,8170 \text{ kN} \end{aligned}$$

Faktor pengali untuk lendutan jangka panjang :

$$\begin{aligned} \lambda &= 1 - \Delta p / 2 \cdot P_i \\ &= 1 - (1600,8170 / 2 \cdot 9781,2490) \\ &= 0,9181 \end{aligned}$$

$$k_r = 1$$

$$\text{Koefisien rangkai pada waktu } t : C_t = \frac{t^{0,6}}{10 + t^{0,6}} \cdot C_u$$

Diambil nilai  $t = 90$  hari dan koefisien rangkai ultimit :  $C_u = 2,35$ , maka :

$$C_t = \frac{90^{0,6}}{10 + 90^{0,6}} \cdot 2,35 = 1,4054$$

Faktor yang berkaitan dengan umur beton untuk beton dengan dirawat lembab

$$\begin{aligned} K_a &= 1,25 \cdot t^{-0,118} \\ &= 1,25 \cdot 90^{-0,118} \\ &= 0,7350 \end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi adalah :

a. Lendutan ke atas (*chamber*)

$$\begin{aligned}\delta_{pi} &= \frac{5.P_i.e_c.L^2}{48.E_c.I_g} \cdot (1 - \Delta p/P_i + \lambda \cdot (k_r.C_i)) \\ &= \frac{5 \times 8180,4320 \times 10^3 \times 457 \times (25 \times 10^3)^2}{48 \times 31528,5585 \times 1,1011 \cdot 10^{11}} \cdot (1 - \frac{1600,8170}{7824,9992} + 0,9182 \cdot 1,1,4054) \\ &= 146,2320 \text{ mm } (\uparrow)\end{aligned}$$

b. Lendutan akibat beban mati

$$\begin{aligned}\delta_D &= \delta_D \cdot (1 + k_r.C_i) \\ &= 36,3299 \times (1 + 0,9182 \cdot 1,4054) \\ &= 73,8593 \text{ mm } (\downarrow)\end{aligned}$$

c. Lendutan akibat beban gelagar

$$\begin{aligned}\delta_G &= \delta_G \cdot (1 + K_a \cdot k_r.C_i) \\ &= 27,3895 \times (1 + 0,7350 \cdot 0,9182 \cdot 1,4054) \\ &= 65,8824 \text{ mm } (\downarrow)\end{aligned}$$

d. Lendutan akibat beban hidup

$$\begin{aligned}\delta_L &= \delta_L \\ &= 36,6273 \text{ mm } (\downarrow)\end{aligned}$$

e. Lendutan total yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned}\delta_T &= \delta_{pi} + \delta_D + \delta_G + \delta_L \\ &= -146,2320 + 73,8593 + 65,8824 + 36,6273 \\ &= 30,1370 \text{ mm } (\downarrow)\end{aligned}$$

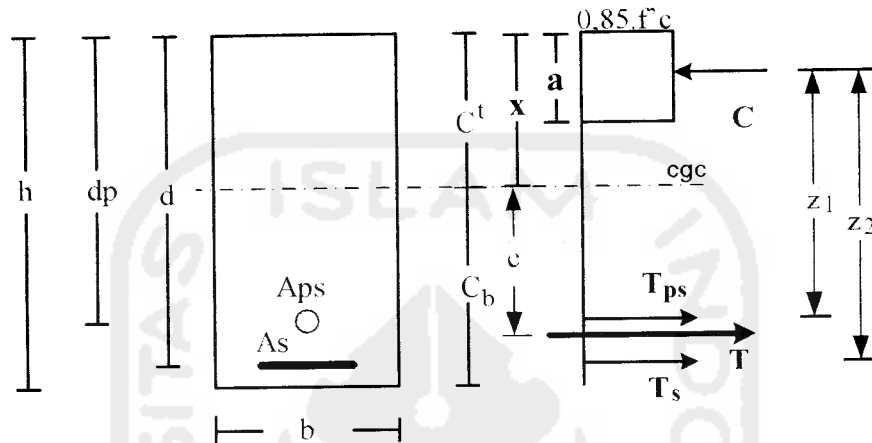
Kontrol lendutan yang terjadi menggunakan lampiran 1.d, tabel 1.9, yaitu :

$$\frac{L}{240} = \frac{25000}{240} = 104,1667 \text{ mm} > \delta_T = 30,1370 \text{ mm} \text{ (aman)}$$

Jadi lendutan yang terjadi sebesar 30,1370 mm ke arah bawah.

### 5.11 Prategang Parsial 75 % Penampang Persegi $h/b = 2$

Sebagai contoh analisis diambil prategang parsial 75%, karena penampang pada kondisi kehilangan gaya prategang sebesar 25% sudah retak. sehingga ada beberapa analisis yang dilakukan berbeda dengan beton prategang penampang tidak retak



Gambar 5.8 Diagram Keseimbangan Gaya-Gaya Dalam, Beton Prategang Parsial

#### 5.11.1 Tendon Yang Digunakan

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tendon yang digunakan} &= 75\% \cdot \text{jumlah kabel tendon } 100\% \\ &= 0,75 \cdot 72 \text{ batang} \\ &= 54,0000 \text{ batang} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tendon yang dipakai} = 54 \text{ batang}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tendon yang digunakan, } A_{ps} &= \text{jumlah batang} \cdot \text{luas 1 batang} \\ &= 54 \cdot 98,7 \text{ mm}^2 \\ &= 5329,8000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

#### 5.11.2 Gaya Prategang Yang Digunakan

$$\begin{aligned} \text{Gaya prategang awal, } P_i &= A_{ps} \cdot f_{pi} \\ &= 5329,8000 \cdot 1376,4 \cdot 10^{-3} \\ &= 7335,9367 \text{ kN} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Gaya prategang efektif, } P_e &= P_i \cdot R \\
 &= 7335,9367 \cdot 0,8 \\
 &= 5868,7494 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

### 5.11.3 Kapasitas Penampang Beton Prategang Parsial

1. Tinggi efektif penampang prategang

$$d_p = h - d' = 1275 + 180,5 = 1094,5 \text{ mm}$$

2. Tinggi efektif penampang non-prategang

$$d = 1275 - 100 = 1175 \text{ mm}$$

3. Dianggap tendon telah leleh pada saat kekuatan batas tercapai, maka :

$$\begin{aligned}
 f_c &= 45 \text{ MPa} = 0,85 - 0,008 (\hat{f}_c - 30) \\
 &= 0,85 - 0,008 \times (45 - 30) = 0,73 > \beta_1 = 0,65
 \end{aligned}$$

4. Tegangan leleh pengganti baja prategang

$$f_{ps} = f_{pu} \left[ 1 - \frac{\gamma_p \cdot \rho_p \cdot f_{pu}}{\beta_1 \cdot f'_c} \right] = 1860 \cdot \left[ 1 - \frac{0,40 \cdot 0,0102 \cdot 1860}{0,73 \cdot 45} \right] = 1434,9765 \text{ MPa}$$

ternyata  $f_{ps} = 1430,9537 \text{ MPa} < f_{py} = 1581 \text{ MPa}$ ,  
maka dipakai  $f_{ps} = 1430,9537 \text{ MPa}$ .

5. Gaya-gaya dalam yang terjadi

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya tekan } C &= 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \\
 &= 0,85 \cdot 45 \cdot 637,5 \cdot a \\
 &= 24384,3750 \cdot a \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya tarik baja prategang } T_{ps} &= A_{ps} \cdot f_{ps} \\
 &= 5329,8000 \cdot 1430,9537 \\
 &= 7626696,8255 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan non-prategang dengan  $\emptyset 25 \text{ mm}$  sebanyak 5 batang

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan non-prategang, } A_s &= 14 \cdot (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2) \\
 &= 14 \cdot (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2) \\
 &= 6868,7500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya tarik baja non-prategang, } T_s &= A_s \cdot f_y \\ &= 6868,7500 \cdot 400 \\ &= 2747500 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6. \text{ Keseimbangan gaya-gaya dalam } C &= T_{ps} + T_s \\ 24384,3750 \cdot a &= 7626696,8255 + 2747500 \\ a &= 10374196,8255 / 24384,3750 \\ &= 425,4444 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Jadi tinggi blok tekan} = 425,4444 \text{ mm}$$

$$\text{Letak garis netral, } x = a / \beta_1 = 425,4444 / 0,73 = 582,8006 \text{ mm}$$

Regangan tulangan non-prategang

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{d-x}{x} \cdot 0,003 \\ &= \frac{1175 - 582,8006}{582,8006} \cdot 0,003 = 0,0030 > \varepsilon_y = 0,003 \end{aligned}$$

Jadi tulangan non-prategang telah leleh

7. Momen nominal penampang dihitung berdasarkan gaya tarik

Lengan gaya dalam

$$\begin{aligned} z_1 &= d_p - a/2 \\ &= 1094,5 - (425,4444/2) \\ &= 881,7778 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_2 &= d - a/2 \\ &= 1175 - (425,4444/2) \\ &= 962,2778 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (T_{ps} \cdot z_1 + T_s \cdot z_2) \cdot 10^{-6} \\ &= ((7626696,8255 \cdot 881,7778) + (2747500 \cdot 962,2778)) \cdot 10^{-6} \\ &= 9368,91000 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Ternyata  $M_{n\text{perlu}} = 9002,9321 \text{ kNm} < M_{n\text{tersedia}} = 9368,9100 \text{ kNm}$  (**aman**)

#### 5.11.4 Kehilangan Tegangan

Besarnya kehilangan tegangan sesaat maupun besarnya kehilangan tegangan akibat waktu pada beton prategang parsial sama dengan besarnya kehilangan tegangan sesaat maupun besarnya kehilangan tegangan akibat waktu pada beton prategang penuh, karena menggunakan dasar yang sama yaitu penampang bruto.

##### 1. Keadaan setelah kehilangan tegangan sesaat

- a. Total kehilangan tegangan

$$\begin{aligned}\Delta f_{pT} &= \Delta f_{pA} + \Delta f_{pES} + \Delta f_{pF} \\ &= 51,4800 + 0 + 86,6251 \\ &= 138,1051 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- b. Tegangan pada tendon yang digunakan

$$\begin{aligned}f_{pi}' &= f_{pi} - \Delta f_{pT} \\ &= 1376,4000 - 138,1051 \\ &= 1238,1949 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- c. Gaya prategang yang digunakan

$$\begin{aligned}P_i &= f_{pi}' \cdot A_{ps}' \\ &= 1238,1949 \cdot 5329,8000 \cdot 10^{-3} \\ &= 6599,8641 \text{ kN}\end{aligned}$$

##### 2. Keadaan setelah kehilangan tegangan akibat waktu

- a. Total kehilangan tegangan

$$\begin{aligned}\Delta f_{pT} &= \Delta f_{pR} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pSH} \\ &= 21,4008 + 53,3440 - 85,9030 + 98,3172 \\ &= 87,1590 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- b. Tegangan pada tendon yang digunakan

$$\begin{aligned}f_{pe}' &= f_{pi}' - \Delta f_{pT} \\ &= 1238,1949 - 87,1590 = 1151,1359 \text{ MPa}\end{aligned}$$

c. Gaya prategang yang digunakan

$$\begin{aligned} P_e &= f_{pe}' \cdot A_{ps}' \\ &= 1151,1359 \cdot 5329,8000 \cdot 10^{-3} \\ &= 6503,7376 \text{ kN} \end{aligned}$$

### 3. Prosentase kehilangan gaya prategang

$$\begin{aligned} \text{LOF} &= ((P_i - P_e)/P_i) \cdot 100\% \\ &= ((6599,8641 - 6503,7376)/6599,8641) \cdot 100\% \\ &= 11,3441 \text{ \%} \end{aligned}$$

#### 5.11.5 Kontrol tegangan

##### 1. Saat transfer

Kontrol tegangan saat transfer menggunakan penampang bruto

a. Luas penampang bruto

$$\begin{aligned} A_{c \text{ bruto}} &= (b \cdot h) \\ &= 637,5 \cdot 1275 \\ &= 812812,5000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Letak titik berat penampang

$$\begin{aligned} C' &= \frac{h}{2} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1275 = 637,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= h - C' \\ &= 1275 - 637,5 = 637,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Eksentrisitas penampang netto

$$\begin{aligned} e_c &= C_b - d' \\ &= 637,5 - 180,5 = 457 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. Momen inersia penampang bruto

$$\begin{aligned} I &= (1/12 \cdot b \cdot h^3) \\ &= 1/12 \cdot 637,5 \cdot 1275^3 = 1,1011 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

e. Jari-jari putar penampang netto

$$\begin{aligned} r^2 &= I/A_c \text{ bruto} \\ &= 1,1011 \cdot 10^{11} / 812812,5000 \\ &= 13,5469 \cdot 10^4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

f. Modulus tampang netto

$$\begin{aligned} S^t &= I/C^t \\ &= 1,1011 \cdot 10^{11} / 637,5 \\ &= 172,7227 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ S_b &= I/C_b \\ &= 1,1011 \cdot 10^{11} / 637,5 \\ &= 172,7227 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ S^t &= S_b = 172,7227 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 > 16,7624 \cdot 10^7 \text{ mm}^3 \text{ (ok)} \end{aligned}$$

g. Kontrol tegangan saat transfer

1). Serat atas

$$\begin{aligned} f^t &= -\frac{P_i}{A_c \text{ bruto}} \left( 1 - \frac{e_c \cdot C^t}{r^2} \right) - \frac{M_o}{S^t} \leq f_u \\ f^t &= -\frac{7335,9367 \cdot 10^3}{812812,5000} \left[ 1 - \frac{457,637,5}{13,5469 \cdot 10^4} \right] - \frac{2138,5654 \cdot 10^6}{172,7227 \cdot 10^6} \\ &= -1,9970 \text{ N/mm}^2 = -1,9970 \text{ MPa} \end{aligned}$$

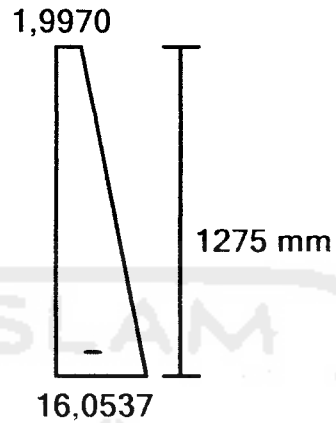
jadi,  $-1,9970 \text{ MPa} \leq -25,65 \text{ MPa}$  (OK)

2). Serat bawah

$$\begin{aligned} f_b &= -\frac{P_i}{A_c \text{ bruto}} \left( 1 + \frac{e_c \cdot C_b}{r^2} \right) + \frac{M_o}{S_b} \leq f_u \\ f_b &= -\frac{7335,9367 \cdot 10^3}{812812,5000} \left[ 1 + \frac{457,637,5}{13,5469 \cdot 10^4} \right] + \frac{2138,5654 \cdot 10^6}{172,7227 \cdot 10^6} \\ &= -16,5321 \text{ N/mm}^2 = -16,5321 \text{ MPa} \end{aligned}$$

jadi,  $-16,5321 \text{ MPa} \leq -25,65 \text{ MPa}$  (ok)

Seluruh tegangan yang terjadi  $\leq$  dari tegangan ijin.



Gambar 5.9 Diagram Tegangan Pada Pusat Beton Prategang

## 2. Saat layan

Saat layan digunakan penampang transformasi

- a. Tegangan efektif tendon ( $f_{pe}$ )

$$\begin{aligned} f_{pe} &= f_{pi} - \Delta f_{pT} \\ &= 1238,2949 - 18,0357 \\ &= 1220,2592 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- b. Gaya prategang efektif ( $P_e$ )

$$\begin{aligned} P_e &= f_{pe} \cdot A_{ps} \\ &= 1220,2592 \cdot 5329,8000 \cdot 10^{-3} \\ &= 6503,7376 \text{ kN} \end{aligned}$$

- c. Momen total prategang ( $M_{Tps 75\%}$ )

$$\begin{aligned} M_{Tps 75\%} &= \%prategang \cdot M_T \\ &= 0,75 \cdot 5350,9131 \\ &= 4013,1848 \end{aligned}$$

d. Momen total non-prategang ( $M_{Ts\ 75\%}$ )

$$\begin{aligned} M_{Ts} &= M_T \cdot M_{Tps\ 75\%} \\ &= 5350,9131 - 4013,1848 = 1337,7283 \text{ kNm} \end{aligned}$$

1). Baja prategang

a). Luas penampang transformasi

$$\begin{aligned} A_{c\ trans} &= (b \cdot h) + ((n_{ps}-1) \cdot A_{tendon}) \\ &= (637,5 \cdot 1275) + ((6,2800 - 1) \cdot 5329,8000) \\ &= 840953,9543 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b). Letak titik berat penampang

$$\begin{aligned} C' &= \frac{(h \cdot b \cdot 0,5 \cdot h) + ((n_{ps} - 1) \cdot n_{tendon} \cdot A_{tendon} \cdot d_p)}{A_{c\ trans}} \\ &= \frac{(1275 \cdot 637,5 \cdot 637,5) + ((6,2800 - 1) \cdot 5329,8000)}{840953,9543} \end{aligned}$$

$$= 652,7929 \text{ mm}$$

$$C_b = h - C'$$

$$= 1275 - 652,7929$$

$$= 622,2071 \text{ mm}$$

c). Momen inersia penampang transformasi

$$\begin{aligned} I &= (1/12 \cdot b \cdot h^3) + (h \cdot b \cdot (\frac{1}{2} \cdot h - C')^2) + ((n_{ps} - 1) \cdot A_{tendon} \cdot (d_p - C')^2) \\ &= (1/12 \cdot 637,5 \cdot 1275^3) + (1275 \cdot 637,5 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 1275 - 652,7929)^2) + ((6,2800 - 1) \cdot 5329,8000 \cdot (1094,5 - 652,7929)^2) \\ &= 1,1579 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

d). Jari-jari putar penampang transformasi

$$\begin{aligned} r^2 &= I/A_{c\ trans} \\ &= 1,1579 \cdot 10^{11} / 840953,9543 \\ &= 13,7690 \cdot 10^4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

e). Modulus tampang transformasi

$$\begin{aligned} S' &= I/C' \\ &= 1,1579 \cdot 10^{11} / 652,7929 \\ &= 177,3783 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_b &= I/C_b \\ &= 1,1579 \cdot 10^{11} / 622,2071 \\ &= 186,0977 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

f). Eksentrisitas penampang

$$\begin{aligned} e_c &= C_b - d' \\ &= 622,2071 - 180,5000 \\ &= 441,7071 \text{ mm} \end{aligned}$$

g). Tegangan yang terjadi

1.a). serat atas

$$\begin{aligned} f'_{ps} &= -\frac{P_e}{A_c trans} \left( 1 - \frac{e_c \cdot C'}{r^2} \right) - \frac{M_{Tps75\%}}{S'} \leq f_{ls} \\ f'_{ps} &= -\frac{6503,7376 \cdot 10^3}{840953,9543} \left[ 1 - \frac{441,7071 \cdot 652,7929}{13,7690 \cdot 10^4} \right] - \frac{4013,1848 \cdot 10^6}{177,3783 \cdot 10^6} \\ &= -14,1632 \text{ N/mm}^2 = -14,1632 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{jadi, } f'_{ps} = -14,1632 \text{ MPa} \leq f_{ls} = -20,25 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

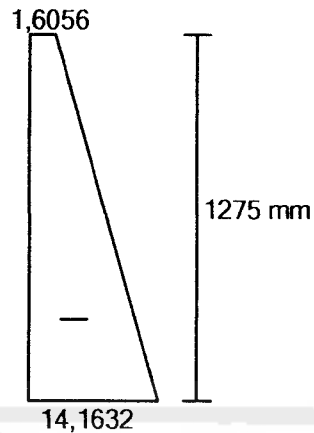
2.b). serat bawah

$$\begin{aligned} f_b ps &= -\frac{P_e}{A_c trans} \left( 1 + \frac{e_c \cdot C'}{r^2} \right) + \frac{M_{Tps75\%}}{S'} \leq f_{ls} \\ f_b ps &= -\frac{6503,7376 \cdot 10^3}{840953,9543} \left[ 1 + \frac{441,7071 \cdot 622,2071}{13,7690 \cdot 10^4} \right] + \frac{4013,1848 \cdot 10^6}{186,0977 \cdot 10^6} \\ &= -1,6056 \text{ N/mm}^2 = -1,6056 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{jadi, } f_b ps = -1,6056 \text{ MPa} \leq f_{cs} = -20,25 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

Seluruh tegangan yang terjadi  $\leq$  dari tegangan ijin.





Gambar 5.10 Diagram Tegangan Beton Akibat Baja Prategang

2). Baja non-prategang

a). Luas penampang transformasi

$$\begin{aligned} A_{c\text{trans}} &= (b \cdot h) + ((n_s - 1) \cdot A_{tulangan}) \\ &= (637,5 \cdot 1275) + ((6,3435 - 1) \cdot 5887,5000) \\ &= 844272,0928 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b). Letak titik berat penampang

$$\begin{aligned} C^t &= \frac{(h \cdot b \cdot 0,5 \cdot h) + ((n_s - 1) \cdot n_{tul} \cdot A_{tul} \cdot d)}{A_{c\text{trans}}} \\ &= \frac{(1275 \cdot 637,5 \cdot 0,5 \cdot 1275) + ((6,3435 - 1) \cdot 5887,5000 \cdot 1175)}{844272,0928} \\ &= 657,5285 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= h - C^t \\ &= 1275 - 657,5285 \\ &= 617,4715 \text{ mm} \end{aligned}$$

c). Momen inersia penampang transformasi

$$\begin{aligned} I &= (1/12 \cdot b \cdot h^3) + (h \cdot b \cdot (\frac{1}{2} \cdot h - C^t)^2) + ((n_s - 1) \cdot A_{tul} \cdot (d - C^t)^2) \\ &= (1/12 \cdot 637,5 \cdot 1275^3) + (1275 \cdot 637,5 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 1275 - 657,5285)^2) + ((6,3435 - 1) \cdot 5887,5000 \cdot (1175 - 657,5285)^2) \\ &= 1,1886 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

d). Jari-jari putar penampang transformasi

$$\begin{aligned} r^2 &= I/A_{c \text{ trans}} \\ &= 1,1886 \cdot 10^{11} / 844272,0928 \\ &= 14,0785 \cdot 10^4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

e). Modulus tampang transformasi

$$\begin{aligned} S' &= I/C' \\ &= 1,1886 \cdot 10^{11} / 657,5285 \\ &= 180,7692 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_b &= I/C_b \\ &= 1,1886 \cdot 10^{11} / 617,4715 \\ &= 192,4962 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

f). Eksentrisitas penampang transformasi

$$\begin{aligned} e_c &= C_b - d' \\ &= 617,4715 - 180,5000 \\ &= 436,9715 \text{ mm} \end{aligned}$$

g). Saat layan

1.a). serat atas

$$\begin{aligned} f'_{ts} &= - \frac{M_{Ts75^\circ}}{S'} \\ f'_{ts} &= - 1337,7283 \cdot 10^6 / 180,7692 \cdot 10^6 \\ &= - 7,4002 \text{ N/mm}^2 = - 7,4002 \text{ MPa} \end{aligned}$$

jadi,  $f'_{ts} = - 7,4002 \text{ MPa} \leq f_{ts} = -20,25 \text{ MPa}$  (OK)

2.b). serat bawah

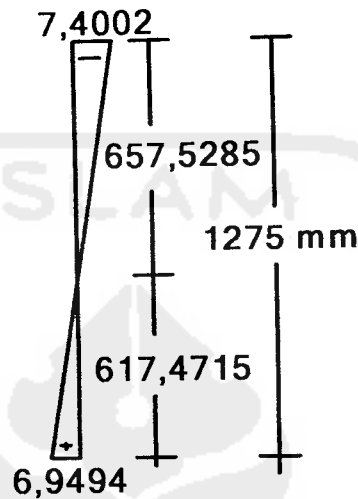
$$\begin{aligned} f_{bs} &= - \frac{M_{Ts75^\circ}}{S_b} \\ f_{bs} &= - 1337,7283 \cdot 10^6 / 192,4962 \cdot 10^6 \\ &= 6,9494 \text{ N/mm}^2 = 6,9494 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{jadi, } f_{b,s} = 6,9494 \text{ MPa} \leq f_{cs} = -20,25 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

Seluruh tegangan yang terjadi  $\leq$  dari tegangan ijin.

$$y_2 = \frac{f_t}{f_t + f_b} \cdot h = \frac{7,4002}{7,4002 + 6,9494} \cdot 1275 = 657,5285 \text{ mm}$$

$$y_1 = 1275 - 657,5285 = 617,4715 \text{ mm}$$



Gambar 5.11 Diagram Tegangan Beton Akibat Baja Non-Prategang

3). Tegangan total yang terjadi

a). Serat atas

$$\begin{aligned} f'_{t} &= f'_{ps} + f'_{s} \\ &= -14,1632 + (-7,4002) \\ &= 21,5634 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$f'_{t} = 21,5634 \text{ MPa} < f_{cs} \text{ seluruh} = 27,0000 \text{ MPa} \quad (\text{Ok})$$

b). Serat bawah

$$\begin{aligned} f'_{b} &= f_{b,ps} + f_{b,s} \\ &= -1,6056 + 6,9494 \\ &= 5,3438 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$f'_{b} = 5,3438 \text{ MPa} > f_{is} = 3,3541 \text{ MPa}$$

$$f' b = 5,3438 \text{ MPa} > f_r = 4,6957 \text{ MPa}$$

jadi  $f' b > f_{ts}$  dan  $f' b > f_r$ , maka **beton retak**

### 5.11.6 Analisis Lendutan

#### 1. Lendutan ke atas (*chamber*)

Sesuai dengan batasan masalah bahwa digunakan tendon parabolis dengan angker terletak di pusat maka untuk menghitung lendutan ke atas yang terjadi digunakan persamaan 3.75, yaitu :

$$\begin{aligned} \delta_{pi} &= \frac{5.P_i.e_c.L^2}{48.E_c.I} \\ &= \frac{5.6599,8641.10^3.457.(25.10^3)^2}{48.30730,2376.1,1011.10^{11}} \\ &= 58,0316 \text{ mm } (\uparrow) \end{aligned}$$

#### 2. Lendutan ke bawah

Adanya beban mati yang bekerja pada balok dan berat sendiri balok dapat menyebabkan lendutan ke bawah yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan 3.76, yaitu :

$$\begin{aligned} \delta_D &= \frac{5.(W_D + W_G).L^4}{384.E_{ci}.I_g} \\ &= \frac{5.((24,7970.0,35) + 18,6947).(25.10^3)^4}{384.30730,2376.1,1011.10^{11}} = 41,1468 \text{ mm } (\downarrow) \end{aligned}$$

#### 3. Total lendutan jangka pendek

$$\delta_T = \delta_{pi} + \delta_D = 58,0316 - 41,1468 = 16,8848 \text{ mm } (\uparrow)$$

#### 4. Lendutan jangka panjang

##### a. Momen retak

Setelah ditinjau dari tegangan serat beton, terlihat bahwa beton telah retak, maka penampang perlu juga ditinjau dari momen retak apakah telah dilewati oleh momen yang bekerja atau belum.

$$\begin{aligned} M_{cr} &= S_b \left[ f_r + \frac{P_e}{A_c} \left( 1 + \frac{e \cdot c_b}{r^2} \right) \right] \\ &= 188,7905 \cdot 10^6 \left[ 4,6957 + \frac{7557,5692 \cdot 10^3}{846686,4728} \left( 1 + \frac{438,7165 \cdot 619,2165}{13,8070 \cdot 10^4} \right) \right] \cdot 10^6 \\ &= 5887,2963 \text{ kNm} \end{aligned}$$

##### b. Momen beban maksimum tak terfaktor

$$\begin{aligned} M_a &= M_D + M_L + M_G \\ &= 1937,2656 + 1953,1250 + 1460,5225 \\ &= 5350,9131 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Ternyata  $M_{cr} > M_a$ , maka benar bahwa penampang telah retak sehingga digunakan penampang efektif.

##### c. Momen inersia retak

$$I_{cr} = (n_p \cdot A_{ps}' \cdot d_p^2 + n_s \cdot A_s \cdot d^2) \cdot (1 - 1,6 \cdot \sqrt{n_p \cdot \rho_p + n_s \cdot \rho})$$

##### 1). Rasio penguat baja prategang ( $\rho_p$ )

$$\begin{aligned} \rho_p &= A_{ps}' / (b \cdot d_p) \\ &= 5329,8000 / (637,5 \cdot 1094,5) \\ &= 0,0076 \end{aligned}$$

##### 2). Rasio penguat baja non-prategang

$$\begin{aligned} \rho &= A_s' / (b \cdot d) \\ &= 5887,5000 / (637,5 \cdot 1175,0) \\ &= 0,0079 \end{aligned}$$

## 3). Momen inersia retak

$$I_{cr} = (6,28.5329,8.1094,5^2 + 6,3435.5887,5.1175^2) \\ (1-1,6.\sqrt{6,28.0,0079 + 6,3435.0,0079}) \\ = 0,4579.10^{11}$$

## d. Momen inersia retak

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right) I_{cr} \\ = \left(\frac{5887,2963}{5350,9131}\right)^3 .1,1011.10^{11} + \left(1 - \left(\frac{5887,2963}{5350,9131}\right)^3\right) .0,4579.10^{11} \\ = 1,0434.10^{11} \text{ mm}^4$$

## e. Beban yang terjadi pada beton prategang parsial

Khusus pada beton prategang parsial beban-beban yang terjadi dipisahkan antara beban yang di dukung oleh baja prategang dan beban yang didukung oleh baja non-prategang.

## 1). Beban yang didukung baja prategang

a). Beban mati ( $w_D$ )

$$w_D = 24,7970 \text{ kN/m}' \text{ (tidak berubah, lihat analisis prategang full)}$$

b). Beban gelagar ( $w_G$ )

$$w_G = 18,6947 \text{ kN/m}' \text{ (tidak berubah, lihat sub-bab prategang full)}$$

c). Beban hidup ( $w_L$ )

$$w_{Lps} = \%prategang.w_T \\ = 0,75 . 68,4917 \\ = 7,8771 \text{ kN/m}'$$

## 2). Beban yang didukung baja non-prategang

a). Beban hidup ( $w_L$ )

$$\begin{aligned}
 w_{Ls} &= \%prategang \cdot w_T - (w_D + w_G) \\
 &= 0,25 \cdot 68,4917 - (24,7970 + 18,6947) \\
 &= 17,1229 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

## f. Lendutan dasar

## 1). Akibat beban mati

$$\begin{aligned}
 \delta_D &= \frac{5 \cdot w_D \cdot L^4}{384 \cdot E_c \cdot I_g} \\
 &= \frac{5 \cdot 24,7970 \cdot (25 \cdot 10^3)^4}{384 \cdot 31528,5585 \cdot 1,1011 \cdot 10^{11}} \\
 &= 36,3299 \text{ mm } (\downarrow)
 \end{aligned}$$

## 2). Akibat beban gelagar

$$\begin{aligned}
 \delta_G &= \frac{5 \cdot w_G \cdot L^4}{384 \cdot E_c \cdot I_e} \\
 &= \frac{5 \cdot 18,6947 \cdot (25 \cdot 10^3)^4}{384 \cdot 31528,5585 \cdot 0,4579 \cdot 10^{11}} \\
 &= 28,9043 \text{ mm } (\downarrow)
 \end{aligned}$$

## 3). Akibat beban hidup

$$\begin{aligned}
 \delta_L &= \frac{5 \cdot w_{Lps} \cdot L^4}{384 \cdot E_c \cdot I_e} + \frac{5 \cdot w_{Ls} \cdot L^4}{384 \cdot E_c \cdot I_e} \\
 &= \frac{5 \cdot 7,8771 \cdot (25 \cdot 10^3)^4}{384 \cdot 31528,5585 \cdot 0,4579 \cdot 10^{11}} + \frac{5 \cdot 17,1229 \cdot (25 \cdot 10^3)^4}{384 \cdot 31528,5585 \cdot 0,4579 \cdot 10^{11}} \\
 &= 37,2656 \text{ mm } (\downarrow)
 \end{aligned}$$

### 5. Lendutan dengan metode pengali PCI (*Prestressed Concrete Institute*)

Metode ini menggunakan faktor pengali  $C_1$  pada lampiran 1.d, tabel 1.8, yang direduksi ( $C_2$ ), yaitu :

#### a. Faktor pengali PCI

##### 1). Akibat lendutan ke atas

$$C_2 = \frac{C_1 + A_s / A_{ps}}{1 + A_s / A_{ps}}$$

$$C_2 = \frac{1,80 + 5887,5 / 5329,8}{1 + 5887,5 / 5329,8} = 1,3801$$

##### 2). Akibat lendutan beban mati

$$C_2 = \frac{C_1 + A_s / A_{ps}}{1 + A_s / A_{ps}}$$

$$C_2 = \frac{1,85 + 5887,5 / 5329,8}{1 + 5887,5 / 5329,8} = 1,4039$$

##### 3). Akibat lendutan beban gelagar

$$C_2 = \frac{C_1 + A_s / A_{ps}}{1 + A_s / A_{ps}}$$

$$C_2 = \frac{3,00 + 5887,5 / 5329,8}{1 + 5887,5 / 5329,8} = 1,9503$$

#### b. Lendutan yang terjadi

$$\begin{aligned} \delta_T &= (\delta_{p_i} \cdot C_2)(\uparrow) + (\delta_D \cdot C_2)(\downarrow) + (\delta_G \cdot C_2)(\downarrow) + (\delta_L)(\downarrow) \\ &= (58,0316 \cdot 1,3801) + (36,3299 \cdot 1,4039) + (28,9043 \cdot 1,9503) + (37,2656) \\ &= 142,2860 - 72,7507 - 85,4880 - 31,7173 \\ &= 47,6699 \text{ mm } (\downarrow) \end{aligned}$$

Kontrol lendutan yang terjadi menggunakan lampiran 1.d, tabel 1.9, yaitu :

$$\frac{L}{480} = \frac{25000}{480} = 50,0833 \text{ mm} > \delta_T = 47,6699 \text{ mm} \text{ (aman)}$$

Jadi lendutan total yang terjadi adalah 47,6699 mm ke arah bawah.



## 6. Metode langkah waktu pendekatan (*Aproximate time step*)

Lendutan total yang terjadi adalah :

$$\delta_T = -\delta_{pi} + \left[ 1 - \frac{\Delta P}{P_i} + \lambda \cdot (K_{cr} \cdot C_t) \right] + (1 + k_r \cdot C_t) \delta_D + \delta_G (1 + K_a \cdot K_{cr} \cdot C_t) + \delta_L$$

Kehilangan prategang total :  $\Delta p = P_i - P_e$

$$= 7335,9367 - 6503,7376$$

$$= 832,1992 \text{ kN}$$

Faktor pengali untuk lendutan jangka panjang :

$$\lambda = 1 - \Delta p / 2 \cdot P_i$$

$$= 1 - (832,1992 / 2 \cdot 7335,9367)$$

$$= 0,9433$$

$$k_r = \frac{1}{1 + (A_s / A_{ps})}$$

$$= \frac{1}{1 + (5887,5 / 5329,8)} = 0,4751$$

$$\text{Koefisien rangkai pada waktu } t : C_t = \frac{t^{0,6}}{10 + t^{0,6}} \cdot C_u$$

Diambil nilai  $t = 90$  hari dan koefisien rangkai ultimit :  $C_u = 2,35$ , maka :

$$C_t = \frac{90^{0,6}}{10 + 90^{0,6}} \cdot 2,35 = 1,4054$$

Faktor yang berkaitan dengan umur beton untuk beton dengan dirawat lembab

$$\begin{aligned} : K_a &= 1,25 \cdot t^{-0,118} \\ &= 1,25 \cdot 90^{-0,118} = 0,7350 \end{aligned}$$

Lendutan total yang terjadi adalah :

a. Lendutan ke atas (*chamber*)

$$\delta_{pi} = \frac{5 \cdot P_i \cdot e_c \cdot L^2}{48 \cdot E_{ci} \cdot I_g} \cdot (1 - \Delta p / P_i + \lambda \cdot (k_r \cdot C_t))$$

$$= \frac{5.6503,7376.10^3.457.(25.10^3)^2}{48.31528,5585.1,1011.10^{11}} \cdot \left(1 - \frac{832,1992}{7335,9367} + 0,9433.0,4751.1,4054\right)$$

$$= 84,5240 \text{ mm } (\uparrow)$$

b. Lendutan akibat beban mati

$$\delta_D = \delta_D \cdot (1 + k_r \cdot C_i)$$

$$= 36,3299 \times (1 + 0,4751 \cdot 1,4054)$$

$$= 54,1616 \text{ mm } (\downarrow)$$

c. Lendutan akibat beban gelagar

$$\delta_G = \delta_G \cdot (1 + K_a \cdot k_r \cdot C_i)$$

$$= 28,9043 \times (1 + 0,7350 \cdot 0,4751 \cdot 1,4054)$$

$$= 48,2054 \text{ mm } (\downarrow)$$

d. Lendutan akibat beban hidup

$$\delta_L = \delta_L$$

$$= 37,2656 \text{ mm } (\downarrow)$$

e. Lendutan total yang terjadi adalah :

$$\delta_T = \delta_{pi} + \delta_D + \delta_G + \delta_L$$

$$= -84,5240 + 54,1616 + 48,2054 + 37,2656$$

$$= 55,1087 \text{ mm}' (\downarrow)$$

Kontrol lendutan yang terjadi menggunakan lampiran 1.d, tabel 1.9, yaitu :

$$\frac{L}{240} = \frac{25000}{240} = 104,1667 \text{ mm}' > \delta_T = 55,1087 \text{ mm}' \text{ (aman)}$$

Jadi lendutan yang terjadi sebesar 55,1087 mm' ke arah bawah.

Proses perencanaan tampang persegi selengkapya dapat dilihat dalam bentuk tabel pada Lampiran A.1 sampai A.5, sedangkan hasil keseluruhannya dapat dilihat pada lampiran D.1.

## 5.12 Penampang Bersayap

Analisis besaran penampang bersayap, yaitu penampang T dan I, analisis kehilangan tegangan, kontrol kehilangan tegangan yang terjadi, dan lendutan pada penampang bersayap, menggunakan metode analisis seperti pada penampang persegi. Perbedaan antara analisis penampang bersayap dengan penampang tidak bersayap terletak pada analisis penentuan dimensi penampang dan analisis kekuatan lentur penampang (Naaman, 1982). Untuk analisis kekuatan lentur penampang bersayap, jika beton tekan terjadi di sayap, maka dianalisis seperti pada penampang persegi, sedangkan jika beton tekan terjadi di badan, maka dianalisis berdasarkan kondisi di sayap dan kondisi di badan.

### 5.12.1 Perencanaan Dimensi Penampang Balok T Dengan $h/b = 2$

Sebagai perencanaan penampang balok T digunakan luasan dan tinggi penampang yang sama dengan penampang persegi (sesuai dengan batasan masalah), yaitu :

$$\text{Luasan penampang : } A_c = 812812,5 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan tabel 1.3 pada lampiran 1.b, diambil :

$$\text{tinggi sayap : } h_f = 0,20.h$$

$$\text{lebar badan : } b_w = 0,40.b_f$$

Dari ketentuan di atas, maka luas penampang T :

$$\begin{aligned} A_c &= b_f \cdot h_f + (b_w \cdot (h - h_f)) \\ &= b_f \cdot 0,2.h + (0,4.b_f \cdot 0,8.h) \\ &= 0,2.(b_f \cdot h) + 0,32.(b_f \cdot h) \\ &= 0,52.(b_f \cdot h) = 0,52.b.h \end{aligned}$$

Untuk  $h/b = 2$ , maka tinggi penampang :

$$b = h/2$$

$$A_c = 0,52.h/2.h = 0,26.h^2$$

$$h = \sqrt{(A_c / 0,26)} = \sqrt{(812812,5 / 0,26)} = 1768,1069 \text{ mm}$$

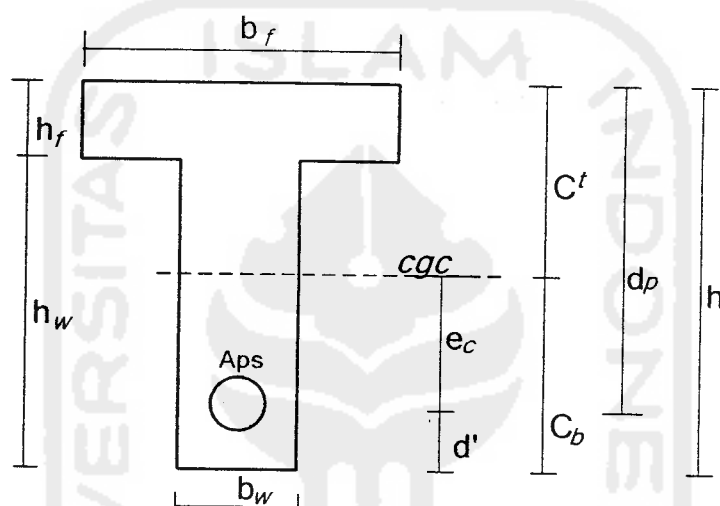
Jadi *properties* penampang balok T, adalah :

$$\text{tinggi sayap : } h_f = 0,20 \cdot h = 0,20 \cdot 1768,1069 = 353,6214 \text{ mm}$$

$$\text{tinggi badan : } h_w = 1768,1069 - 353,6214 = 1414,4855 \text{ mm}$$

$$\text{lebar sayap : } b_f = 1768,1069 / 2 = 884,0534 \text{ mm}$$

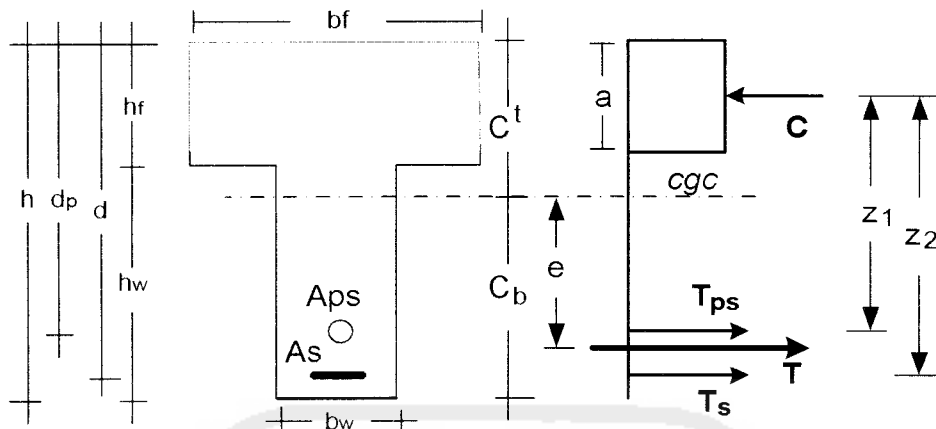
$$\text{lebar badan : } b_w = 0,4 \cdot b_f = 0,5 \cdot 884,0534 = 353,6214 \text{ mm}$$



Gambar 5.12 Penampang  
Balok T

### 5.12.2 Kekuatan Lentur Penampang Dengan Tendon Terekat Balok T

Dianggap luas daerah tekan berada di sayap, sehingga gambar keseimbangan gaya dalam yang terjadi adalah sbb :



Gambar 5.13 Diagram Keseimbangan Gaya-Gaya Dalam

1. Tinggi efektif penampang

$$d_p = h - d' = 1941,4507 - 619,9362 = 1321,5145 \text{ mm}$$

2. Rasio penguat prategang

$$\rho_p = \frac{A_{ps}}{b_f \cdot d_p} = \frac{6756,2820}{970,7253 \cdot 1321,5145} = 0,0055$$

3. Kuat leleh tendon prategang yang digunakan

$$\frac{f_{py}}{f_{pu}} = 0,85 \rightarrow f_{py} = 0,85 \cdot f_{pu} = 0,85 \cdot 1860 = 1581 \text{ MPa}$$

4. Dianggap tendon telah leleh pada saat kekuatan batas tercapai, maka :

$$\begin{aligned} f'_c = 45 \text{ MPa} &\rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30) \\ &= 0,85 - 0,008 \times (45 - 30) = 0,73 > \beta_1 = 0,65 \end{aligned}$$

5. Diambil faktor untuk tipe tendon prategang  $\gamma_p = 0,40$

6. Tegangan di batang prategang pada kondisi kuat nominal

$$f_{ps} = f_{pu} \left[ 1 - \frac{\gamma_p \cdot \rho_p \cdot f_{pu}}{\beta_1 \cdot f'_c} \right] = 1860 \cdot \left[ 1 - \frac{0,40 \cdot 0,0055 \cdot 1860}{0,73 \cdot 45} \right] = 1626,6371 \text{ MPa}$$

ternyata  $f_{ps} = 1626,6371 \text{ MPa} > f_{py} = 1581 \text{ MPa}$ ,

maka dipakai  $f_{ps} = 1581 \text{ MPa}$ .

Diperkirakan beton mengalami tekan di tengah bentang dan besarnya gaya-gaya dalam adalah :

$$\text{Gaya tekan} : C = 0,85.f'_c.(a.b)$$

$$\text{Gaya tarik} : T = A_{ps} \cdot f_{ps}$$

#### 7. Keseimbangan gaya dalam

Keseimbangan gaya dalam  $C = T$  memberikan :

$$(a.b) = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{7106,4000 \cdot 1581}{0,85 \cdot 45} = 293731,2000 \text{ mm}^2$$

$$a = 293731,2000 / 970,7253 = 302,5894 \text{ mm} < h_f = 388,2901 \text{ mm}$$

$$\text{luas flens} = 376923,0769 \text{ mm}^2 > a.b = 293731,2000 \text{ mm}^2 \text{ (anggapan benar)}$$

#### 8. Rasio penampang yang terjadi

$$\frac{\rho_p \cdot f_{ps}}{f'_c} = \frac{0,0055 \cdot 1581}{45} = 0,2002 < 0,36 \cdot \beta_1 = 0,36 \cdot 0,73 = 0,2628$$

berarti memenuhi syarat

#### 9. Kapasitas penampang

$$\begin{aligned} M_n &= T \cdot \left( dp - \frac{a}{2} \right) \\ &= 6756,2820 \cdot 1581 \cdot \left( 1321,5145 - \frac{302,5894}{2} \right) \cdot 10^{-6} \\ &= 12499,9158 \text{ kNm} \end{aligned}$$

#### 10. Momen ultimit penampang :

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 \cdot M_D + 1,6 \cdot M_L \\ &= (1,2 \cdot (1934,0780 + 1760,9375)) + (1,6 \cdot 1562,5000) = 6934,0188 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$M_{n\text{perlu}} = M_u / \phi = 6934,0187 / 0,9 = 7704,4653 \text{ KNm}$$

Ternyata :  $M_{n\text{perlu}} = 7704,4653 \text{ kNm} < M_{n\text{tersedia}} = 12499,9158 \text{ kNm}$  (aman)

Jadi, pada kondisi kekuatan batas, penampang T dengan dimensi (388,2901 x 970,7253) mm x (1553,1605 x 388,2901)mm mampu menahan beban batas yang bekerja.

Proses perencanaan tampang T selengkapnya dapat dilihat dalam bentuk tabel pada Lampiran B.1 sampai B.5, sedangkan hasil keseluruhannya dapat dilihat pada lampiran D.2.

### 5.12.3 Perencanaan Dimensi Penampang Balok I Dengan $h/b = 2$

Sebagai perencanaan penampang balok I dengan  $h/b = 2$  digunakan luasan dan tinggi penampang persegi (sesuai dengan batasan masalah), yaitu :

$$\text{Luasan penampang : } A_c = 812812,5 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan tabel 1.3 pada lampiran 1.b, diambil :

$$\text{tinggi sayap : } h_f = 0,10.h$$

$$\text{lebar badan : } b_w = 0,30. b_f$$

Dari ketentuan di atas, maka luas penampang I :

$$\begin{aligned} A_c &= 2.(b_f . h_f) + (b_w . (h - 2. h_f)) \\ &= 2.(b_f . 0,1.h) + ((b_w . h) - (2.b_w . h_f)) \\ &= 0,2.(b_f . h) + ((0,3. b_f . h) - 2. (0,3. b_f . 0,1. h)) \\ &= 0,2.(b_f . h) + ((0,3.b_f . h) - 0,06.(b_f . h)) \\ &= 0,2.(b_f . h) + 0,24.(b_f . h) \\ &= 0,44.(b_f . h) = 0,44 . b . h \end{aligned}$$

Untuk  $h/b = 2$ , maka tinggi penampang :

$$b = h/2$$

$$A_c = 0,44.h/2.h = 0,22.h^2$$

$$h = \sqrt{(A_c / 0,22)} = \sqrt{(812812,5 / 0,22)} = 1922,1348 \text{ mm}$$

$$\text{lebar penampang : } b = h/2$$

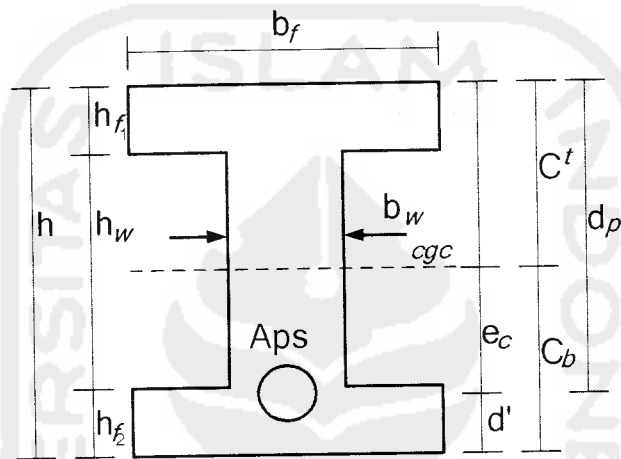
$$= 1922,1348 / 2 = 961,0674 \text{ mm}$$

Sesuai dengan tabel 1.3 pada lampiran 1.b, didapat *properties* penampang :

$$\text{tinggi sayap atas : } h_{f1} = 0,25.h = 0,10. 1922,1348 = 192,2135 \text{ mm}$$

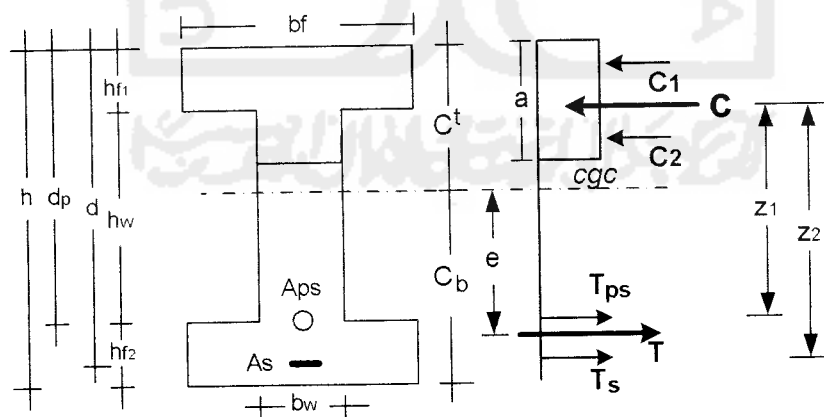
tinggi sayap bawah :  $h_{f2} = 0,25 \cdot h = 0,10 \cdot 1922,1348 = 192,2135 \text{ mm}$   
 tinggi badan :  $h_w = 1922,1348 - 192,213 - 192,2135 = 1537,7079 \text{ mm}$   
 lebar sayap atas :  $b_{f1} = b = 961,0674 \text{ mm}$   
 lebar sayap bawah :  $b_{f2} = b_{f1} = 961,0674 \text{ mm}$   
 lebar badan (web) :  $b_w = 0,3 \cdot b_{f1} = 0,5 \cdot 961,0674 = 288,3202 \text{ mm}$

Berikut penampang I sesuai dengan properties penampang :



Gambar 5.14 Penampang Balok I Simetris

### 5.8 Kekuatan Lentur Penampang Dengan Tendon Terekat



Gambar 5.15 Penampang dan Gaya-Gaya Dalam



## 1. Beton prategang

a. Koefisien beton ( $f'_c > 30$  MPa)

Dianggap tendon telah leleh pada saat kekuatan batas tercapai, maka :

$$f'_c = 45 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30) \\ = 0,85 - 0,008 \cdot (45 - 30) = 0,73 > \beta_1 = 0,65$$

Diambil faktor untuk tipe tendon prategang :  $\gamma_p = 0,40$

## 2. Baja prategang

## a. Rasio penguat prategang

$$\rho_p = \frac{A_{ps}}{b \cdot d_p} = \frac{7106,4000}{637,5 \cdot 1691,0674} = 0,0044$$

## b. Kuat leleh tendon prategang yang digunakan

$$\frac{f_{py}}{f_{pu}} = 0,85 \text{ maka } f_{py} = 0,85 \cdot f_{pu} = 0,85 \cdot 1860 = 1581 \text{ MPa}$$

## c. Tegangan di batang prategang pada kondisi kuat nominal

$$f_{ps} = f_{pu} \left[ 1 - \frac{\gamma_p \cdot \rho_p \cdot f_{pu}}{\beta_1 \cdot f'_c} \right] = 1860 \cdot \left[ 1 - \frac{0,40 \cdot 0,0044 \cdot 1860}{0,73 \cdot 45} \right] = 1675,8018 \text{ MPa}$$

ternyata  $f_{ps} = 1675,8018 \text{ MPa} < f_{py} = 1581 \text{ MPa}$ ,

maka dipakai  $f_{ps} = 1675,8018 \text{ MPa}$ .

## 3. Keseimbangan gaya dalam

Diperkirakan beton mengalami tekan di tengah bentang

Gaya tekan :  $C = 0,85 \cdot f'_c \cdot (a \cdot b)$

Gaya tarik :  $T = A_{ps} \cdot f_{ps}$

Keseimbangan gaya dalam :  $C = T$

- a. Tinggi blok tekan

$$0,85.f'_c.(a.b_w) = A_{ps}.f_{ps}$$

$$a = \frac{(A_{ps}.f_{ps}) - ((0,85.f'_c.(b_{f1} - b_w).h_{f1}))}{0,85.f'_c.b_w}$$

$$= \frac{(7106,4000.1581,0000) - (0,85.45.(961,0674 - 288,3202).192,2135)}{0,85.45.288,3202}$$

$$= 570,2691 \text{ mm} > h_{f1} = 192,2135 \text{ mm}$$

jadi, letak garis netral berada pada badan

- c. Lengan beton tekan bagian sayap

$$\begin{aligned} z_1 &= d_p - (h_{f1}/2) \\ &= 1691,0674 - (1/2.192,2135) \\ &= 1594,9607 \text{ mm} \end{aligned}$$

- d. Lengan beton tekan bagian badan

$$\begin{aligned} z_2 &= d_p - (a/2) \\ &= 1691,0674 - (1/2.570,2691) \\ &= 1405,9329 \text{ mm} \end{aligned}$$

- e. Luas blok tekan bagian sayap

$$\begin{aligned} A_{pf} &= h_{f1}.(b_{f1} - b_w) \\ &= 192,2135 . (961,0674 - 288,3202) \\ &= 129311,0795 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- f. Luas blok tekan bagian badan

$$\begin{aligned} A_{pw} &= a . b_w \\ &= 570,2691 . 288,3202 \\ &= 164420,1205 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- e. Gaya tekan bagian sayap

$$\begin{aligned} C_1 &= A_{pf} . 0,85 . f'_c \\ &= 129311,0795.0,85.45 . 10^{-3} \\ &= 4946,1488 \text{ kN} \end{aligned}$$

f. Gaya tekan bagian badan

$$\begin{aligned} C_2 &= A_{pw} \cdot 0,85 \cdot f'_c \\ &= 164420,1205 \cdot 0,85 \cdot 45 \cdot 10^{-3} \\ &= 6289,0696 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Kontrol rasio beton prategang yang terjadi

a. Syarat kekuatan

$$0,36 \cdot \beta_1 = 0,36 \cdot 0,73 = 0,2628$$

b. Rasio tulangan bagian

$$\begin{aligned} \rho_{pw} &= A_{pw} / (d_p \cdot b_w) \\ &= 164420,1205 / (1691,0674 \cdot 288,3202) \\ &= 0,3372 \end{aligned}$$

c. Rasio beton prategang

$$\frac{\rho_{pw} \cdot f_{ps}}{f'_c} = \frac{0,3372 \cdot 1581,0000}{45} = 11,8478 > 0,36 \cdot \beta_1 = 0,2628$$

Karena  $\frac{\rho_p \cdot f_{ps}}{f'_c} > 0,36 \cdot \beta_1$ , maka  $M_n$  dihitung berdasarkan gaya tekan

5. Momen nominal :

$$\begin{aligned} M_n &= (C_1 \cdot z_1) + (C_2 \cdot z_2) \\ &= (4946,1488 \cdot 1594,9607) + (6289,0696 \cdot 1405,9329) \cdot 10^{-3} \\ &= 16730,9223 \text{ kNm} \end{aligned}$$

6. Momen ultimit penampang :

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 \cdot M_D + 1,6 \cdot M_L \\ &= 1,2 \cdot (1460,5225 + 1937,2656) + (1,6 \cdot 1953,1250) = 7202,3457 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{n \text{ perlu}} = M_u / \phi = 7202,3457 / 0,8 = 9002,9321 \text{ kNm}$$

Ternyata  $M_{n \text{ perlu}} = 9002,9321 \text{ kNm} < M_{n \text{ tersedia}} = 16730,9223 \text{ kNm}$  (aman)

Jadi, pada kondisi kekuatan batas, penampang persegi dengan dimensi 1275 mm x 637,5 mm mampu menahan beban batas yang bekerja.

Proses perencanaan tampak I selengkapnya dapat dilihat dalam bentuk tabel pada Lampiran C.1 sampai C.5, sedangkan hasil keseluruhannya dapat dilihat pada lampiran D.3.



## **BAB VI**

### **PEMBAHASAN HASIL ANALISIS**

#### **6.1 Pendahuluan**

Beberapa hal yang dapat diperoleh dari hasil analisis pengaruh variasi gaya prategang terhadap lendutan pada balok prategang parsial dengan variasi bentuk penampang, terutama mengenai kapasitas penampang elemen struktur terhadap kekuatan lentur, sehingga hasil rancangan dapat meyakinkan dan akan didapatkan penampang yang efektif.

Pada analisis ini dapat diketahui besarnya tegangan yang terjadi pada tahap-tahap tertentu, yaitu pada tahap penarikan (transfer) dan pada tahap beban telah bekerja (layan). Propertis penampang beton parategang penuh menggunakan asumsi bahwa beton belum retak, sedangkan untuk propertis beton prategang parsial menggunakan asumsi bahwa beton telah retak. Baik beton prategang penuh maupun beton prategang parsial, pemeriksaan tegangan pada tahap transfer berupa penampang bruto, sedangkan pada tahap layan berupa penampang transformasi.

Sebagai perbandingan diambil bentuk penampang yang bervariasi, yaitu persegi panjang, T tunggal, dan I simetris dengan luasan penampang, luasan baja prategang, luasan baja non prategang yang sama, dengan perencanaan didasarkan pada penampang persegi-panjang dengan  $h/b = 2$ . Analisis perhitungan menggunakan

program komputer *Microsoft Excel* agar hasil perhitungan lebih akurat dan mudah pengoperasiannya.

Semua tampang menggunakan material sama sehingga propertis penampang dapat dilihat di dalam Lampiran D.1, D.2, dan D.3.

## **6.2 Pembahasan Hasil Perhitungan**

Setiap jenis pembahasan pada bab VI ini, terdapat dua hal utama yang dibahas yaitu pengaruh h/b dan pengaruh prosentase gaya prategang pada beton prategang penuh (100 %) dan beton prategang parsial (kurang dari 100 %), sehingga nantinya akan diperoleh penampang yang optimum berdasarkan jenis pembahasannya.

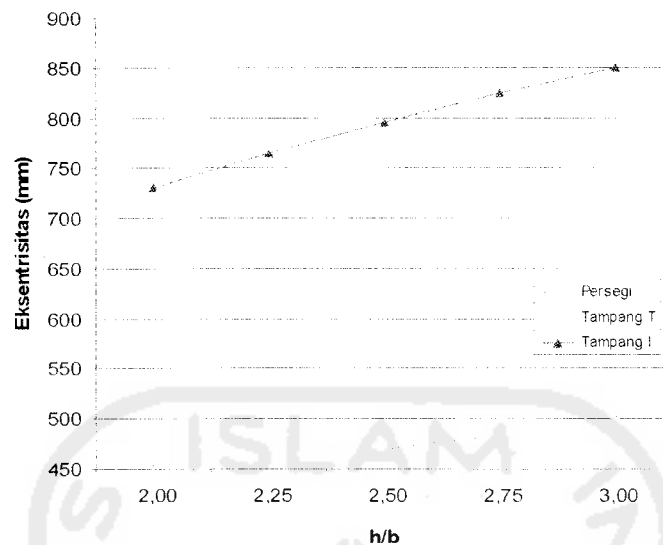
### **6.2.1 Eksentrisitas Tendon**

Eksentrisitas adalah jarak antara pusat gravitasi beton (cgc) dengan pusat gravitasi baja. Eksentrisitas tendon terhadap titik berat penampang ditinjau pada dua kondisi yaitu eksentrisitas saat transfer dengan menggunakan penampang bruto dan eksentrisitas saat layan dengan menggunakan penampang transformasi. Beton prategang parsial mempunyai dua eksentristas yaitu eksentrisitas akibat baja prategang dan eksentrisitas akibat baja non-prategang.

#### **1. Eksentrisitas Tendon Saat Transfer**

##### **a. Hubungan h/b Dengan Eksentrisitas Tendon Saat Tranfer**

Terlihat pada Gambar 6.1 bahwa semakin besar h/b, semakin besar pula eksentrisitasnya. Hal ini disebabkan karena penampangnya semakin langsing, akibatnya jarak garis netral ke serat bawah dan jarak titik tangkap tendon terhadap serat bawah semakin besar.



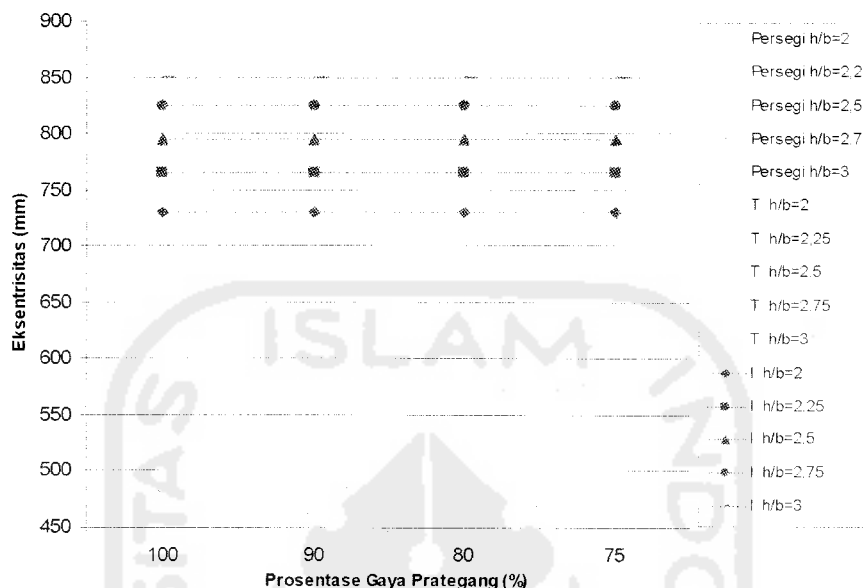
Gambar 6.1: Hubungan  $h/b$  Terhadap Eksentrisitas Tendon Saat Transfer

Gambar 6.1 terlihat bahwa penampang I menghasilkan eksentrisitas saat transfer semakin meningkat seiring dengan bertambah besarnya  $h/b$  daripada penampang T dan penampang persegi, karena dengan adanya dua buah sayap, maka penampang I jauh lebih langsing, sedangkan penampang T eksentrisitasnya masih sedikit lebih besar daripada eksentrisitas penampang persegi, karena penampang T hanya bersayap tunggal.

#### b. Hubungan Prosentase Gaya Prategang Dengan Eksentrisitas Tendon Saat Transfer

Berdasarkan Gambar 6.2 terlihat bahwa penampang I menghasilkan eksentrisitas saat transfer jauh lebih besar daripada penampang T dan penampang persegi walaupun jika dilihat dari prosentase gaya prategang tidak mempengaruhi nilai eksentrisitas setiap penampang saat transfer. Hal ini karena bentuk masing-masing penampang tidak mengalami perubahan melainkan hanya pengurangan baja prategang yang digunakan untuk setiap  $h/b$ . Luas baja prategang semakin kecil tidak

mempengaruhi luas penampang beton, maka inersianya akan tetap sehingga eksentrisitas tidak berubah.



Gambar 6.2: Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Eksentrisitas Tendon Saat Transfer

Gambar 6.1 dan Gambar 6.2 menunjukkan bahwa berdasarkan nilai  $h/b$  dan prosentase gaya prategang, maka penampang I dengan  $h/b = 3$  merupakan penampang paling efektif, karena nilai eksentrisitas tendon saat transfer paling tinggi sehingga nantinya akan menghasilkan lendutan sesaat yang kecil.

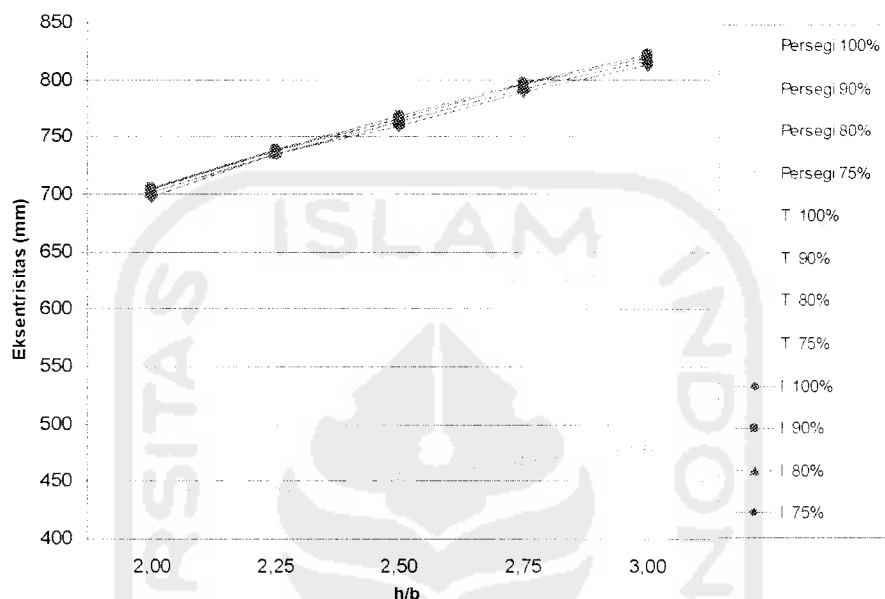
## 2. Eksentrisitas Tendon Saat Layan

### a. Hubungan $h/b$ Terhadap Eksentrisitas Tendon Saat Layan

Gambar 6.3 menunjukkan bahwa semakin besar  $h/b$  untuk semua tampang, eksentrisitas terhadap baja prategang semakin besar. Penyebabnya adalah saat layan penampang yang digunakan adalah penampang transformasi, dimana baja prategang dan baja non-prategang ditransformasikan ke beton dengan menggunakan angka ekuivalensi yang mengakibatkan garis netral sedikit turun, sehingga pengaruh jarak



titik tangkap baja prategang terhadap serat atas maupun serat bawah berubah. Pada penampang simetris jarak garis netral terhadap serat atas lebih besar daripada jarak garis netral ke serat bawah, sedangkan pada penampang asimetris terjadi kebalikannya

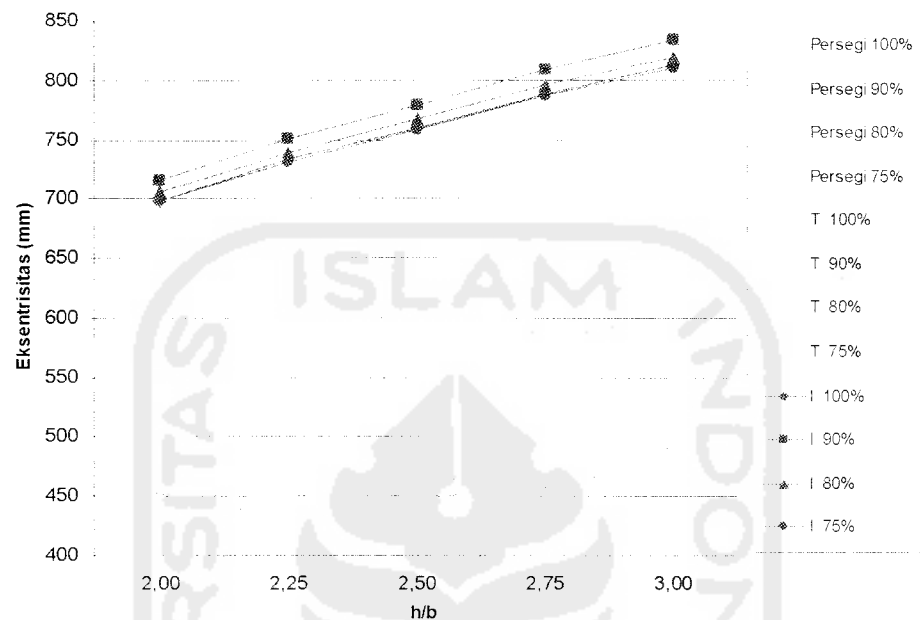


Gambar 6.3: Hubungan h/b Terhadap Eksentrisitas Baja Prategang Saat Layan

Gambar 6.3 terlihat bahwa penampang I mempunyai eksentrisitas paling besar jika dibanding penampang T maupun penampang persegi. Penyebabnya adalah adanya dua buah sayap pada penampang I mengakibatkan badannya semakin langsing untuk mengimbangi lebar sayapnya, sehingga tinggi totalnya bertambah besar seiring bertambahnya h/b. Eksentrisitas yang terjadi pada penampang T dengan semakin bertambahnya h/b pada gambar 6.3 terlihat sedikit di atas penampang persegi karena perbedaan tinggi penampang T dengan penampang persegi tidak terlalu jauh (lihat tabel D.1 dan tabel D.2 lampiran D).

Gambar 6.4 pada kasus beton prategang parsial, eksentrisitas terhadap baja non-prategang semakin besar. Hal ini disebabkan karena saat layan baja non-prategang sudah mulai bekerja. Akibatnya luas penampang beton tekan semakin besar

untuk mengimbangi gaya tarik akibat baja prategang dan baja non-prategang. Luas penampang beton tekan yang dibutuhkan semakin besar mengakibatkan jarak garis netral ke serat atas semakin besar.



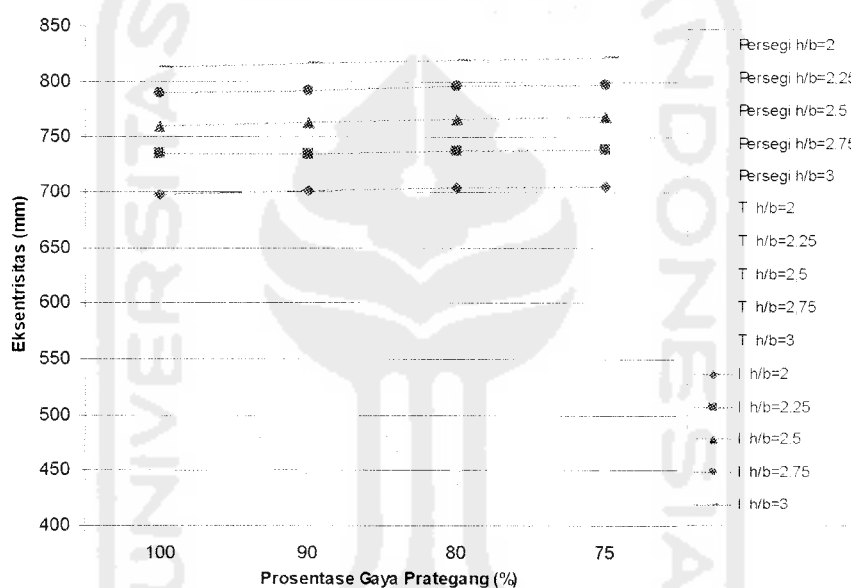
Gambar 6.4: Hubungan h/b Terhadap Eksentrisitas Baja Non-Prategang Saat Layan

Melihat Tabel E 2.1 dan E 2.2 Lampiran E, terlihat bahwa pada h/b yang sama eksentrisitas penampang transformasi lebih kecil daripada eksentrisitas penampang bruto, sedangkan pada h/b yang semakin besar, maka eksentrisitasnya semakin besar karena penampangnya semakin langsing.

Setelah meninjau eksentrisitas baja prategang dan eksentrisitas baja non-prategang pada Gambar 6.3 dan Gambar 6.4 maka berdasar h/b, penampang I dengan  $h/b = 3$  merupakan penampang paling baik, karena nilai eksentrisitasnya paling tinggi.

### b. Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Eksentrisitas Tendon Saat Layan

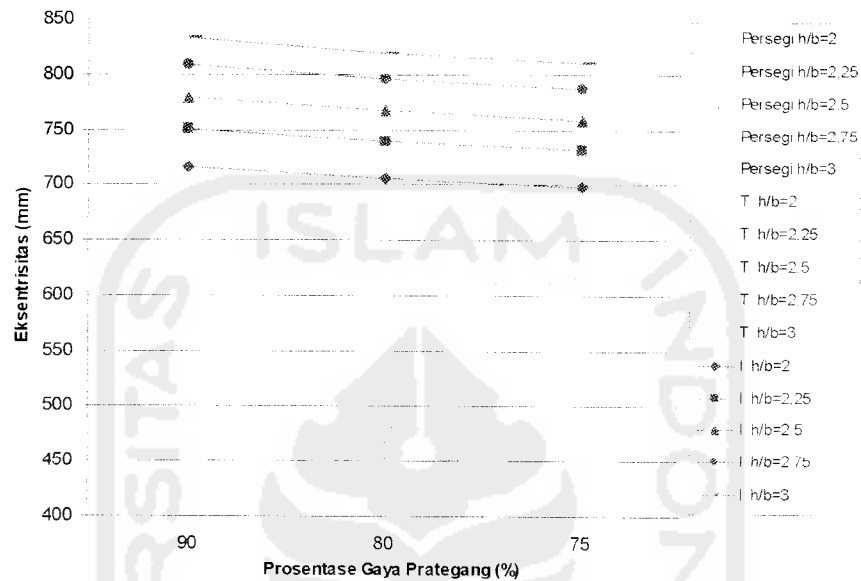
Gambar 6.5 menunjukkan bahwa berkurangnya prosentase gaya prategang saat layan pada semua tampang, eksentrisitas terhadap baja prategang semakin kecil. Penyebabnya adalah jumlah baja prategang yang digunakan semakin sedikit, maka luas baja prategangnya menjadi semakin kecil, sehingga luas penampang beton tekan semakin kecil. Mengecilnya luas penampang beton tekan menyebabkan jarak garis netral ke serat atas semakin kecil, akibatnya eksentrisitas terhadap baja prategang semakin besar.



Gambar 6.5: Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Eksentrisitas Baja Prategang Saat Layan

Gambar 6.5 terlihat bahwa penampang I mempunyai eksentrisitas paling tinggi jika dibandingkan dengan penampang T dan penampang Persegi karena selisih tinggi penampang I dengan kedua penampang lainnya sangat besar. Antara penampang T dan penampang Persegi yang terlihat berhimpitan, karena selisih tinggi penampang T dengan penampang Persegi tidak terlalu besar. Eksentrisitas setiap

penampang pada prosentase gaya prategang yang sama, peningkatannya tidak terlalu besar akibat dari pengurangan penggunaan baja prategang. Begitu juga seiring berkurangnya prosentase gaya prategang, eksentrisitasnya mempunyai selisih yang tidak terlalu besar (lihat tabel D.1 – D.3 lampiran D).



Gambar 6.6: Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Eksentrisitas Baja Non-Prategang Saat Layan

Gambar 6.6 terlihat bahwa semakin berkurang prosentase gaya prategang, maka eksentrisitas terhadap baja non-prategang semakin kecil. Hal ini disebabkan karena penggunaan baja non-prategang yang semakin banyak.

Setelah meninjau eksentrisitas baja prategang dan eksentrisitas baja non-prategang pada Gambar 6.5 dan Gambar 6.6 terlihat hubungan (tren) yang terjadi sangat berbeda. Gambar 6.5 hubungan eksentrisitas dengan baja prategang yang terjadi meningkat karena jumlah baja prategang yang digunakan semakin sedikit, sedangkan Gambar 6.6 hubungan eksentrisitas dengan baja non-prategang yang terjadi menurun karena baja non-prategang yang digunakan semakin banyak. Jadi

penampang yang paling baik adalah penampang I dengan  $h/b = 3$  dengan prosentase kehilangan gaya prategang sebesar 90 %.

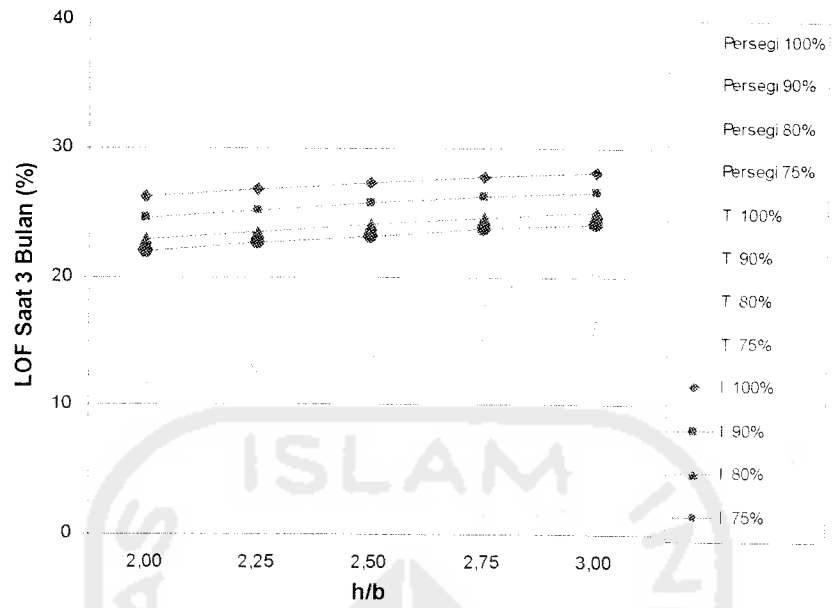
Eksentrisitas baja prategang secara keseluruhan dari Gambar 6.3 - 6.5 menunjukkan bahwa semakin langsing penampang, maka eksentrisitas penampang semakin besar. Eksentrisitas penampang bersayap lebih besar daripada penampang tidak bersayap, hal ini sesuai dengan apa yang dikatakan Nawy bahwa untuk eksentrisitas yang lebih besar, luas beton di daerah atas lebih banyak dibutuhkan, sehingga penampang bersayap lebih cocok digunakan (Nawy, 2000).

### **6.2.7 Kehilangan Gaya Prategang / *Lose Of Prestressed (LOF)***

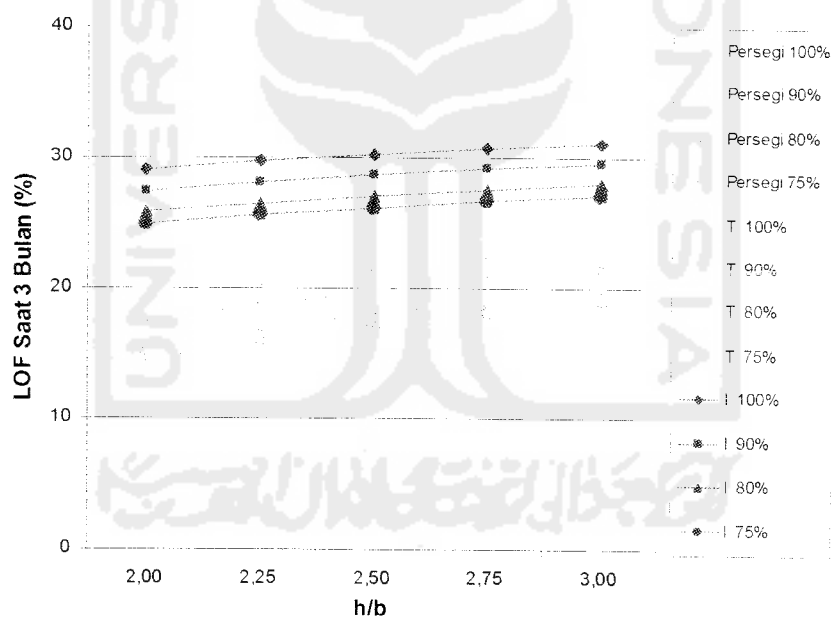
#### **1. Pengaruh $h/b$ Terhadap Kehilangan Gaya Prategang**

Semakin besar  $h/b$  kehilangan tegangan sesaat bertambah besar terutama disebabkan karena kehilangan akibat gesekan, hal ini disebabkan karena eksentrisitasnya bertambah besar sehingga sudut kelengkungan tendon parabola bertambah besar. Sedangkan kehilangan akibat pergeseran angkurnya tetap, dan kehilangan akibat perpendekan elastis beton tidak dihitung karena merupakan beton prategang pascatarik. Pengaruh  $h/b$  erat kaitannya dengan tinggi penampang sehingga besarnya sudut kelengkungan tendon menjadi faktor utama dalam menghasilkan nilai *LOF* (**ACI Code Commentary** di dalam Nawy, 2000).

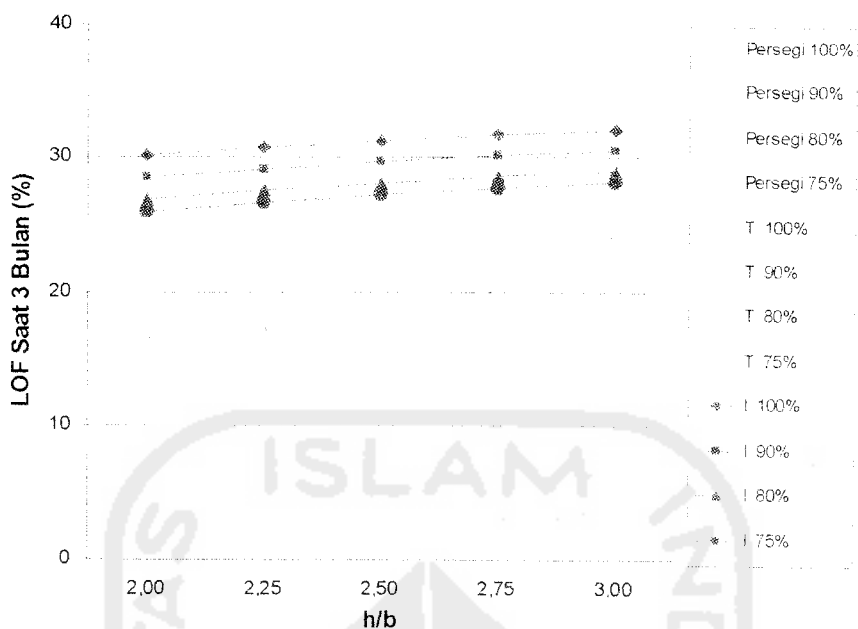
Kehilangan tegangan jangka panjang diakibatkan susut, rangkak dan relaksasi baja. Kehilangan tegangan jangka panjang bertambah besar seiring dengan bertambahnya waktu sehingga *LOF* yang terjadi semakin bertambah besar (lihat Gambar 6.7 - 6.9). Kehilangan akibat rangkak dan akibat relaksasi baja semakin kecil karena dipengaruhi oleh besarnya gaya prategang saat ditinjau yang mana seiring bertambahnya  $h/b$ , maka gaya prategangnya semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa gaya prategang yang dipakai pada interval sebelumnya merupakan kebalikan dari pengaruh  $h/b$



Gambar 6.7: Pengaruh h/b Terhadap Kehilangan Gaya Prategang Pada saat 3 Bulan



Gambar 6.8: Pengaruh h/b Terhadap Kehilangan Gaya Prategang Pada saat 1 Tahun



Gambar 6.9: Pengaruh h/b Terhadap Kehilangan Gaya Prategang Pada saat 3 Tahun

Berdasarkan Gambar 6.7 - 6.9, terlihat bahwa untuk semua perbandingan nilai h/b, penampang persegi mempunyai *LOF* paling kecil, sedangkan penampang I *LOF*-nya paling besar, karena penampang I mempunyai tinggi paling besar, sedangkan penampang T berada diantara keduanya. Jadi terlihat bahwa gesekan baja prategang dengan beton karena pengaruh tinggi penampang efeknya sangat besar, karena akan mempengaruhi besarnya gaya prategang setelah kehilangan tegangan sesaat, sehingga kehilangan tegangan jangka panjang juga berubah.

Merujuk tabel E.6 Lampiran E, terlihat bahwa untuk semua tampang, semakin besar h/b maka prosentase *LOF* semakin besar. Jadi tampang I mempunyai persen *LOF* paling besar dibanding tampang persegi dan tampang T, sehingga penampang yang paling baik adalah *LOF* penampang I pada h/b = 3.

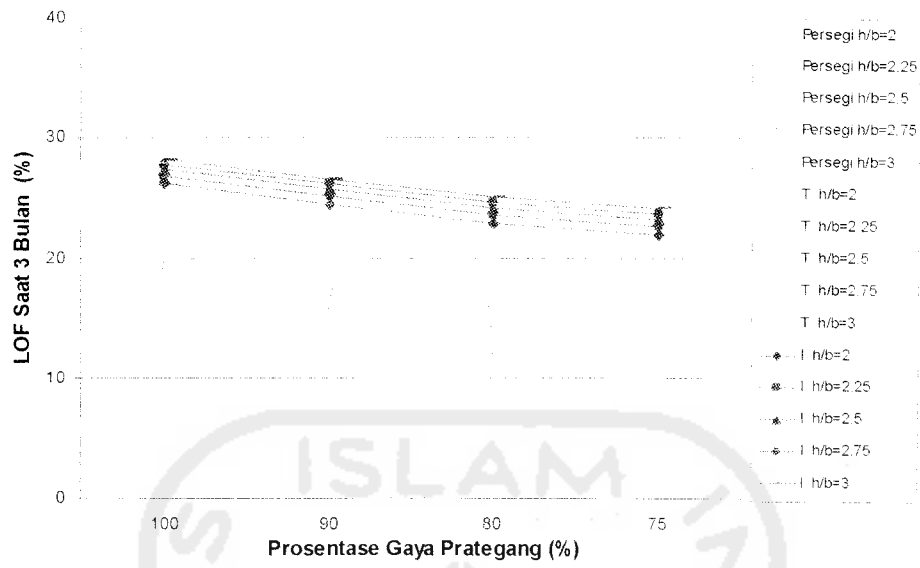
## 2. Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Kehilangan Gaya Prategang

Terlihat pada Gambar 6.10 - 6.12, bahwa semakin besar prosentase pengurangan prategang, *LOF* semakin kecil, karena gaya prategang yang digunakan semakin kecil. Gambar 6.10 - 6.12 menunjukkan bahwa untuk semua penampang, beton prategang penuh mempunyai LOF paling besar, sedangkan beton prategang dengan prosentase gaya prategang 75 % mempunyai LOF paling kecil.

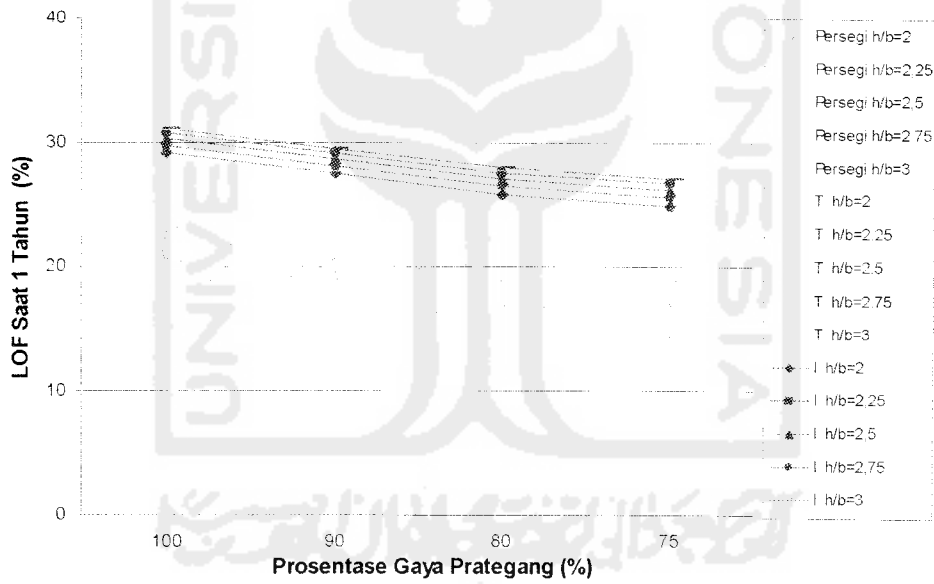
Merujuk pada tabel E.6 Lampiran E, terlihat bahwa semakin kecil prosentase gaya prategang untuk semua tampang pada nilai waktu yang sama, maka LOF (persen) semakin kecil. LOF paling besar terjadi pada prosentase kehilangan gaya prategang 100%, sedangkan paling kecil terjadi pada prosentase kehilangan gaya prategang 75%. Masih merujuk pada tabel E.6 Lampiran E, terlihat bahwa semakin bertambah nilai waktu pada prosentase gaya prategang yang sama untuk semua tampang, maka LOF (persen) semakin besar. LOF paling besar terjadi pada umur 3 tahun, sedangkan LOF paling kecil terjadi pada umur 3 bulan.

Merujuk pada tabel E.7 Lampiran E, terlihat bahwa untuk semua tampang, penampang T mempunyai LOF (persen) paling kecil dibanding penampang Persegi maupun penampang I, sedangkan penampang I lebih kecil dibanding penampang Persegi. Hal ini disebabkan oleh penampang T merupakan penampang asimetris, sehingga jarak garis netral ke serat bawah lebih besar dibanding jarak garis netral ke serat atas.

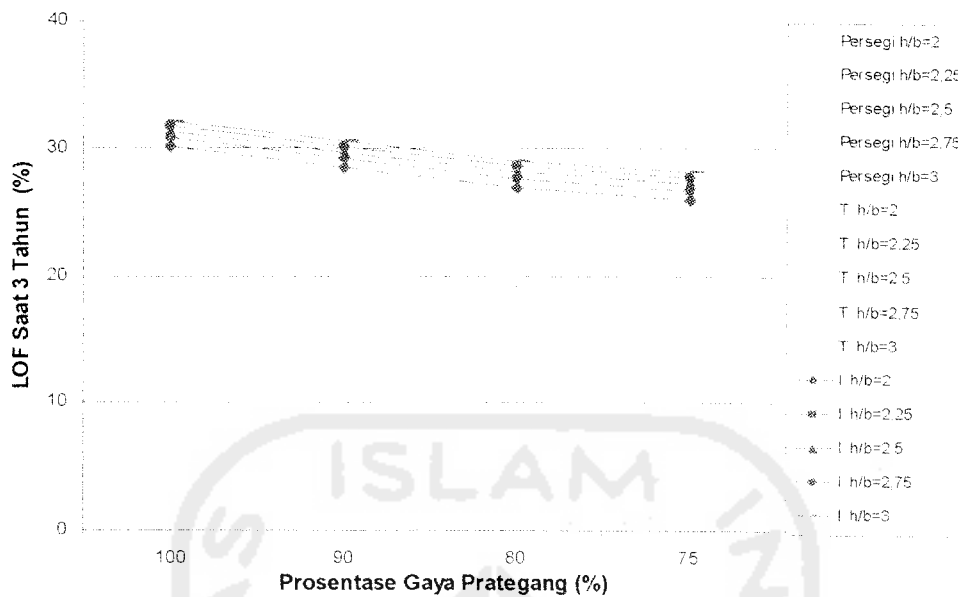




Gambar 6.10: Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Kehilangan Gaya Prategang Pada Saat 3 Bulan



Gambar 6.11: Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Kehilangan Gaya Prategang Pada Saat 1 Tahun



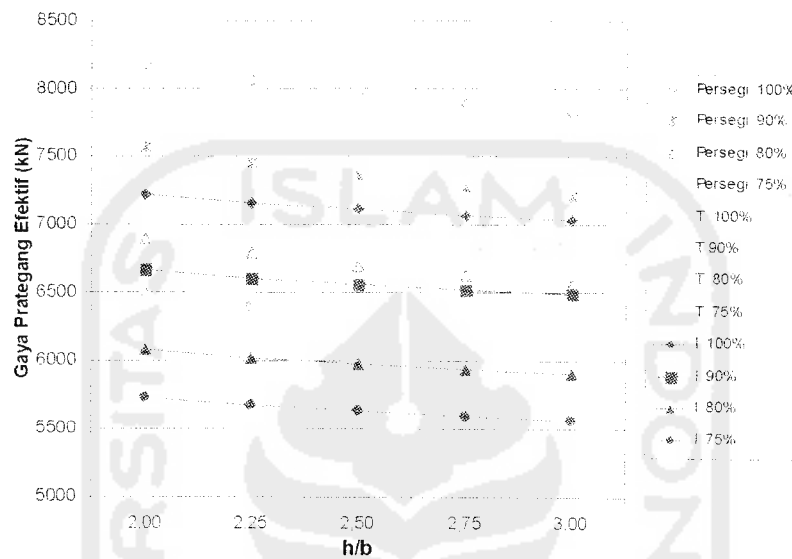
Gambar 6.12: Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Kehilangan Gaya Prategang Pada Saat 3 Tahun

## 6.2.1 Gaya Prategang Efektif ( $P_e$ )

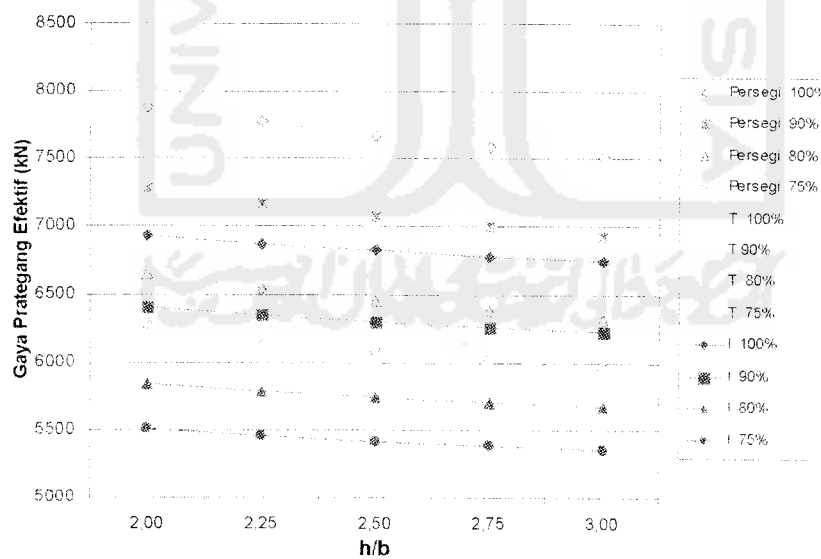
### 1. Pengaruh $h/b$ Terhadap Gaya Prategang Efektif

Menilik Gambar 6.13 - 6.15, secara umum terlihat bahwa semakin besar  $h/b$  dengan pertambahan waktu yang semakin meningkat,  $P_e$  yang terjadi semakin kecil. Akibat  $P_e$  semakin kecil, maka tegangan serat yang terjadi semakin menjauhi tegangan serat ijin. Pada semua  $h/b$ , penampang persegi membutuhkan  $P_e$  paling besar daripada dua penampang lainnya, sedangkan penampang I membutuhkan  $P_e$  paling kecil karena penampang I mempunyai tinggi penampang paling besar, sehingga eksentrisitasnya juga bertambah besar, sesuai pendapat Nawy (2000) bahwa balok yang ditumpu sederhana, umumnya momen di tengah bentang akan menentukan desain. Semakin langsing penampang, eksentrisitas yang terjadi di tengah bentang merupakan eksentrisitas yang paling besar, sehingga gaya prategang perlu yang dihasilkan lebih kecil, artinya desain penampangnya ekonomis.

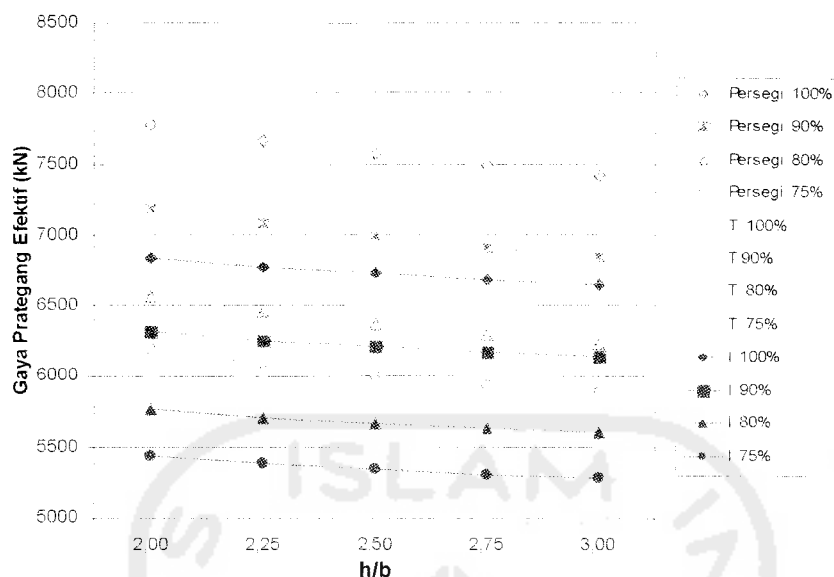
Jadi apabila eksentrisitas merupakan faktor paling berpengaruh pada besarnya gaya prategang efektif, maka penampang I dengan  $h/b = 3$  merupakan penampang paling efektif karena eksentrisitasnya paling besar dibanding kedua penampang lainnya.



Gambar 6.13: Pengaruh h/b Terhadap Gaya Prategang Efektif Saat 3 Bulan



Gambar 6.14: Pengaruh h/b Terhadap Gaya Prategang Efektif Saat 1 Tahun

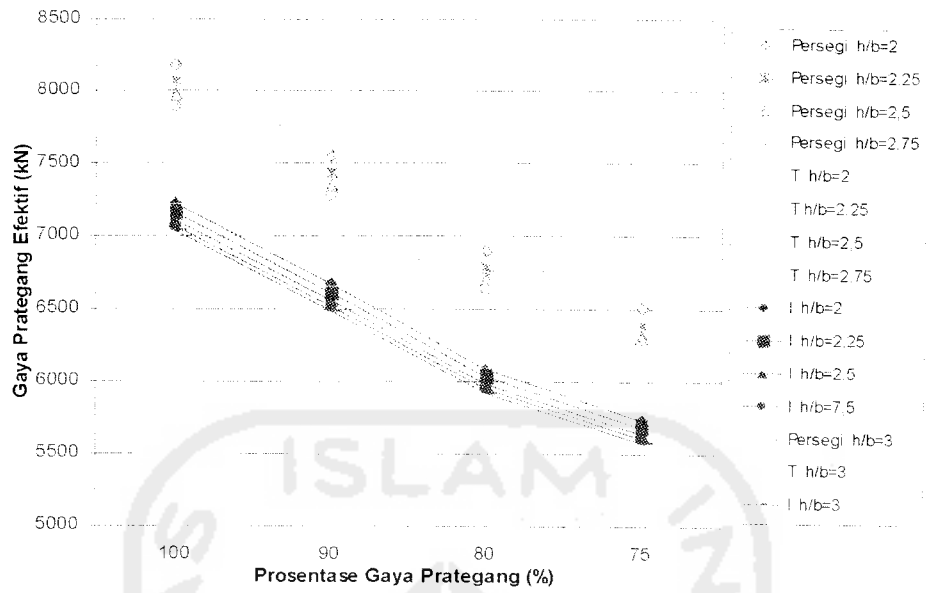


Gambar 6.15: Pengaruh h/b Terhadap Gaya Prategang Efektif Saat 3 Tahun

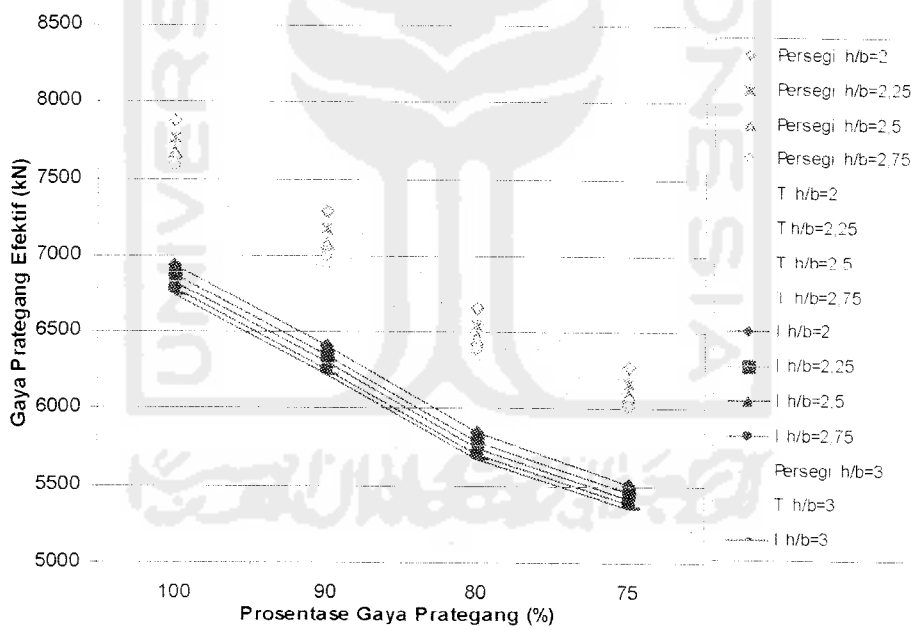
## 2. Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Gaya Prategang Efektif

Gambar 6.16 - 6.18, secara umum terlihat bahwa semakin kecil prosentase gaya prategang dengan seiring bertambahnya waktu, maka  $P_e$  berkurang. Semakin kecil prosentase gaya prategang,  $LOF$  semakin kecil, maka  $P_e$  yang terjadi semakin kecil, karena tendon yang digunakan semakin berkurang sehingga tegangan efektifnya semakin kecil.

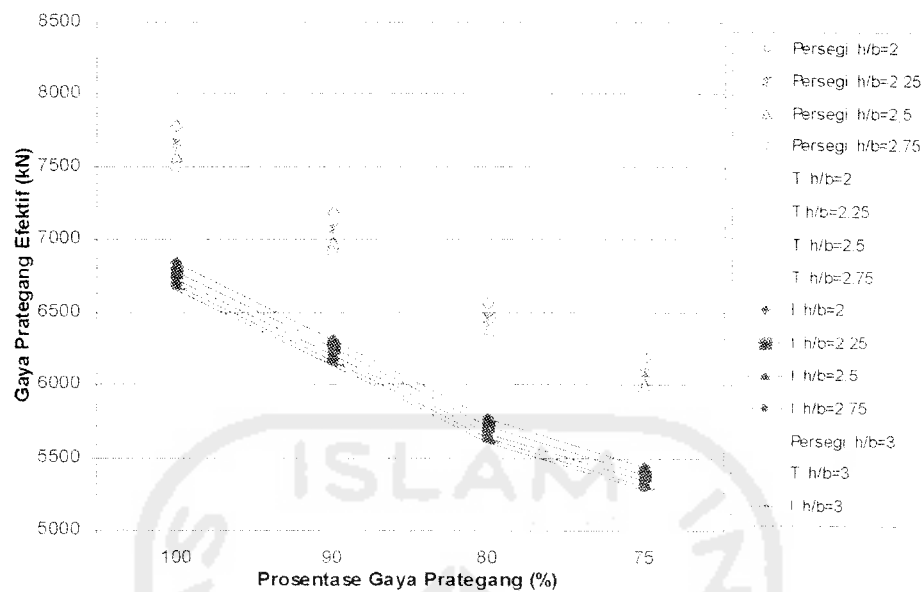
Berdasarkan prosentase kehilangan gaya prategang pada semua penampang seperti pada Gambar 6.16 - 6.18, prategang penuh membutuhkan  $P_e$  paling besar, sedangkan penampang parsial 75 % membutuhkan gaya prategang paling kecil. Hal ini disebabkan karena penampang prategang penuh tidak menggunakan baja non-prategang, yang diperlukan untuk mengurangi tegangan yang terjadi ketika beban mulai bekerja. Jadi jika berdasarkan prosentase kehilangan gaya prategang, maka penampang prategang parsial 75 % yang paling efektif karena  $P_e$  yang terjadi paling kecil.



Gambar 6.16: Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Gaya Prategang Efektif Saat 3 Bulan



Gambar 6.17: Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Gaya Prategang Efektif Saat 1 Tahun



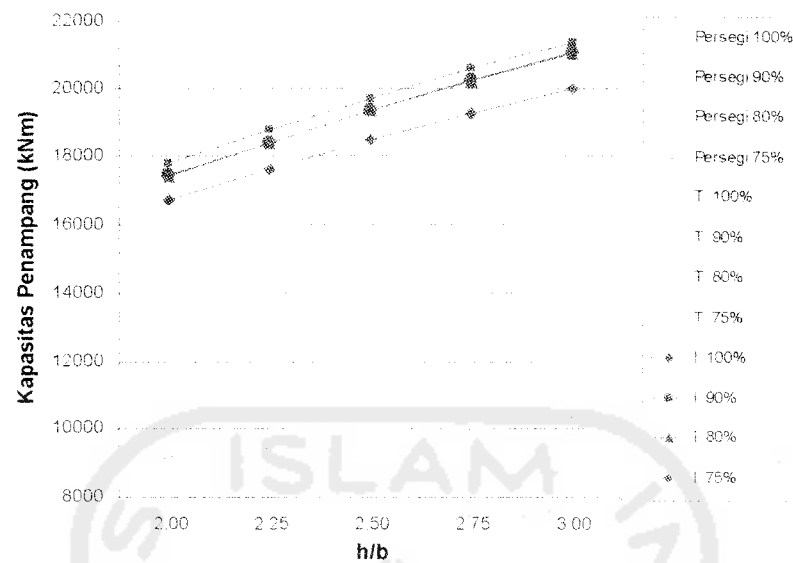
Gambar 6.18: Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Gaya Prategang Efektif Saat 3 Tahun

Secara keseluruhan terlihat bahwa penampang I dengan  $h/b = 3$  pada parsial 75 % adalah penampang yang paling baik karena gaya prategang efektifnya paling kecil.

#### 6.2.4 Kapasitas Penampang

##### 1. Hubungan $h/b$ Dengan Kapasitas Lentur Penampang

Menurut Gambar 6.19, semakin besar  $h/b$ , maka semakin besar kapasitas penampangnya. Bertambah besarnya  $h/b$  berarti penampang semakin langsing, maka tinggi blok tekannya semakin besar, sehingga gaya tekan yang terjadi bertambah besar.



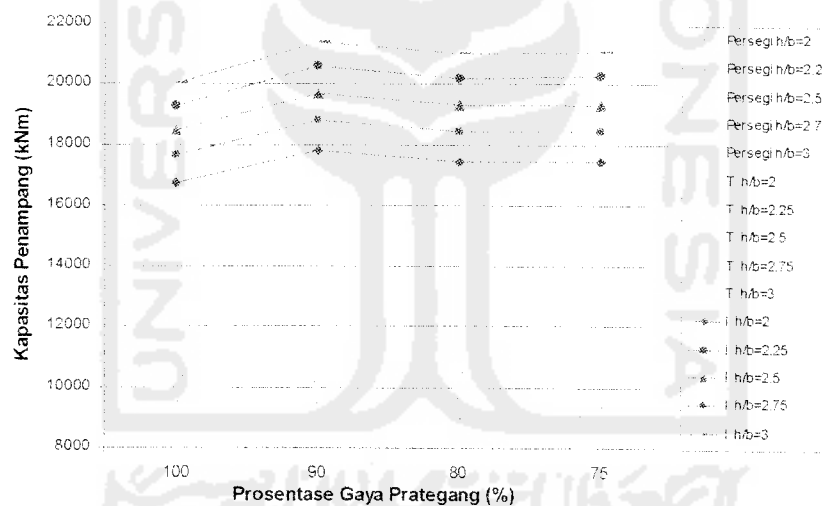
Gambar 6.19: Pengaruh h/b Terhadap Kapasitas Lentur Penampang

Menurut gambar 6.19 penampang Persegi mempunyai kapasitas penampang paling kecil dan penampang I kapasitas penampangnya paling besar, sedangkan penampang T berada diantara keduanya. Hal ini terjadi karena pengaruh tinggi penampang, dimana penampang I mempunyai tinggi penampang paling besar sedangkan penampang Persegi tinggi penampangnya paling rendah sedangkan penampang T diantara keduanya, dikarenakan seiring dengan bertambahnya h/b, maka tinggi efektif penampang juga bertambah besar akibatnya, akibatnya lengan gaya dalamnya bertambah besar. Sesuai Gambar 6.19, maka penampang I dengan h/b = 3 merupakan penampang paling baik karena kapasitas yang paling besar, sehingga nantinya dapat mendukung beban yang besar.

Melihat Gambar 6.19, terlihat bahwa pada penampang Persegi peningkatan terhadap kapasitasnya tidak signifikan dibanding penampang T dan penampang I karena tinggi efektif penampang Persegi tidak terlalu besar dibanding penampang T dan penampang I.

## 2. Hubungan Prosentase Gaya Prategang Dengan Kapasitas Lentur Penampang

Menurut Gambar 6.20 semakin kecil prosentase gaya prategang, maka kapasitas penampangnya semakin bertambah besar. Adanya baja non-prategang pada struktur prategang parsial, maka kapasitas penampang didasarkan pada resultan gaya tarik akibat baja prategang dan baja non-prategang. Semakin kecil prosentase gaya prategang, maka semakin sedikit baja prategang yang digunakan, tetapi baja non-prategang yang digunakan semakin banyak, maka gaya tarik bertambah besar. Hal ini senada dengan apa yang dikatakan oleh Irma dan Dwi, 2000, bahwa semakin berkurang jumlah baja prategang yang digunakan maka semakin banyak baja non-prategang yang digunakan. Sesuai dengan gambar 6.20, maka penampang I dengan prosentase gaya prategang 90 % merupakan penampang dengan kapasitas yang paling tinggi.



Gambar 6.20: Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Kapasitas Lentur Penampang

Gambar 6.20 terlihat bahwa semakin kecil prosentase gaya prategang untuk semua penampang pada prosentase 80 % kapasitasnya menurun karena penggunaan baja non-prategang yang sesuai dengan kebutuhan. Penampang T kapasitas yang



terjadi semakin meningkat karena tinggi blok tekan pada sayap semakin berkurang seiring prosentase gaya prategang yang semakin kecil, sehingga lengan gaya dalam semakin besar.

Jadi dari Gambar 6.19 dan Gambar 6.20 terlihat bahwa kapasitas prategang parsial lebih besar daripada kapasitas prategang penuh karena dengan adanya baja non-prategang, maka lengan gaya dalam baja non-prategang lebih besar daripada lengan gaya dalam baja prategang, akibatnya gaya dalam yang terjadi pada beton prategang parsial lebih besar daripada beton prategang penuh. Menurut Nawy (2000), Penggunaan baja non-prategang dengan prosentase yang tepat akan meningkatkan daya layan struktur dan dapat meningkatkan kapasitas kekuatan lentur ( $M_n$ ) penampang

Kapasitas penampang yang paling baik adalah penampang I pada  $h/b = 3$  dengan prosentase kehilangan gaya prategang 90 % karena kapasitasnya paling besar.

### 3. Hubungan Rasio Tinggi Terhadap Lebar ( $h/b$ ) Dengan Rasio Kapasitas Lentur Terhadap Penampang Persegi Pada $h/b = 2$ ( $M_n / M_{n, \text{Persegi } h/b = 2}$ )

Rasio  $M_n - M_n$  didasarkan terhadap bentuk penampang Persegi pada  $h/b = 2$  dengan prategang penuh. Gambar 6.21 terlihat bahwa semakin besar rasio  $h-b$ , maka rasio  $M_n - M_{n, \text{Persegi } h/b = 2}$  semakin besar. Secara nyata untuk kondisi yang sama kapasitas penampang T dan kapasitas penampang I meningkat. Semakin besar rasio  $h-b$  kapasitas penampang T meningkat 1,32 terhadap rasio  $M_n - M_{n, \text{Persegi } h/b = 2}$ . Nilai 1,32 di dapat dari nilai rata - rata antara kapasitas penampang T prategang penuh sebesar 1,28 sampai dengan kapasitas penampang T pada prosentase gaya prategang 75 % yaitu sebesar 1,96. Semakin besar rasio  $h-b$  kapasitas penampang I meningkat sebesar 1,97 terhadap rasio  $M_n - M_{n, \text{Persegi } h/b = 2}$ . Nilai 1,32 di dapat dari nilai rata - rata antara kapasitas penampang I prategang penuh yaitu sebesar 1,91

sampai dengan kapasitas penampang I pada prosentase gaya prategang 75 % sebesar 2,01 (Lihat tabel 6.1).

Jadi dapat disimpulkan bahwa kapasitas lentur penampang T ( $M_{n,T}$ ) sebesar 1,32 dari penampang Persegi ( $M_{n,P}$ ), sedangkan kapasitas lentur penampang I ( $M_{n,I}$ ) sebesar 1,97 dari penampang Persegi. Apabila dalam bentuk rasio sebagai berikut :

a. Penampang T :  $M_{n,T} / M_{n,P} = 1,32$

b. Penampang I :  $M_{n,I} / M_{n,P} = 1,97$

Tabel 6.1 : Rasio  $M_n = M_{n,Persegi} h/b^2$

h/b	Tampang T / Tampang Persegi					Tampang I / Tampang Persegi				
	Prosentase Gaya Prategang (%)					Prosentase Gaya Prategang (%)				
	100	90	80	75	Rata2	100	90	80	75	Rata2
2.00	1.26	1.29	1.32	1.34	1.30	1.86	1.96	1.94	1.92	1.92
2.25	1.28	1.31	1.34	1.35	1.32	1.91	2.01	1.98	1.96	1.96
2.50	1.29	1.32	1.34	1.36	1.33	1.93	2.03	1.99	1.97	1.98
2.75	1.29	1.32	1.35	1.36	1.33	1.94	2.03	2.00	1.98	1.99
3.00	1.29	1.32	1.35	1.36	1.33	1.94	2.04	2.00	1.98	1.99
<b>Rata2</b>	1.28	1.32	1.34	1.36		1.91	2.01	1.98	1.96	

Tabel 6.2 : Rata - Rata Keseluruhan Rasio  $M_n = M_{n,Persegi} h/b^2$

Rata-Rata Keseluruhan		
	Tampang T / Tampang Persegi	Tampang I / Tampang Persegi
Berdasarkan h/b	1.32	1.97
Berdasarkan % Gaya Prategang	1.32	1.97



Gambar 6.21: Hubungan Rasio  $h/b$  Dengan Rasio  $M_n - M_n$  Persegi  $h/b = 2$

#### 4. Hubungan Prosentase Gaya Prategang Dengan Rasio Kapasitas Lentur Terhadap Penampang Persegi Pada $h/b = 2$ ( $M_n / M_n$ Persegi $h/b = 2$ )

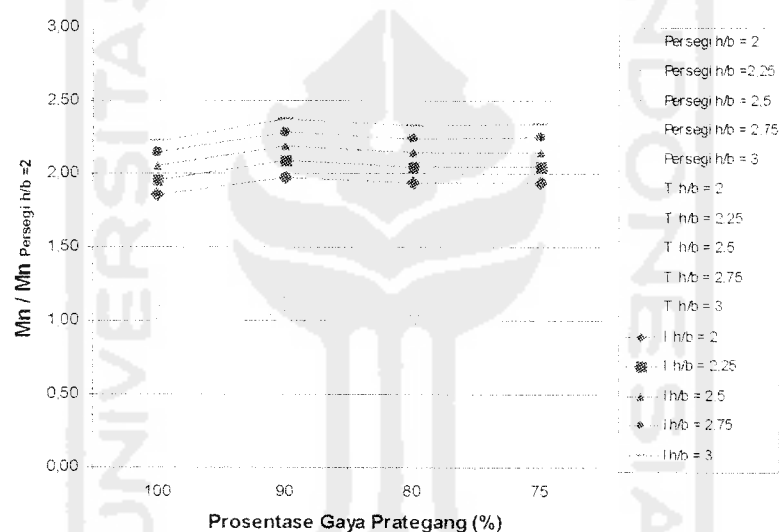
Rasio  $M_n - M_n$  didasarkan terhadap bentuk penampang Persegi pada  $h/b = 2$  dengan prategang penuh. Gambar 6.22 terlihat bahwa semakin kecil prosentase gaya prategang, maka rasio  $M_n - M_n$  Persegi  $h/b = 2$  semakin besar. Secara nyata untuk kondisi yang sama kapasitas penampang T dan kapasitas penampang I meningkat. Semakin kecil prosentase gaya prategang kapasitas penampang T meningkat sebesar 1,32 terhadap rasio  $M_n - M_n$  Persegi  $h/b = 2$ . Nilai 1,32 di dapat dari nilai rata - rata antara kapasitas penampang T pada  $h/b = 2$  yaitu sebesar 1,28 sampai dengan kapasitas penampang T pada  $h/b = 3$  yaitu sebesar 1,96. Semakin besar rasio h-b kapasitas penampang I meningkat sebesar 1,97 terhadap rasio  $M_n - M_n$  Persegi  $h/b = 2$ . Nilai 1,97 di dapat dari nilai rata - rata antara kapasitas penampang I pada  $h/b = 2$

yaitu sebesar 1,91 sampai dengan kapasitas penampang I pada  $h/b = 3$  yaitu sebesar 2,01. (Lihat tabel 6.1).

Jadi dapat disimpulkan bahwa kapasitas lentur penampang T ( $M_{n,T}$ ) sebesar 1,32 dari penampang Persegi ( $M_{n,P}$ ), sedangkan kapasitas lentur penampang I ( $M_{n,I}$ ) sebesar 1,97 dari penampang Persegi. Apabila dalam bentuk rasio sebagai berikut :

a. Penampang T :  $M_{n,T} / M_{n,P} = 1,32$

b. Penampang I :  $M_{n,I} / M_{n,P} = 1,97$



Gambar 6.22: Hubungan Prosentase Gaya Prategang Dengan Dengan Rasio  $M_n - M_{n,Persegi h/b = 2}$

### 6.2.3 Tegangan Beton

Ada dua kondisi tegangan yang terjadi pada balok prategang yaitu tegangan di serat atas dan di serat bawah. Tegangan-tegangan tersebut dianalisis pada saat transfer dan pada saat layan berdasarkan serat atas dan serat bawah.

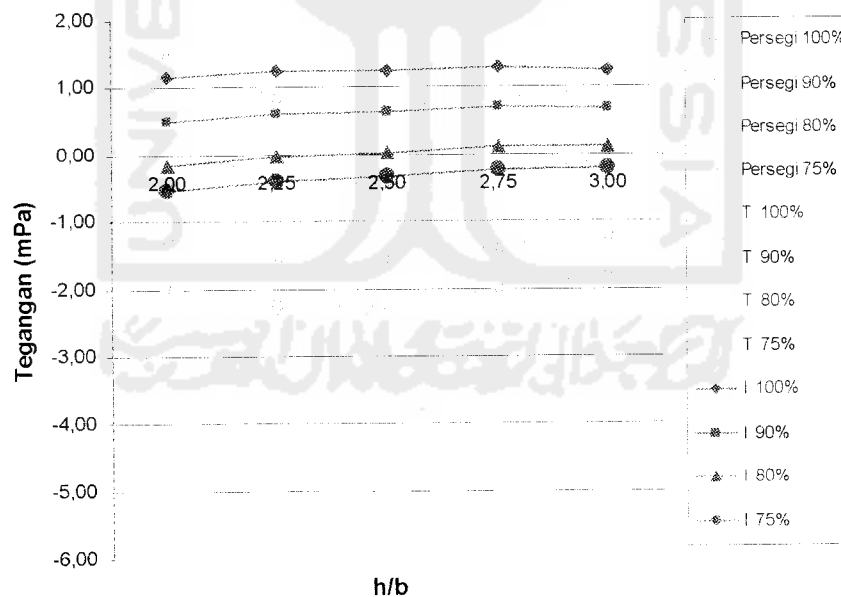
## 1. Serat Atas

### a. Saat Transfer

#### 1). Hubungan h/b Terhadap Tegangan Serat Atas Saat Transfer

Gambar 6.23 terlihat bahwa semakin besar h/b, maka tegangan serat atas saat transfer untuk semua tampang semakin besar (tegangan tarik semakin besar atau tegangan desak semakin kecil). Hal ini karena semakin besar h/b berarti penampang semakin langsing, maka propertis penampangnya semakin besar.

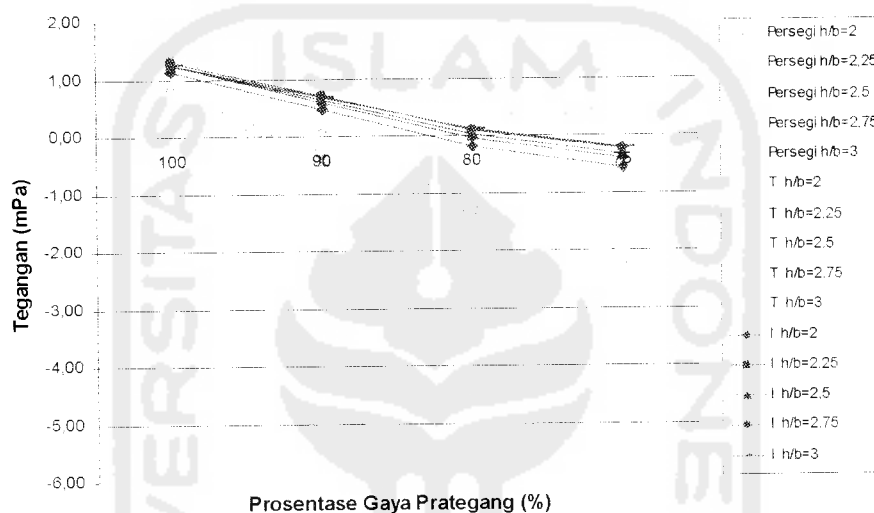
Gambar 6.23 terlihat bahwa pada penampang simetris tegangan yang terjadi dari desak menjadi tarik, karena jarak garis netral ke serat atas sama dengan ke serat bawahnya, sehingga modulus serat yang terjadi nilainya sama antara serat atas dengan bawah. Sedangkan pada penampang asimetris tegangan yang terjadi desaknya semakin kecil tetapi tidak pernah mencapai tarik. Hal ini disebabkan jarak garis netral ke serat atas lebih kecil dari serat bawahnya, sehingga modulus serat atas lebih besar dari modulus serat bawahnya.



Gambar 6.23: Hubungan h/b Terhadap Tegangan Serat Atas Saat Transfer

## 2). Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Tegangan Serat Atas Saat Transfer

Berkurangnya prosentase gaya prategang seperti pada Gambar 6.24, mengakibatkan tegangan serat atas saat transfer semakin kecil (tegangan desak menjadi besar). Penyebabnya adalah baja prategang yang digunakan semakin sedikit, luasan baja prategangnya pun semakin kecil, maka gaya prategang menjadi berkurang, sehingga tegangan serat atas saat transfer semakin kecil.



Gambar 6.24: Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Tegangan Serat Atas Saat Transfer

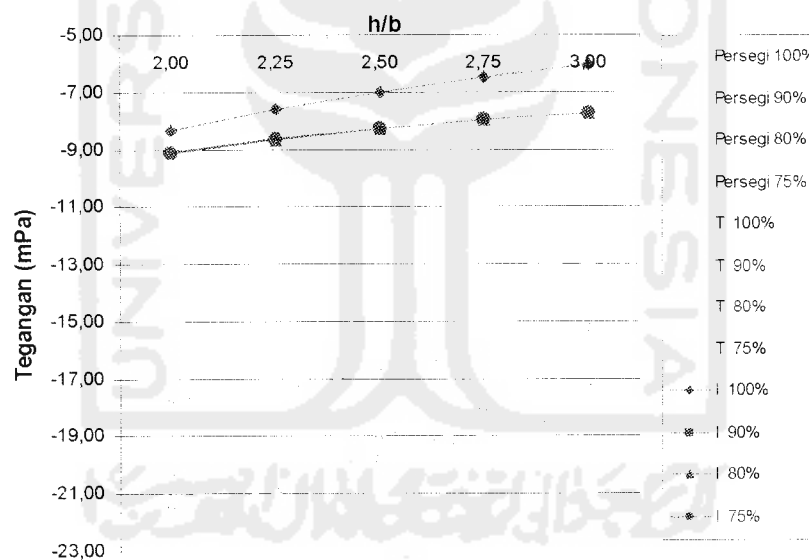
Terlihat pada Gambar 6.24 penampang tidak simetris yaitu penampang T mempunyai tegangan desak yang semakin besar, karena penampang T merupakan penampang asimetris, maka jarak garis netral ke serat atas lebih kecil, sehingga modulus serat atasnya lebih besar. Sedangkan penampang Persegi dan penampang I tegangannya dari tarik ke desak (tarik semakin kecil, desak semakin besar), karena kedua penampang tersebut simetris sehingga menghasilkan jarak garis netral ke serat atas yang sama begitu juga modulus serat atasnya.

## b. Saat Layan

Khusus untuk beton prategang parsial tegangan yang terjadi merupakan hasil penjumlahan tegangan akibat baja prategang dengan tegangan akibat baja non-prategang.

### 1). Hubungan $h/b$ Terhadap Tegangan Serat Atas Saat Layan

Gambar 6.25 terlihat untuk semua tampang bahwa semakin besar  $h/b$ , tegangan beton serat atas saat layan semakin besar (tegangan desak semakin kecil). Semakin besar  $h/b$  menyebabkan semakin langsingnya penampang, maka propertis penampangnya menjadi bertambah besar, dan gaya prategang efektifnya semakin mengecil. Sedangkan untuk beton prategang parsial masih ditambah pengaruh baja non-prategang yang semakin langsing penampang, maka properties penampangnya akan bertambah besar.



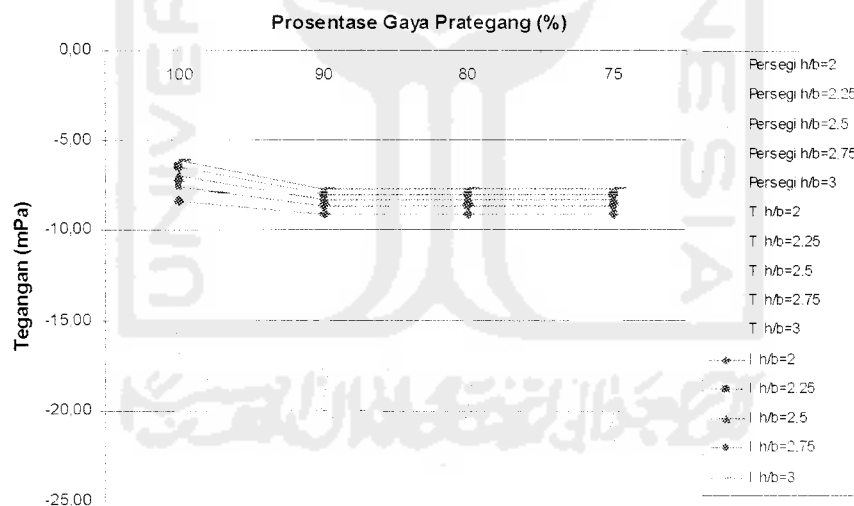
Gambar 6.25: Hubungan  $h/b$  Terhadap Tegangan Serat Atas Saat Layan

Terlihat pada gambar 6.25 bahwa penampang Persegi tegangan yang terjadi paling besar (tegangan desaknya paling besar) dibanding penampang T dan

penampang I. Hal ini disebabkan karena penampang Persegi mempunyai tinggi penampang paling pendek jika dibanding dengan penampang T dan penampang I.

## 2). Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Tegangan Serat Atas Saat Layan

Gambar 6.26 menunjukkan bahwa semakin kecil prosentase gaya prategang pada penampang Persegi dan penampang I mengakibatkan tegangan serat atas saat layan semakin besar (tegangan desaknya semakin besar). Hal ini disebabkan karena bentuk penampang Persegi dan I adalah simetris, maka jarak garis netral ke serat atas dan jarak garis netral ke serat bawah sama, sehingga modulus seratnya pun akan sama. Sedangkan penampang T tegangan yang terjadi semakin kecil (tegangan desaknya semakin kecil). Hal ini dikarenakan penampang T merupakan penampang asimetris, maka jarak garis netral ke serat atas lebih kecil daripada keserat bawah, sehingga modulus serat atasnya menjadi lebih besar.



Gambar 6.26: Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Tegangan Serat Atas Saat Layan

Gambar 6.26 terlihat bahwa untuk semua tampang, semakin kecil prosentase gaya prategang, tegangan yang terjadi semakin stabil. Hal ini akibat pengurangan luas



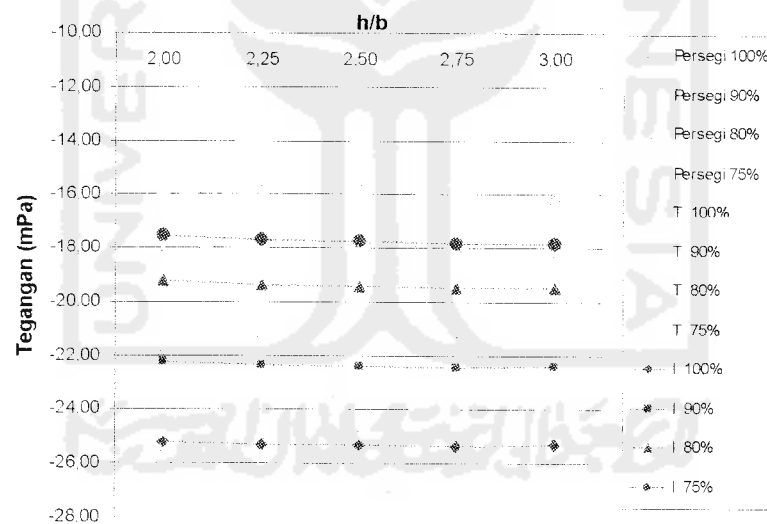
baja prategang yang digantikan oleh penggunaan baja non-prategang sebesar tiga kalinya. Gambar 6.25 terlihat bahwa pengurangan gaya prategang untuk  $h/b$  yang sama, mengakibatkan tegangan yang terjadi pada beton prategang parsial relatif sama. Hal ini karena efek penggunaan baja non-prategang yang semakin besar seiring dengan semakin kecilnya prosentase gaya prategang.

## 2. Serat bawah

### a. Saat Transfer

#### 1). Hubungan $h/b$ Terhadap Tegangan Serat Bawah Saat Transfer

Gambar 6.27 terlihat bahwa semakin besar  $h/b$  tegangan beton serat bawah saat transfer semakin besar (tegangan desak bertambah besar). Bertambah besarnya  $h/b$  berarti penampang semakin langsing, maka propertis penampangnya semakin besar.



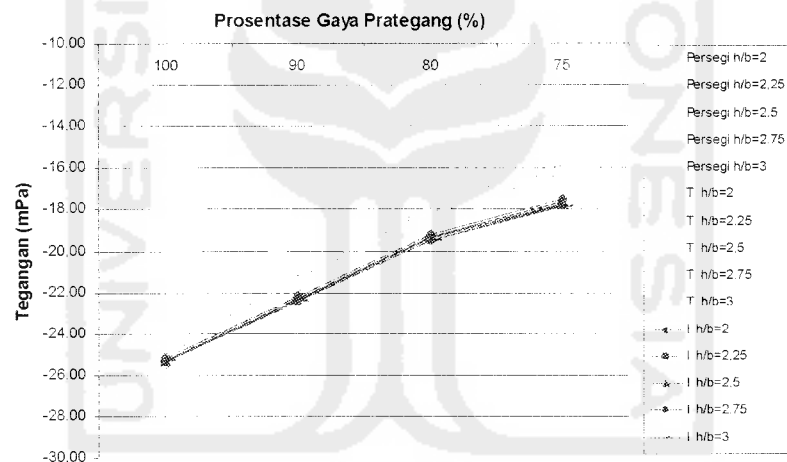
Gambar 6.27: Hubungan  $h/b$  Terhadap Tegangan Serat Bawah Saat Transfer

Gambar 6.27 terlihat bahwa penampang T pada  $h/b$  yang sama, mempunyai tegangan yang lebih kecil dibanding penampang Persegi dan I. Hal ini disebabkan karena penampang T merupakan penampang asimetris, maka jarak garis netral ke

serat bawah penampang T paling besar, sedangkan eksentrisitas penampang T lebih kecil dibanding penampang I, tetapi sedikit lebih besar dibanding penampang Persegi.

## 2). Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Tegangan Serat Bawah Saat Transfer

Berkurangnya prosentase gaya prategang seperti pada Gambar 6.28 terlihat bahwa tegangan serat atas saat transfer semakin besar (tegangan desak semakin kecil, tegangan tarik semakin besar). Penyebabnya adalah baja prategang yang digunakan semakin sedikit, maka gaya prategang menjadi berkurang. Serat bawah saat transfer terjadi tarik maka gaya akibat momen saat transfer mengalami tarik sehingga tegangan serat atas saat transfer semakin besar seiring dengan gaya prategang awal semakin berkurang yaitu ke arah tarik.



Gambar 6.28: Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Tegangan Serat Bawah Saat Transfer

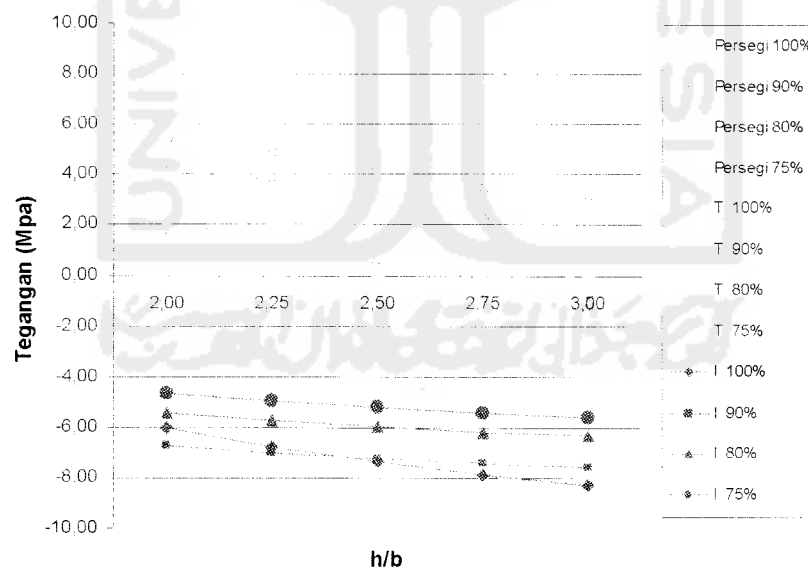
Gambar 6.28 terlihat bahwa penampang T mempunyai tegangan lebih kecil dibanding penampang Persegi dan penampang I. Hal ini disebabkan karena penampang T merupakan penampang asimetris, maka jarak garis netral ke serat

bawah penampang T paling besar, sedangkan eksentrisitas penampang T lebih kecil dibanding penampang I, tetapi sedikit lebih besar dibanding penampang Persegi.

## b. Saat Layan

### 1). Hubungan h/b Terhadap Tegangan Serat Bawah Saat Layan

Saat layan pada Gambar 6.29 terlihat bahwa semakin besar h/b tegangan yang terjadi semakin mengecil (tegangan desak bertambah besar, tegangan tarik semakin kecil). Semakin besar h/b menyebabkan semakin langsingnya penampang, maka propertis penampangnya menjadi bertambah besar, sehingga gaya prategang efektifnya semakin mengecil. Sedangkan untuk beton prategang parsial masih ditambah pengaruh baja non-prategang yang semakin langsing penampang, kekakuannya akan bertambah besar, sehingga modulus penampangnya akan bertambah besar. Jadi untuk beton prategang parsial tegangan yang terjadi merupakan hasil penjumlahan tegangan akibat baja prategang dengan tegangan akibat baja non-prategang.

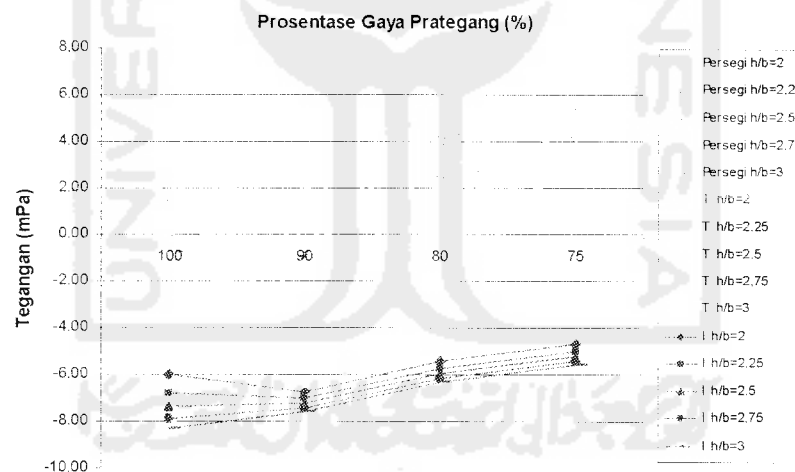


Gambar 6.29: Hubungan h/b Terhadap Tegangan Serat Bawah Saat Layan

Gambar 6.29 terlihat penampang Persegi tegangan yang terjadi paling kecil (tarik semakin kecil), karena eksentrisitasnya paling kecil dibanding T dan I.

## 2). Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Tegangan Serat Bawah Saat Layan

Lihat Gambar 6.30 bahwa semakin berkurang prosentase gaya prategang, maka tegangan serat bawah saat layan bertambah besar (Tegangan desak semakin kecil, tegangan tarik bertambah besar). Penyebabnya adalah baja prategang yang digunakan semakin sedikit, luasan baja prategangnya pun semakin kecil, maka gaya prategang menjadi berkurang. Sedangkan untuk beton prategang parsial masih ditambah pengaruh baja non-prategang yang menyebabkan luas baja non-prategangnya semakin besar, maka tegangannya bertambah besar. Tegangan yang terjadi pada beton prategang parsial merupakan hasil penambahan tegangan akibat baja prategang dengan tegangan akibat



Gambar 6.30: Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Tegangan Serat Bawah Saat Layan

Gambar 6.30 terlihat bahwa pengaruh pengurangan gaya prategang mengakibatkan tegangan yang terjadi pada penampang T meningkat tajam. Hal ini karena penampang T merupakan penampang asimetris dimana luas daerah tekannya

lebih besar daripada penampang Persegi dan I. Gambar 6.29 terlihat bahwa semua tampang pada prosentase 100% mengalami penurunan tegangan besar (desak bertambah besar), karena tidak menggunakan baja non-prategang. Pada penampang T dengan prosentase 100% penurunan tegangan relatif besar (desak bertambah besar), karena jarak garis netral ke serat bawah besar mengakibatkan modulus serat bawah kecil.

Jadi secara keluruhan berdasarkan kondisi saat transfer dan saat layan, pemilihan penampang berdasarkan tegangan beton tidak dapat dilakukan karena tegangan beton digunakan sebagai kontrol keamanan struktur.

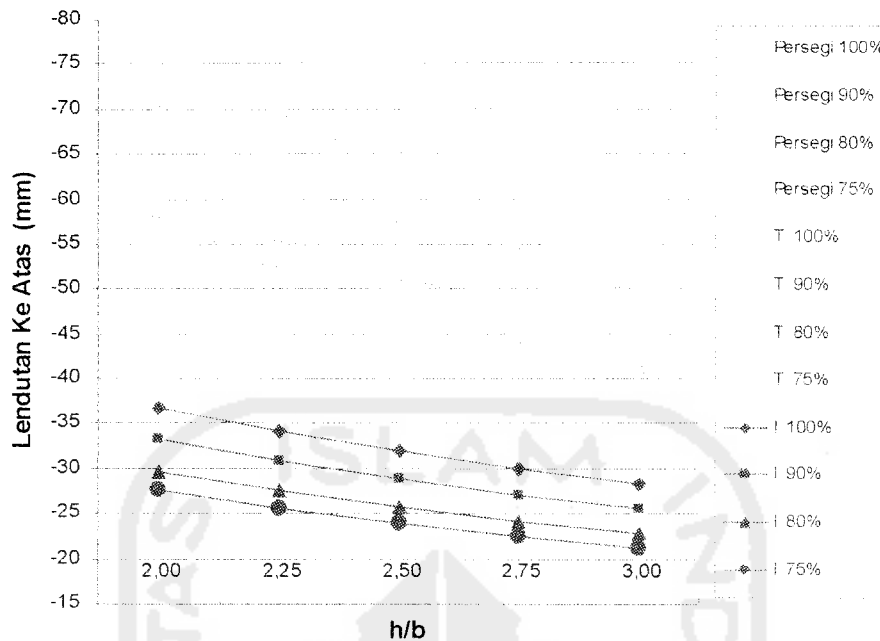
### **6.2.5 Lendutan**

Lendutan yang terjadi terdiri dari lendutan ke atas (*chamber*), yaitu lendutan setelah penarikan baja prategang; lendutan jangka pendek, yaitu lendutan sebelum beban layan bekerja, dan lendutan jangka panjang, yaitu lendutan yang terjadi setelah beban layan bekerja.

#### **1. Lendutan Ke Atas**

##### **a. Pengaruh h/b Terhadap Lendutan Ke Atas**

Gambar 6.31 terlihat bahwa, semakin besar h/b lendutan ke atas yang terjadi semakin menurun. Hal ini diakibatkan penampang semakin langsing, maka eksentrisitas dan inersia yang terjadi semakin besar, tetapi gaya prategang efektif semakin kecil.



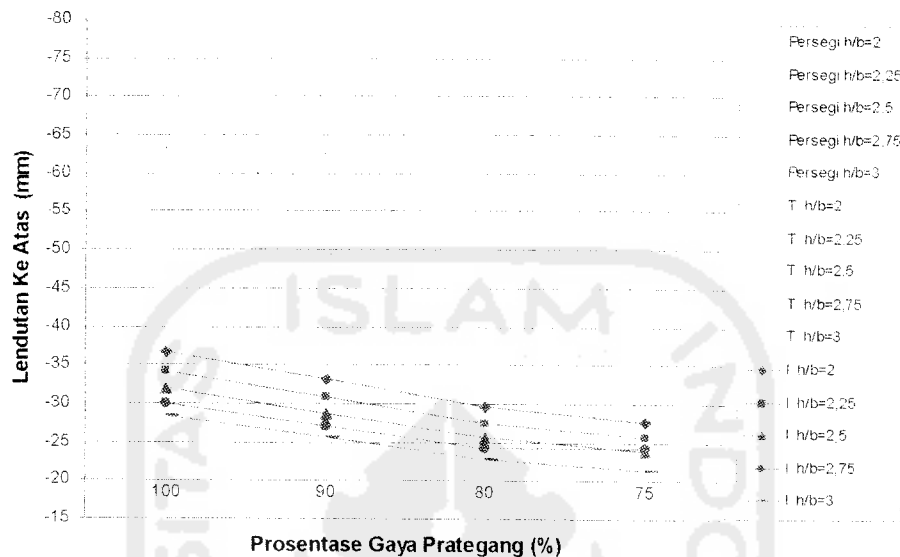
Gambar 6.31: Pengaruh h/b Terhadap Lendutan Ke Atas

Melalui gambar 6.31 terlihat bahwa penampang persegi mempunyai lendutan ke atas yang lebih besar daripada penampang T dan penampang I. Hal ini diakibatkan karena penampang persegi mempunyai eksentrisitas paling kecil. Apabila penampang T dengan penampang I dibandingkan, maka lendutan keatasnya terlihat bahwa perbedaannya tidak terlalu jauh. Hal ini karena  $P_e$  tampang T lebih besar tampang I, tetapi eksentrisitas dan inersia tampang T lebih kecil daripada tampang I. Jadi dapat disimpulkan bahwa untuk lendutan ke atas penampang T dengan  $h/b = 3$  mempunyai lendutan ke atas yang lebih kecil.

#### b. Pengaruh Prosentase Prosentase Gaya Prategang Terhadap Lendutan Ke Atas

Menurut Gambar 6.32 terlihat bahwa semakin kecil prosentase gaya prategang, maka lendutan ke atas yang terjadi semakin kecil. Lendutan ke atas akibat

gaya prategang pada saat balok belum mengalami pembebanan dapat dihindari dengan menggunakan gaya prategang yang lebih kecil (Nilson, 1987).



Gambar 6.32: Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Lentutan Ke Atas

Semakin kecil prosentase gaya prategang, maka jumlah baja prategang yang digunakan semakin berkurang, tetapi baja non-prategang yang digunakan semakin banyak, sehingga gaya prategang yang terjadi semakin kecil.

Melalui Gambar 6.32 terlihat bahwa penampang persegi mempunyai lentutan ke atas yang lebih besar daripada penampang T dan penampang I, karena  $P_e$  tampang Persegi lebih besar daripada tampang T dan I. Jadi dapat disimpulkan bahwa untuk lentutan ke atas penampang T dengan gaya prategang yang diberikan sebesar 75 % mempunyai lentutan ke atas yang lebih kecil. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa penampang T dengan pemberian gaya prategang sebesar 75 % pada  $h/b = 3$  mempunyai lentutan ke atas yang lebih kecil dibanding dengan penampang persegi atau penampang I pada kondisi yang sama.

**c. Pengaruh Rasio h-b (h/b) Terhadap Rasio Lentutan - Panjang Bentang ( $\delta_{pi}/L$ ) Untuk Lentutan Ke Atas**

Gambar 6.33 terlihat bahwa semakin besar h/b untuk kondisi yang sama, maka rasio lentutan - panjang bentang untuk setiap penampang semakin kecil. Semakin besar h/b, maka rasio lentutan - panjang bentang pada penampang Persegi semakin kecil yaitu dengan interval 0,01305 - 0,00974, pada penampang T semakin besar h/b, maka rasio lentutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval 0,00625 - 0,00468, sedangkan pada penampang I semakin besar h/b, maka rasio lentutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval 0,00645 - 0,00484. (Lihat tabel 6.3). Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

- a. Penampang Persegi :  $\frac{\delta_{pi,P}}{L} = 0,01305 - 0,00974$
- b. Penampang T :  $\frac{\delta_{pi,T}}{L} = 0,00625 - 0,00468$
- c. Penampang I :  $\frac{\delta_{pi,I}}{L} = 0,00645 - 0,00484$

Jadi apabila lentutan ke atas penampang T ( $\delta_{pi,T}$ ) dan Penampang I ( $\delta_{pi,I}$ ) dibandingkan dengan lentutan ke atas penampang Persegi ( $\delta_{pi,P}$ ), maka akan diperoleh hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang T - Persegi yaitu sebesar 0,48, sedangkan hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang I - Persegi yaitu sebesar 0,50. Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

- a.  $\frac{\delta_{pi,T}}{\delta_{pi,P}} = 0,48$
- b.  $\frac{\delta_{pi,I}}{\delta_{pi,P}} = 0,50$



Tabel 6.3 : Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta_{pi}/L$ ) Untuk Lendutan Ke Atas

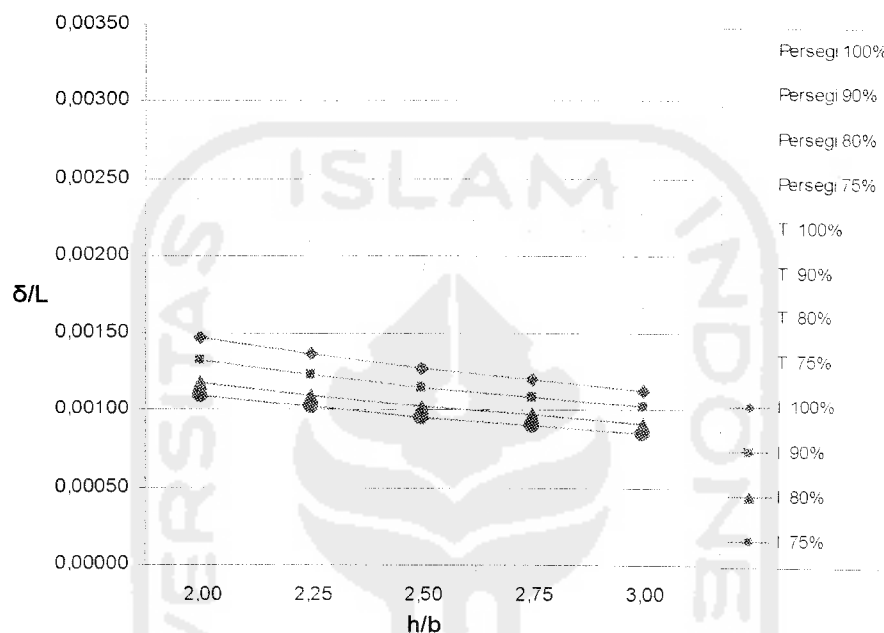
No	h/b	Prosentase Gaya Prategang (%)				Rata2 Keseluruhan Berdasar h/b	Rata2 Keseluruhan % Gaya Prat
		100 $\delta/L$	90 $\delta/L$	80 $\delta/L$	75 $\delta/L$		
	Persegi						
1	2.00	0.00310	0.00279	0.00249	0.00232		
2	2.25	0.00277	0.00250	0.00223	0.00208		
3	2.50	0.00254	0.00230	0.00205	0.00191		
4	2.75	0.00239	0.00215	0.00192	0.00179		
5	3.00	0.00225	0.00198	0.00177	0.00165		
		0.01305	0.01173	0.01046	0.00974	0.00900	0.01124
	T						
1	2.00	0.00145	0.00131	0.00117	0.00109		
2	2.25	0.00133	0.00120	0.00107	0.00100		
3	2.50	0.00123	0.00111	0.00099	0.00092		
4	2.75	0.00115	0.00104	0.00093	0.00086		
5	3.00	0.00109	0.00098	0.00088	0.00082		
		0.00625	0.00564	0.00503	0.00468	0.00432	0.00540
	I						
1	2.00	0.00147	0.00133	0.00118	0.00110		
2	2.25	0.00137	0.00123	0.00110	0.00103		
3	2.50	0.00128	0.00115	0.00103	0.00096		
4	2.75	0.00120	0.00109	0.00097	0.00090		
5	3.00	0.00113	0.00102	0.00091	0.00085		
		0.00645	0.00582	0.00519	0.00484	0.00446	0.00558

Tabel 6.4 : Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Ke Atas

h/b	Tampang T / Tampang Persegi					Tampang I / Tampang Persegi				
	Prosentase Gaya Prategang (%)					Prosentase Gaya Prategang (%)				
	100	90	80	75	Rata2	100	90	80	75	Rata2
2.00	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
2.25	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
2.50	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
2.75	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
3.00	0.48	0.50	0.50	0.50	0.49	0.50	0.52	0.52	0.52	0.51
Rata2	0.48	0.48	0.48	0.48		0.50	0.50	0.50	0.50	

Tabel 6.5 : Rata - Rata Keseluruhan Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Ke Atas

Rata-Rata Keseluruhan		
	Tampang T / Tampang Persegi	Tampang I / Tampang Persegi
Berdasarkan h/b	0,48	0,50
Berdasarkan % Gaya Prategang	0,48	0,50



Gambar 6.33: Pengaruh h/b Terhadap Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta_{pi}/L$ ) Untuk Lendutan Ke Atas

**d. Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta_{pi}/L$ ) Untuk Lendutan Ke Atas**

Gambar 6.34 terlihat bahwa semakin besar prosentase gaya prategang untuk kondisi yang sama, maka rasio lendutan - panjang bentang untuk setiap penampang semakin kecil. Semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang pada penampang Persegi semakin kecil yaitu dengan interval 0,01070 - 0,00765, pada penampang T semakin besar prosentase gaya prategang,

maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval 0,0050 - 0,00376, sedangkan pada penampang I semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval 0,00508 - 0,00392. (Lihat tabel 6.3). Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

$$\text{a. Penampang persegi} \quad : \quad \frac{\delta_{pi,p}}{L} = 0,01070 - 0,00765$$

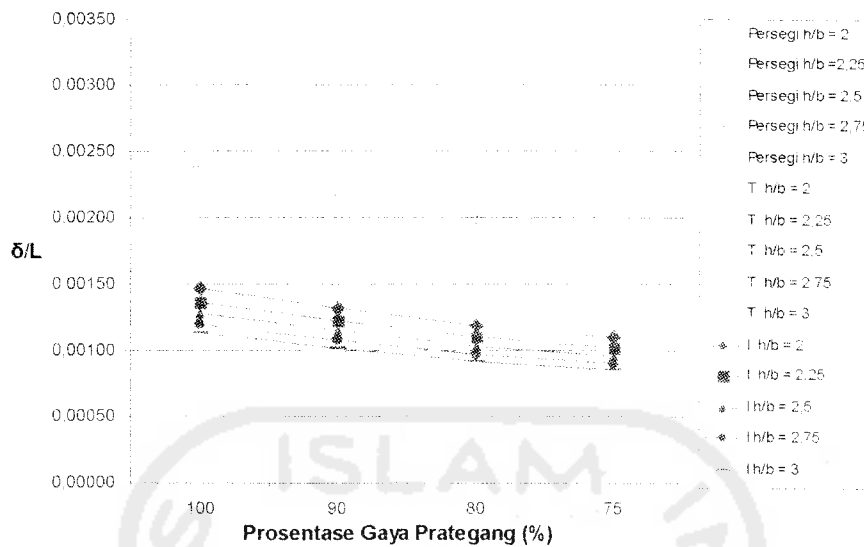
$$\text{b. Penampang persegi} \quad : \quad \frac{\delta_{pi,t}}{L} = 0,0050 - 0,00376$$

$$\text{c. Penampang persegi} \quad : \quad \frac{\delta_{pi,l}}{L} = 0,00508 - 0,00392$$

Jadi apabila lendutan ke atas penampang T ( $\delta_{pi,t}$ ) dan Penampang I ( $\delta_{pi,l}$ ) dibandingkan dengan lendutan ke atas penampang Persegi ( $\delta_{pi,p}$ ), maka akan diperoleh hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang T - Persegi yaitu sebesar 0,48, sedangkan hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang I - Persegi yaitu sebesar 0,50. Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

$$\text{a.} \quad \frac{\delta_{pi,t}}{\delta_{pi,p}} = 0,48$$

$$\text{b.} \quad \frac{\delta_{pi,l}}{\delta_{pi,p}} = 0,50$$



Gambar 6.34: Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta_{pi}/L$ ) Untuk Lendutan Ke Atas

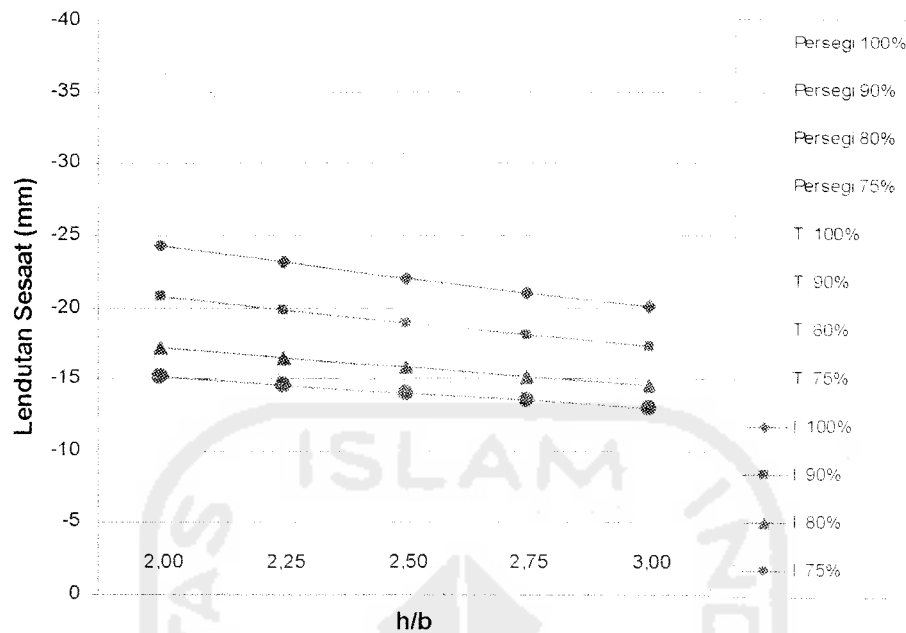
## 2. Lendutan Sesaat

### a. Pengaruh h/b Terhadap Lendutan Sesaat

Lendutan sesaat yang terjadi akibat semakin besarnya h/b seperti pada Gambar 6.35 adalah semakin menurun. Bertambah besarnya h/b mengakibatkan penampang semakin langsing, maka eksentrisitas dan momen inersia bertambah besar, sehingga mengakibatkan gaya prategang semakin kecil.

Gambar 6.35 menunjukkan bahwa penampang persegi mempunyai lendutan sesaat lebih besar jika dibanding dengan penampang I dan penampang T, karena lendutan ke atas penampang Persegi paling besar. Apabila penampang T dengan penampang I dibandingkan terlihat bahwa penampang T mempunyai lendutan sesaat lebih kecil. karena lendutan ke atas penampang T lebih kecil daripada penampang I simetris, hal ini terlihat jelas pada tabel E.2.1 lampiran E.

Jadi dapat disimpulkan bahwa penampang T dengan h/b = 3 mempunyai lendutan sesaat yang lebih kecil.

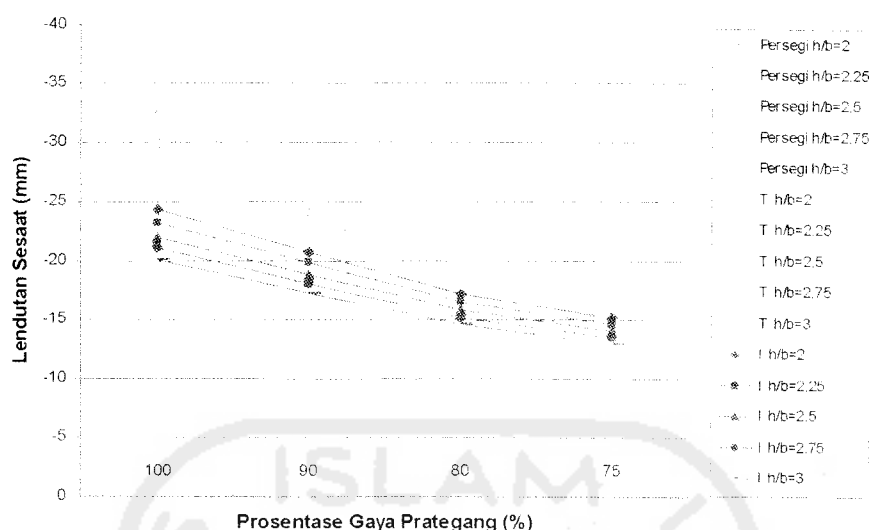


Gambar 6.35: Pengaruh h/b Terhadap Lendutan Sesaat

#### b. Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Lendutan Sesaat

Lendutan sesaat yang terjadi akibat semakin kecil prosentase gaya prategang seperti pada Gambar 6.36 adalah semakin menurun. Gambar 6.36 terlihat bahwa lendutan sesaat penampang T paling kecil dibandingkan penampang I dan Persegi, karena lendutan keatasnya paling kecil.

Jadi secara keseluruhan bahwa penampang T dengan  $h/b = 3$  dengan prosentase gaya prategang 75 %, merupakan penampang yang efektif dari segi lendutan sesaat.



Gambar 6.36: Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Lendutan Sesaat

### c. Hubungan Rasio h-b (h/b) Terhadap Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Sesaat

Gambar 6.37 terlihat bahwa semakin besar h/b untuk kondisi yang sama, maka rasio lendutan - panjang bentang untuk setiap penampang semakin kecil. Semakin besar h/b, maka rasio lendutan - panjang bentang pada penampang Persegi semakin kecil yaitu dengan interval 0,00633 - 0,00302, pada penampang T semakin besar h/b, maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval 0,00312 - 0,00156, sedangkan pada penampang I semakin besar h/b, maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval 0,00442 - 0,00281. (Lihat tabel 6.6). Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

a. Penampang persegi :  $\frac{\delta_p}{L} = 0,00633 - 0,00302$

b. Penampang T :  $\frac{\delta_T}{L} = 0,00312 - 0,00156$

c. Penampang I :  $\frac{\delta_I}{L} = 0,00442 - 0,00281$

Jadi apabila lendutan sesaat penampang T ( $\delta_T$ ) dan Penampang I ( $\delta_I$ ) dibandingkan dengan lendutan sesaat penampang Persegi ( $\delta_P$ ), maka akan diperoleh hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang T - Persegi yaitu sebesar 0,51, sedangkan hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang I - Persegi yaitu sebesar 0,81. (Lihat tabel 6.7 dan 6.8) Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

$$a. \frac{\delta_T}{\delta_P} = 0,51$$

$$b. \frac{\delta_I}{\delta_P} = 0,81$$

Tabel 6.6 : Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Sesaat

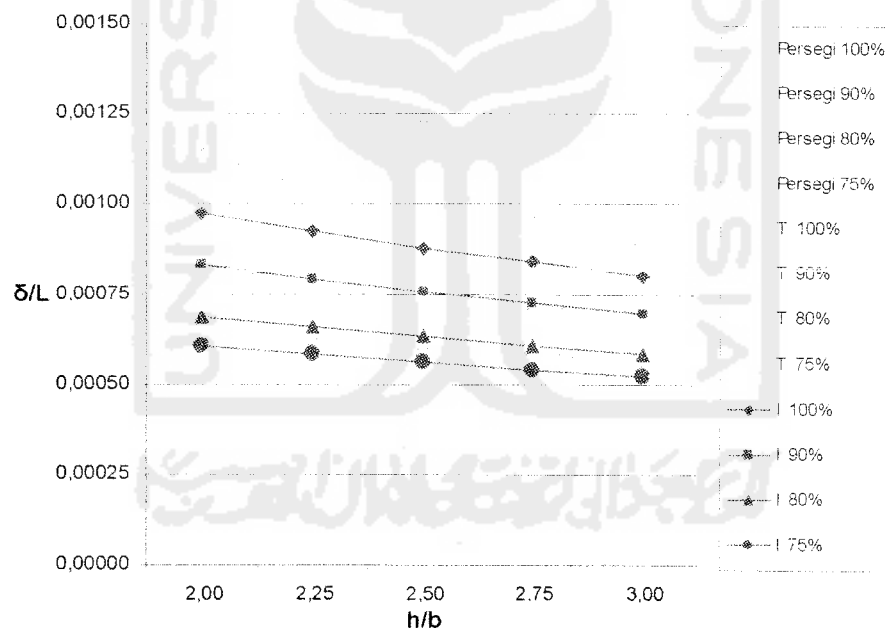
No	h/b	Prosentase Gaya Prategang (%)					Rata2 Keseluruhan Berdasarkan	
		100	90	80	75	Rata-rata	h/b	% Gaya Prategang
		$\delta/L$	$\delta/L$	$\delta/L$	$\delta/L$	$\delta/L$		
	Persegi							
1	2.00	0.001449	0.001148	0.000847	0.000675	0.00412	0.00452	0.00362
2	2.25	0.001306	0.001037	0.000767	0.000614	0.00372		
3	2.50	0.001228	0.000981	0.000733	0.000592	0.00353		
4	2.75	0.001188	0.000956	0.000724	0.000592	0.00346		
5	3.00	0.001155	0.000885	0.000671	0.000549	0.00326		
	<b>Rata-rata</b> Tampang T	0.00633	0.00501	0.00374	0.00302			
1	2.00	0.000682	0.000542	0.000401	0.000321	0.00195	0.00228	0.00182
2	2.25	0.000648	0.000518	0.000389	0.000316	0.00187		
3	2.50	0.000619	0.000500	0.000380	0.000312	0.00181		
4	2.75	0.000597	0.000484	0.000372	0.000308	0.00176		
5	3.00	0.000577	0.000472	0.000366	0.000306	0.00172		
	<b>Rata-rata</b> Tampang I	0.00312	0.00252	0.00191	0.00156			
1	2.00	0.000973	0.000831	0.000688	0.000606	0.00310	0.00355	0.00284
2	2.25	0.000925	0.000792	0.000660	0.000584	0.00296		
3	2.50	0.000879	0.000755	0.000631	0.000560	0.00282		
4	2.75	0.000841	0.000724	0.000607	0.000540	0.00271		
5	3.00	0.000803	0.000692	0.000582	0.000519	0.00260		
	<b>Rata-rata</b>	0.00442	0.00379	0.00317	0.00281			

Tabel 6.7 : Rasio Lentutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lentutan Sesaat

h/b	Tampang T / Tampang Persegi					Tampang I / Tampang Persegi				
	Prosentase Gaya Prategang (%)					Prosentase Gaya Prategang (%)				
	100	90	80	75	Rata2	100	90	80	75	Rata2
2.00	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.67	0.72	0.81	0.90	0.78
2.25	0.50	0.50	0.51	0.51	0.50	0.71	0.76	0.86	0.95	0.82
2.50	0.50	0.51	0.52	0.53	0.51	0.72	0.77	0.86	0.95	0.82
2.75	0.50	0.51	0.51	0.52	0.51	0.71	0.76	0.84	0.91	0.80
3.00	0.50	0.53	0.55	0.56	0.53	0.69	0.78	0.87	0.95	0.82
<b>Rata2</b>	0.49	0.50	0.51	0.52		0.70	0.76	0.85	0.93	

Tabel 6.8 : Rata - Rata Keseluruhan Rasio Lentutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lentutan Sesaat

	Rata-Rata Keseluruhan	
	Tampang T / Tampang Persegi	Tampang I / Tampang Persegi
Berdasarkan h/b	0.51	0.81
Berdasarkan % Gaya Prategang	0.51	0.81

Gambar 6.37: Hubungan Rasio h-b Dengan Rasio Lentutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lentutan Sesaat



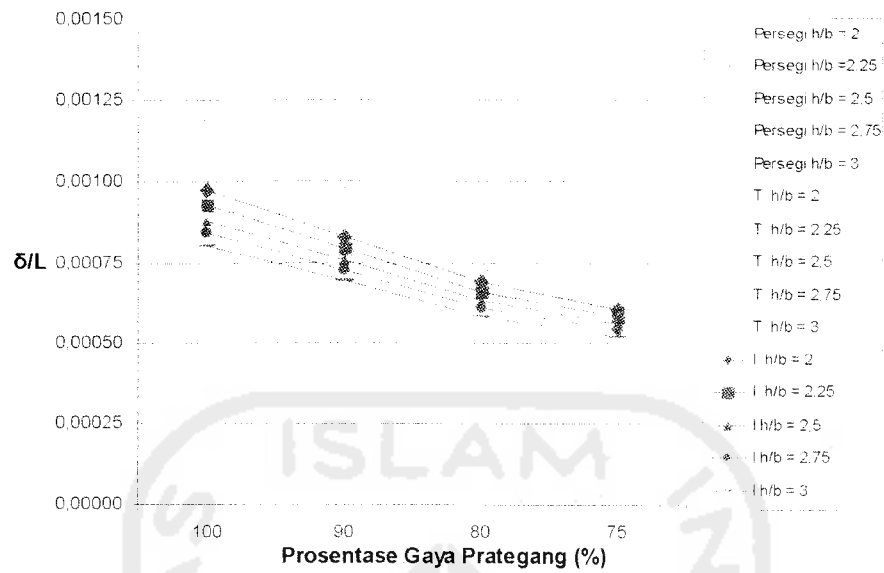
**d. Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Sesaat**

Gambar 6.38 terlihat bahwa semakin besar prosentase gaya prategang untuk kondisi yang sama, maka rasio lendutan - panjang bentang untuk setiap penampang semakin kecil. Semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang pada penampang Persegi semakin kecil yaitu dengan interval 0,00412 - 0,00326, pada penampang T semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval 0,00195 - 0,00172, sedangkan pada penampang I semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval 0,00310 - 0,00260. (Lihat tabel 6.6). Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

- a. Penampang persegi :  $\frac{\delta_P}{L} = 0,00412 - 0,00326$
- b. Penampang T :  $\frac{\delta_T}{L} = 0,00195 - 0,00172$
- c. Penampang I :  $\frac{\delta_I}{L} = 0,00310 - 0,00260$

Jadi apabila lendutan sesaat penampang T ( $\delta_T$ ) dan Penampang I ( $\delta_I$ ) dibandingkan dengan lendutan sesaat penampang Persegi ( $\delta_P$ ), maka akan diperoleh hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang T - Persegi yaitu sebesar 0,51, sedangkan hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang I - Persegi yaitu sebesar 0,81. (Lihat tabel 6.7 dan 6.8) Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

- a.  $\frac{\delta_T}{\delta_P} = 0,51$
- b.  $\frac{\delta_I}{\delta_P} = 0,81$

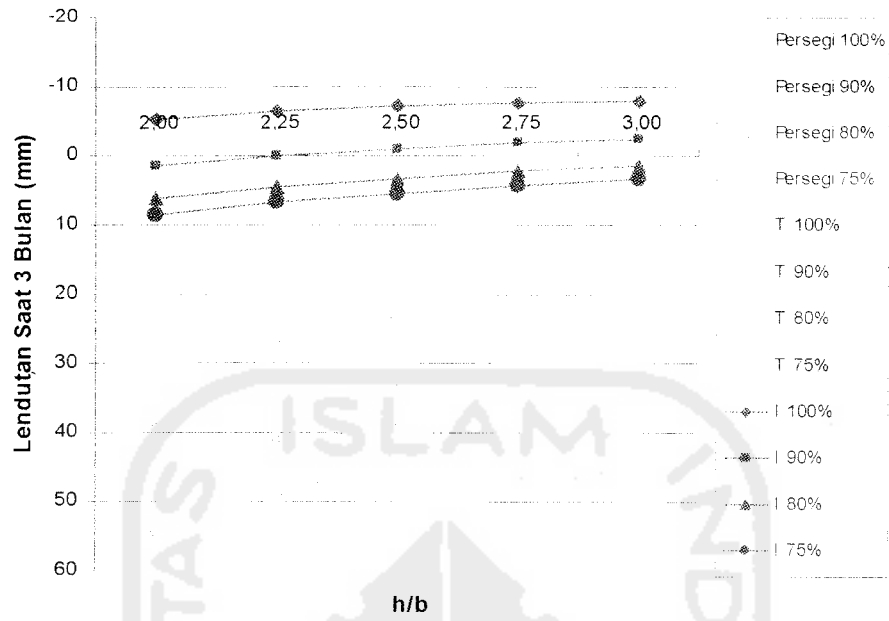


Gambar 6.38: Hubungan Prosentase Gaya Prategang Dengan Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Sesaat

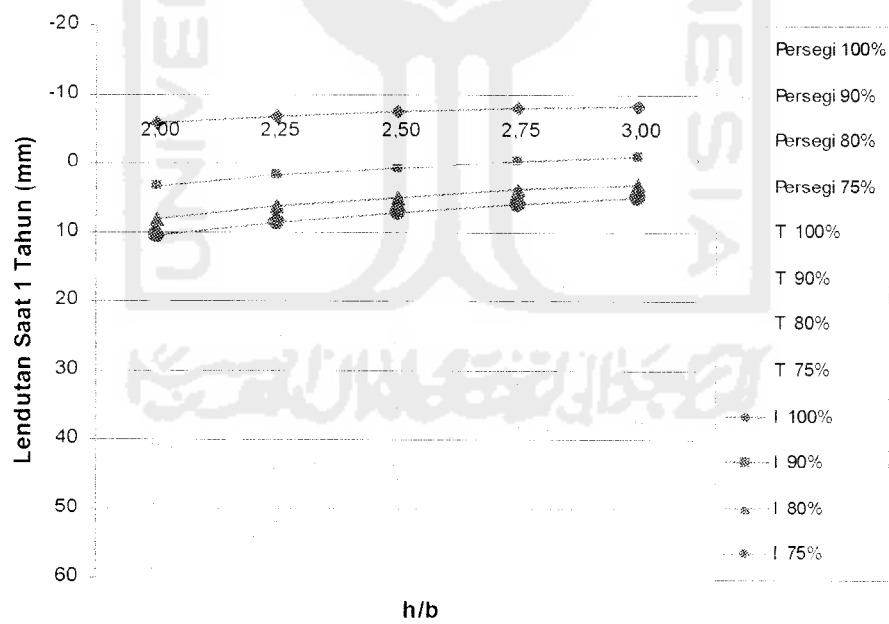
### 3. Lendutan Jangka Panjang

#### a. Pengaruh $h/b$ Terhadap Lendutan

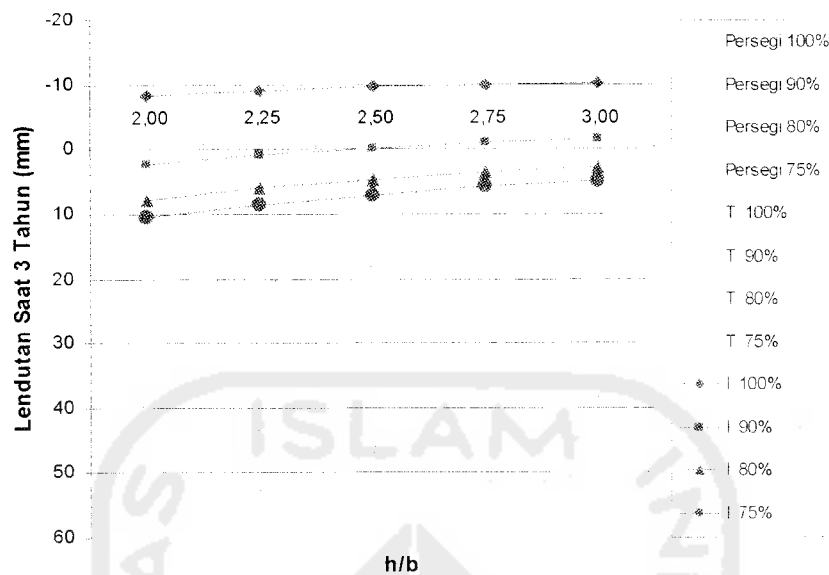
Gambar 6.39 – 6.41 menunjukkan bahwa lendutan dengan metode langkah waktu dengan semakin besar  $h/b$  lendutannya semakin besar. Hal ini disebabkan oleh lendutan ke atas yang semakin kecil. Sedangkan penambahan umur menyebabkan lendutan yang terjadi semakin bertambah kecil, karena lendutan keatasnya semakin besar.



Gambar 6.39: Pengaruh h/b Terhadap Lendutan Pada Saat Umur 3 Bulan



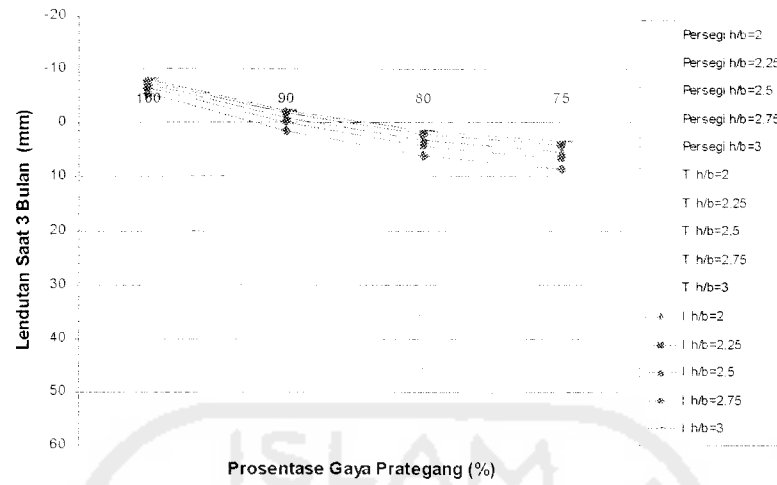
Gambar 6.40: Pengaruh h/b Terhadap Lendutan Pada Saat Umur 1 Tahun



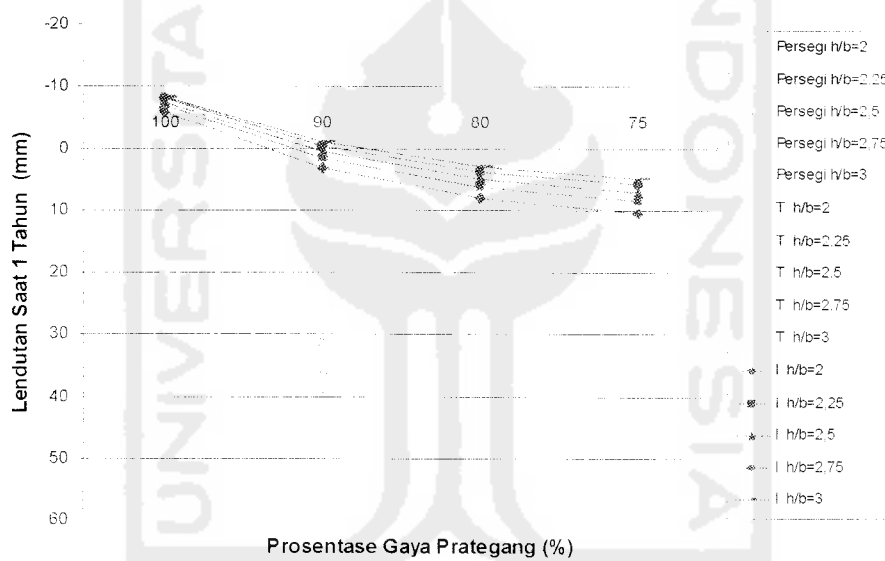
Gambar 6.41: Pengaruh h/b Terhadap Lendutan Pada Saat Umur 3 Tahun

#### b. Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Lendutan

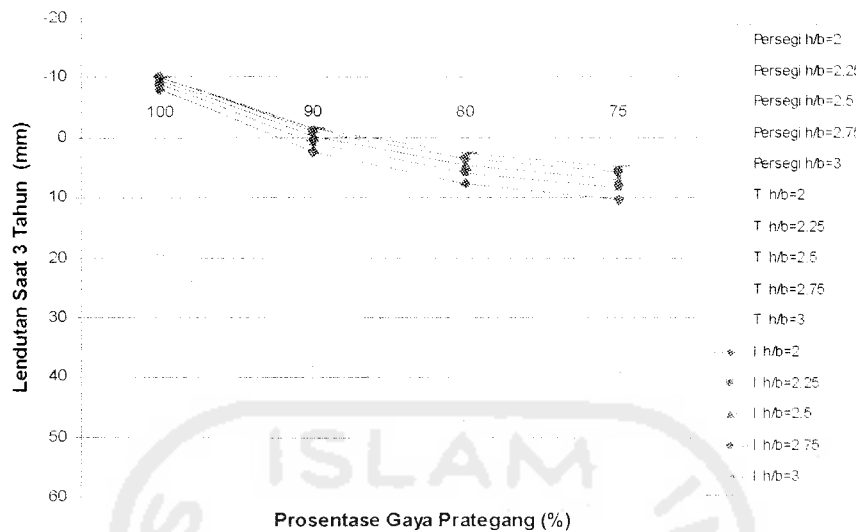
Gambar 6.42 – 6.44 terlihat bahwa semakin kecil prosentase gaya prategang menyebabkan lendutan jangka panjang semakin besar, karena lendutan ke atas yang semakin kecil. Sedangkan penambahan umur menyebabkan lendutan yang terjadi semakin bertambah kecil, karena lendutan keatasnya semakin besar.



Gambar 6.42: Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Lendutan Pada Saat 3 Bulan



Gambar 6.43: Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Lendutan Pada Saat 1 Tahun



Gambar 6.44: Pengaruh Prosentase Gaya Prategang Terhadap Lendutan Pada Saat 3 Tahun

Gambar 6.39 - 6.44 terlihat bahwa dari segi perbandingan  $h/b$  dan prosentase gaya prategang, maka bentuk penampang I mempunyai lendutan yang paling kecil dibandingkan dengan penampang Persegi dan penampang T dikarenakan bentuk penampangannya lebih langsing yaitu dengan perbandingan  $h/b$  yang semakin besar maka inersia penampangannya semakin besar sehingga lendutannya semakin kecil ditambah lagi dengan pemberian prosentase gaya prategang yang semakin kecil mengakibatkan *chamber* semakin kecil akan berpengaruh pada lendutan yang semakin besar. Hal ini sesuai dengan pendapat Irhamny (2001) bahwa, lendutan sesaat akibat gaya prategang dan berat sendiri balok berupa lendutan ke atas yang besarnya semakin bertambah seiring bertambahnya umur beton, serta semakin berkurangnya gaya prategang. Dengan semakin bertambahnya umur pembebanan, superposisi lendutan akan menghasilkan lendutan ke bawah yang semakin kecil dan akhirnya pada umur tertentu dapat terjadi lendutan ke atas.

Sebagian penampang I untuk perbandingan rasio  $h/b$  yang semakin besar terjadi lendutan ke bawah yang semakin kecil dan apabila gaya prategang tidak dikurangi akan mengalami *chamber* yang besar, seperti pada penampang I penuh dan

beberapa penampang I pada kondisi 90 %, sehingga lendutan totalnya masih terjadi *chamber*.

Disimpulkan bahwa penampang I dengan prosentase gaya prategang 90 % pada  $h/b = 3$  merupakan penampang yang paling baik karena lendutan totalnya kecil, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel E.5.3 lampiran E.

**c. Hubungan Rasio  $h/b$  Terhadap Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang**

**1). Umur 3 bulan**

Gambar 6.45 terlihat bahwa semakin besar  $h/b$  untuk kondisi yang sama, maka rasio lendutan - panjang bentang untuk setiap penampang semakin kecil. Semakin besar  $h/b$ , maka rasio lendutan - panjang bentang pada penampang Persegi semakin kecil yaitu dengan interval 0,00457 - 0,00872, pada penampang T semakin besar  $h/b$ , maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval 0,00284 - 0,00457, sedangkan pada penampang I semakin besar  $h/b$ , maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval -0,00137 - 0,00114. (Lihat tabel 6.9). Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

- a. Penampang persegi :  $\frac{\delta_p}{L} = 0,00457 - 0,00872$
- b. Penampang T :  $\frac{\delta_T}{L} = 0,00284 - 0,00457$
- c. Penampang I :  $\frac{\delta_I}{L} = -0,00137 - 0,00114$

Jadi apabila lendutan jangka panjang penampang T ( $\delta_T$ ) dan Penampang I ( $\delta_I$ ) dibandingkan dengan lendutan jangka panjang penampang Persegi ( $\delta_p$ ), maka akan diperoleh hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang T - Persegi yaitu sebesar 0,56, sedangkan hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang I - Persegi yaitu sebesar -0,03. (Lihat tabel 6.10 dan 6.11) Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

$$a. \frac{\delta_{,T}}{\delta_{,P}} = 0,56$$

$$b. \frac{\delta_{,I}}{\delta_{,P}} = -0,03$$

Tabel 6.9 : Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Bulan

No	h/b	Prosentase Gaya Prategang (%)					Rata2 Keseluruhan	
		100	90	80	75	Rata-rata	Berdasarkan	
		$\delta/L$	$\delta/L$	$\delta/L$	$\delta/L$	$\delta/L$	h/b	% Gaya Prategang
	Persegi							
1	2.00	0.00109	0.00155	0.00182	0.00220	0.00666	0.00687	0.00550
2	2.25	0.00106	0.00146	0.00163	0.00198	0.00612		
3	2.50	0.00095	0.00131	0.00159	0.00171	0.00556		
4	2.75	0.00080	0.00115	0.00141	0.00144	0.00481		
5	3.00	0.00067	0.00101	0.00126	0.00139	0.00433		
	<b>Rata-rata</b>	0.00457	0.00649	0.00771	0.00872			
	Tampang T							
1	2.00	0.00079	0.00097	0.00111	0.00114	0.00400	0.00385	0.00308
2	2.25	0.00066	0.00083	0.00096	0.00102	0.00347		
3	2.50	0.00055	0.00072	0.00084	0.00090	0.00300		
4	2.75	0.00046	0.00062	0.00074	0.00080	0.00262		
5	3.00	0.00039	0.00054	0.00066	0.00071	0.00229		
	<b>Rata-rata</b>	0.00284	0.00367	0.00430	0.00457			
	Tampang I							
1	2.00	-0.00021	0.00006	0.00025	0.00034	0.00044	0.00008	0.00006
2	2.25	-0.00026	0.00000	0.00018	0.00027	0.00019		
3	2.50	-0.00028	-0.00004	0.00013	0.00022	0.00002		
4	2.75	-0.00031	-0.00007	0.00009	0.00017	-0.00012		
5	3.00	-0.00032	-0.00009	0.00006	0.00014	-0.00022		
	<b>Rata-rata</b>	-0.00137	-0.00014	0.00070	0.00114			

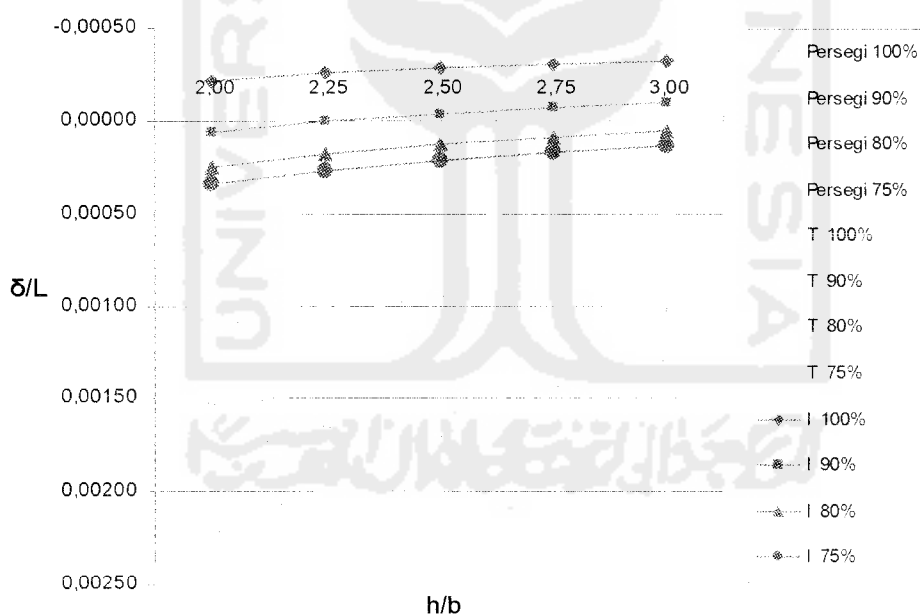


Tabel 6.10 : Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Bulan

h/b	Tampang T / Tampang Persegi					Tampang I / Tampang Persegi				
	Prosentase Gaya Prategang (%)					Prosentase Gaya Prategang (%)				
	100	90	80	75	Rata2	100	90	80	75	Rata2
2.00	0.72	0.62	0.61	0.52	0.62	-0.19	0.04	0.14	0.16	0.03
2.25	0.62	0.57	0.59	0.52	0.57	-0.24	0.00	0.11	0.14	0.00
2.50	0.58	0.54	0.53	0.53	0.55	-0.30	-0.03	0.08	0.13	-0.03
2.75	0.58	0.54	0.52	0.55	0.55	-0.38	-0.06	0.06	0.12	-0.07
3.00	0.57	0.54	0.52	0.51	0.54	-0.47	-0.09	0.05	0.10	-0.11
Rata2	0.61	0.56	0.55	0.53		-0.32	-0.03	0.09	0.13	

Tabel 6.11 : Rata - Rata Keseluruhan Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Bulan

Rata-Rata Keseluruhan		
	Tampang T / Tampang Persegi	Tampang I / Tampang Persegi
Berdasarkan h/b	0.56	-0.03
Berdasarkan % Gaya Prategang	0.56	-0.03



Gambar 6.45: Hubungan h/b Dengan Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Bulan

## 2). Umur 1 tahun

Gambar 6.46 terlihat bahwa semakin besar  $h/b$  untuk kondisi yang sama, maka rasio lendutan - panjang bentang untuk setiap penampang semakin kecil. Semakin besar  $h/b$ , maka rasio lendutan - panjang bentang pada penampang Persegi semakin kecil yaitu dengan interval 0,00428 - 0,00939, pada penampang T semakin besar  $h/b$ , maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval 0,00293 - 0,00502, sedangkan pada penampang I semakin besar  $h/b$ , maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval -0,00146 - 0,00149. (Lihat tabel 6.12). Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

- a. Penampang Persegi :  $\frac{\delta_P}{L} = 0,00428 - 0,00939$
- b. Penampang T :  $\frac{\delta_T}{L} = 0,00293 - 0,00502$
- c. Penampang I :  $\frac{\delta_I}{L} = -0,00146 - 0,00149$

Jadi apabila lendutan jangka panjang penampang T ( $\delta_T$ ) dan Penampang I ( $\delta_I$ ) dibandingkan dengan lendutan jangka panjang penampang Persegi ( $\delta_P$ ), maka akan diperoleh hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang T - Persegi yaitu sebesar 0,59, sedangkan hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang I - Persegi yaitu sebesar -0,01. (Lihat tabel 6.13 dan 6.14) Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

- a.  $\frac{\delta_T}{\delta_P} = 0,59$
- b.  $\frac{\delta_I}{\delta_P} = -0,01$

Tabel 6.12 : Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 1 Tahun

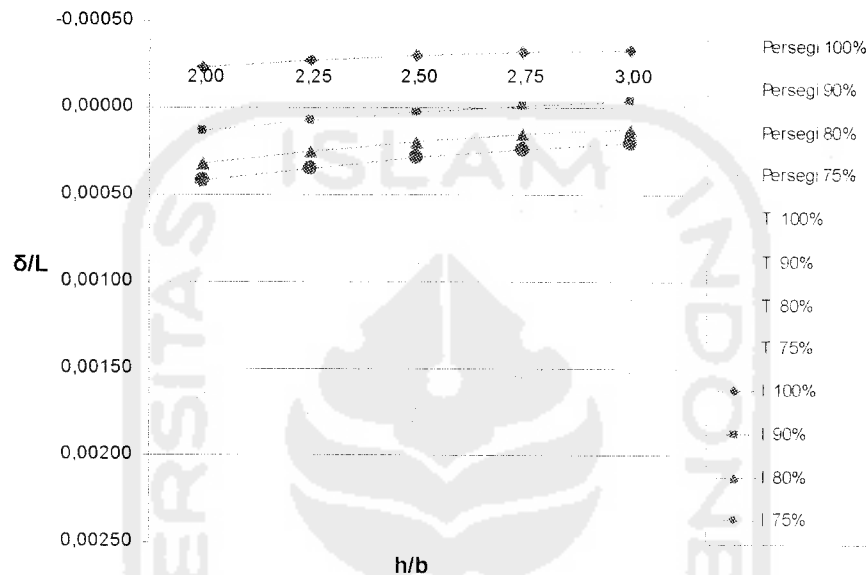
No	h/b	Prosentase Gaya Prategang (%)					Rata2 Keseluruhan Berdasarkan	
		100 $\delta/L$	90 $\delta/L$	80 $\delta/L$	75 $\delta/L$	Rata-rata $\delta/L$	h/b	% Gaya Prategang
	Persegi							
1	2.00	0.00099	0.00166	0.00194	0.00236	0.00695	0.00726	0.00580
2	2.25	0.00099	0.00157	0.00175	0.00212	0.00644		
3	2.50	0.00090	0.00143	0.00172	0.00184	0.00588		
4	2.75	0.00076	0.00126	0.00154	0.00156	0.00511		
5	3.00	0.00064	0.00112	0.00138	0.00151	0.00464		
	<b>Rata-rata</b>	0.00428	0.00704	0.00832	0.00939			
	Tampang T						0.00421	0.00336
1	2.00	0.00081	0.00107	0.00121	0.00124	0.00434		
2	2.25	0.00068	0.00092	0.00106	0.00112	0.00378		
3	2.50	0.00057	0.00080	0.00093	0.00099	0.00329		
4	2.75	0.00048	0.00070	0.00082	0.00088	0.00288		
5	3.00	0.00040	0.00062	0.00073	0.00079	0.00254		
	<b>Rata-rata</b>	0.00293	0.00412	0.00475	0.00502			
	Tampang I						0.00031	0.00025
1	2.00	-0.00023	0.00013	0.00032	0.00042	0.00065		
2	2.25	-0.00027	0.00007	0.00025	0.00034	0.00039		
3	2.50	-0.00030	0.00002	0.00020	0.00029	0.00021		
4	2.75	-0.00032	-0.00001	0.00015	0.00024	0.00006		
5	3.00	-0.00033	-0.00004	0.00012	0.00020	-0.00005		
	<b>Rata-rata</b>	-0.00146	0.00017	0.00105	0.00149			

Tabel 6.13 : Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 1 Tahun

h/b	Tampang T / Tampang Persegi					Tampang I / Tampang Persegi				
	Prosentase Gaya Prategang (%)					Prosentase Gaya Prategang (%)				
	100	90	80	75	Rata2	100	90	80	75	Rata2
<b>2.00</b>	0.82	0.64	0.62	0.53	0.65	-0.23	0.08	0.17	0.18	0.05
<b>2.25</b>	0.68	0.59	0.60	0.53	0.60	-0.28	0.04	0.14	0.16	0.02
<b>2.50</b>	0.63	0.56	0.54	0.54	0.57	-0.33	0.02	0.12	0.16	-0.01
<b>2.75</b>	0.63	0.56	0.54	0.56	0.57	-0.42	-0.01	0.10	0.15	-0.04
<b>3.00</b>	0.62	0.55	0.53	0.52	0.56	-0.52	-0.03	0.09	0.13	-0.08
<b>Rata2</b>	0.68	0.58	0.57	0.54		-0.36	0.02	0.12	0.16	

Tabel 6.14 : Rata - Rata Keseluruhan Rasio Lentutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lentutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 1 Tahun

Rata-Rata Keseluruhan		
	Tampang T / Tampang Persegi	Tampang I / Tampang Persegi
Berdasarkan h/b	0,59	-0,01
Berdasarkan % Gaya Prategang	0,59	-0,01



Gambar 6.46: Hubungan h/b Dengan Rasio Lentutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lentutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 1 Tahun

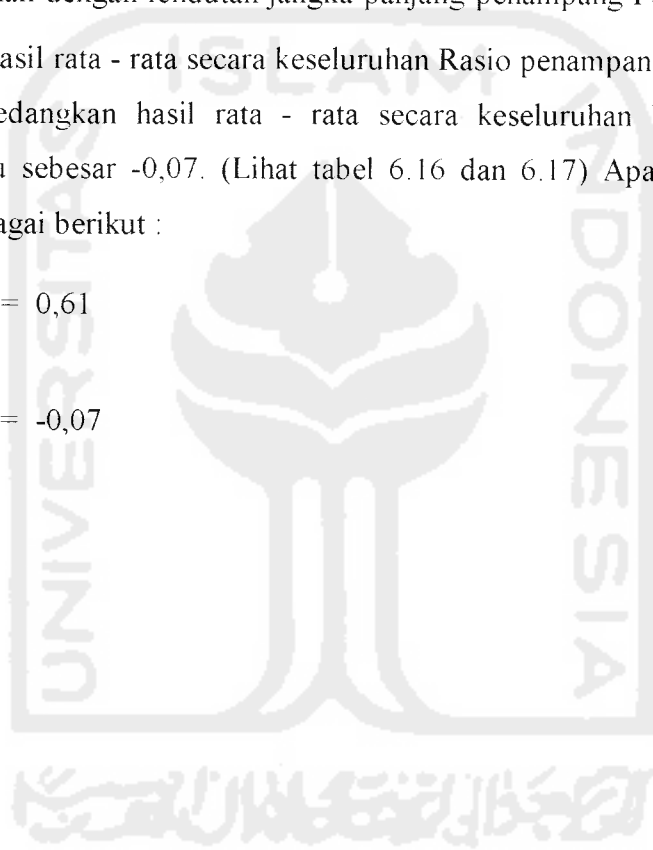
### 3). Umur 3 tahun

Gambar 6.47 terlihat bahwa semakin besar h/b untuk kondisi yang sama, maka rasio lentutan - panjang bentang untuk setiap penampang semakin kecil. Semakin besar h/b, maka rasio lentutan - panjang bentang pada penampang Persegi semakin kecil yaitu dengan interval 0,00347 - 0,00939, pada penampang T semakin besar h/b, maka rasio lentutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval 0,00262 - 0,00504, sedangkan pada penampang I semakin besar h/b, maka rasio lentutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval -0,00188 - 0,00147. (Lihat tabel 6.15). Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

- a. Penampang Persegi :  $\frac{\delta_P}{L} = 0,00347 - 0,00939$
- b. Penampang T :  $\frac{\delta_T}{L} = 0,00262 - 0,00504$
- c. Penampang I :  $\frac{\delta_I}{L} = -0,00188 - 0,00147$

Jadi apabila lendutan jangka panjang penampang T ( $\delta_T$ ) dan Penampang I ( $\delta_I$ ) dibandingkan dengan lendutan jangka panjang penampang Persegi ( $\delta_P$ ), maka akan diperoleh hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang T - Persegi yaitu sebesar 0,61, sedangkan hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang I - Persegi yaitu sebesar -0,07. (Lihat tabel 6.16 dan 6.17) Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

- a.  $\frac{\delta_T}{\delta_P} = 0,61$
- b.  $\frac{\delta_I}{\delta_P} = -0,07$



Tabel 6.15 : Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Tahun

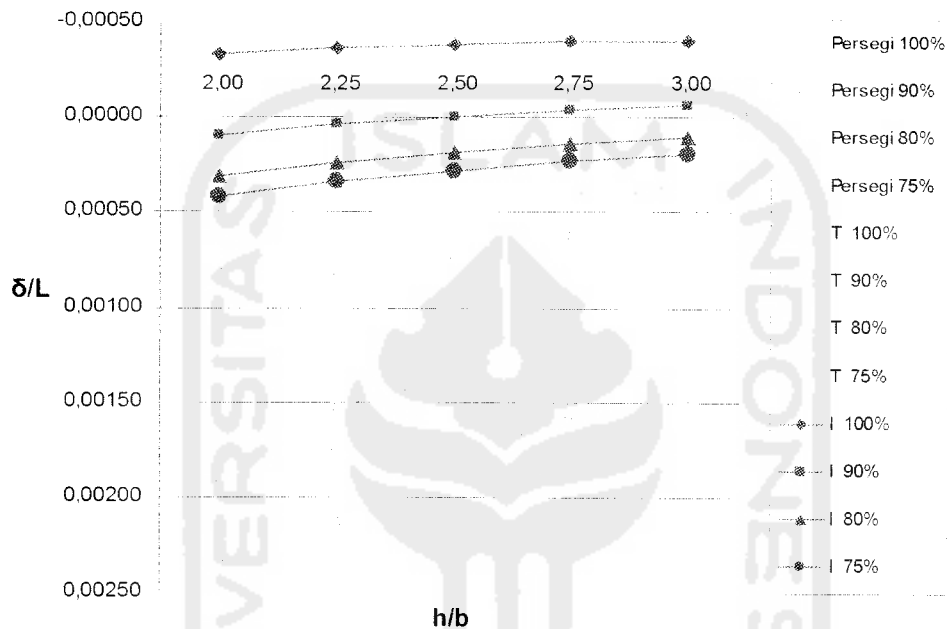
No	h/b	Prosentase Gaya Prategang (%)					Rata2 Keseluruhan Berdasarkan	
		100	90	80	75	Rata-rata	h/b	% Gaya Prategang
		$\delta/L$	$\delta/L$	$\delta/L$	$\delta/L$	$\delta/L$		
	Persegi							
1	2.00	0,00079	0,00160	0,00191	0,00236	0,00666	0,00697	0,00557
2	2.25	0,00082	0,00152	0,00172	0,00213	0,00619		
3	2.50	0,00074	0,00138	0,00171	0,00184	0,00567		
4	2.75	0,00061	0,00122	0,00152	0,00155	0,00491		
5	3.00	0,00050	0,00108	0,00136	0,00151	0,00445		
	<b>Rata-rata</b>	0,00347	0,00679	0,00823	0,00939			
	Tampang T							
1	2.00	0,00074	0,00106	0,00121	0,00125	0,00426	0,00412	0,00329
2	2.25	0,00061	0,00091	0,00106	0,00112	0,00370		
3	2.50	0,00051	0,00079	0,00093	0,00099	0,00322		
4	2.75	0,00042	0,00069	0,00082	0,00088	0,00281		
5	3.00	0,00034	0,00060	0,00073	0,00079	0,00247		
	<b>Rata-rata</b>	0,00262	0,00405	0,00475	0,00504			
	Tampang I							
1	2.00	-0,00033	0,00010	0,00031	0,00042	0,00050	0,00015	0,00012
2	2.25	-0,00036	0,00004	0,00024	0,00034	0,00025		
3	2.50	-0,00038	0,00000	0,00019	0,00028	-0,00008		
4	2.75	-0,00040	-0,00004	0,00014	0,00023	-0,00006		
5	3.00	-0,00041	-0,00006	0,00011	0,00020	-0,00016		
	<b>Rata-rata</b>	-0,00188	0,00003	0,00098	0,00147			

Tabel 6.16 : Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Tahun

h/b	Tampang T / Tampang Persegi					Tampang I / Tampang Persegi				
	Prosentase Gaya Prategang (%)					Prosentase Gaya Prategang (%)				
	100	90	80	75	Rata2	100	90	80	75	Rata2
2.00	0.94	0.66	0.63	0.53	0.69	-0.41	0.06	0.16	0.18	0.00
2.25	0.75	0.60	0.61	0.53	0.62	-0.44	0.02	0.14	0.16	-0.03
2.50	0.68	0.57	0.54	0.54	0.58	-0.52	0.00	0.11	0.15	-0.06
2.75	0.68	0.57	0.54	0.57	0.59	-0.65	-0.03	0.09	0.15	-0.11
3.00	0.68	0.56	0.54	0.53	0.58	-0.81	-0.06	0.08	0.13	-0.16
<b>Rata2</b>	0.75	0.59	0.57	0.54		-0.57	0.00	0.12	0.15	

Tabel 6.17 : Rata - Rata Keseluruhan Rasio Lendutan Penampang T - Penampang Persegi Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Tahun

Rata-Rata Keseluruhan		
	Tampang T / Tampang Persegi	Tampang I / Tampang Persegi
Berdasarkan h/b	0,61	-0,07
Berdasarkan % Gaya Prat	0,61	-0,07



Gambar 6.47: Hubungan h/b b Dengan Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Tahun

#### d. Hubungan Prosentase Gaya Prategang Terhadap Rasio Lendutan - Panjang Bentang ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Ke Atas

##### 1). Umur 3 bulan

Gambar 6.48 terlihat bahwa semakin besar prosentase gaya prategang untuk kondisi yang sama, maka rasio lendutan - panjang bentang untuk setiap penampang semakin kecil. Semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang pada penampang Persegi semakin kecil yaitu dengan interval

0,00666 - 0,00433, pada penampang T semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu dengan interval 0,00400 - 0,00229, sedangkan pada penampang I semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu sebesar dengan interval 0,00044 - (- 0,00022). (Lihat tabel 6.9). Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

a. Penampang persegi :  $\frac{\delta_p}{L} = 0,00666 - 0,00433$

b. Penampang T :  $\frac{\delta_T}{L} = 0,00400 - 0,00229$

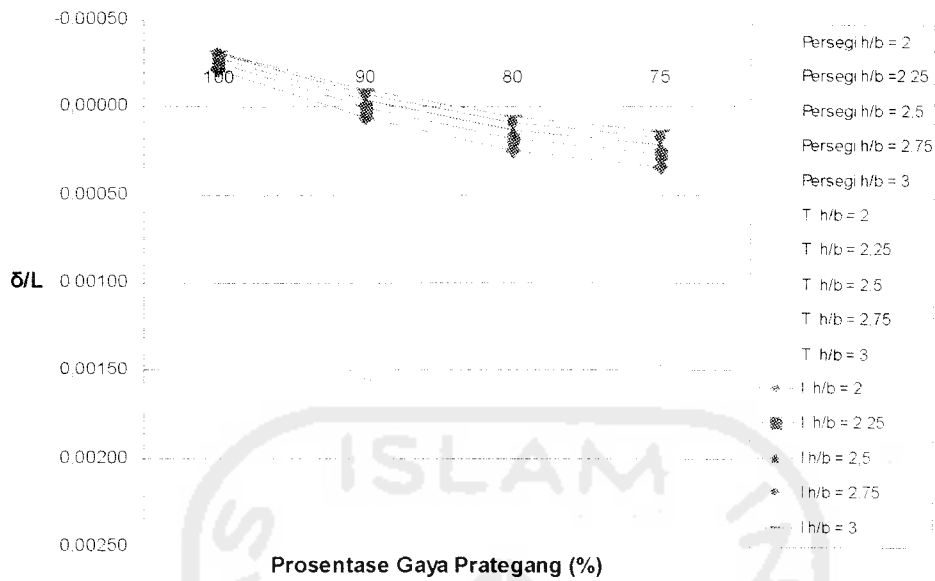
c. Penampang I :  $\frac{\delta_I}{L} = 0,00044 - (- 0,00022)$

Jadi apabila lendutan jangka panjang penampang T ( $\delta_T$ ) dan Penampang I ( $\delta_I$ ) dibandingkan dengan lendutan jangka panjang penampang Persegi ( $\delta_p$ ), maka akan diperoleh hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang T - Persegi yaitu sebesar 0,56, sedangkan hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang I - Persegi yaitu sebesar -0,03. (Lihat tabel 6.10 dan 6.11) Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

a.  $\frac{\delta_T}{\delta_p} = 0,56$

b.  $\frac{\delta_I}{\delta_p} = -0,03$





Gambar 6.48: Hubungan Prosentase Gaya Prategang Dengan ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 3 Bulan

## 2). Umur 1 tahun

Gambar 6.49 terlihat bahwa semakin besar prosentase gaya prategang untuk kondisi yang sama, maka rasio lendutan - panjang bentang untuk setiap penampang semakin kecil. Semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang pada penampang Persegi semakin kecil yaitu interval 0,00695 - 0,00464, pada penampang T semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu interval 0,00434 - 0,00254, sedangkan pada penampang I semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu interval 0,00065 - (- 0,00005). (Lihat tabel 6.12). Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

a. Penampang persegi :  $\frac{\delta_p}{L} = 0,00695 - 0,00464$

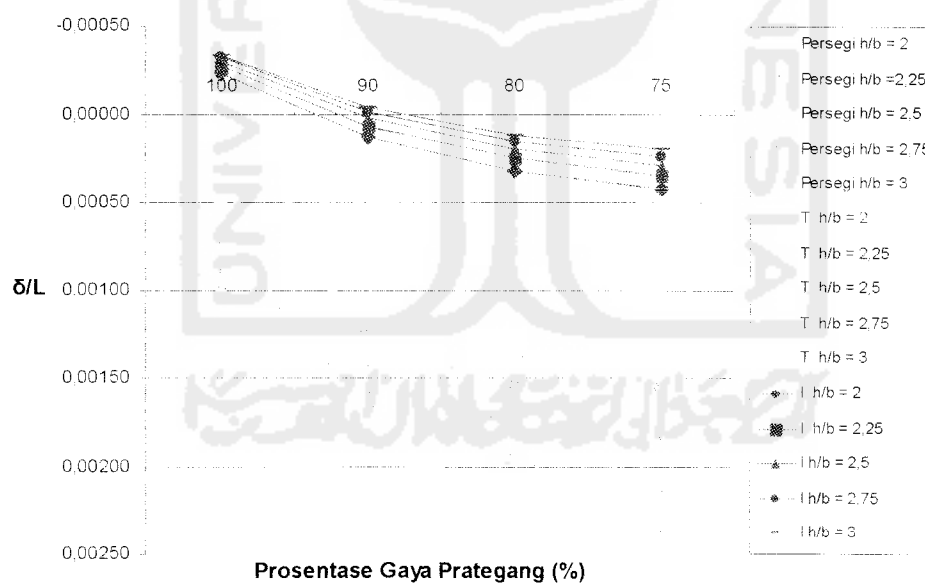
b. Penampang T :  $\frac{\delta_T}{L} = 0,00434 - 0,00254$

c. Penampang I :  $\frac{\delta_I}{L} = 0,00065 - (-0,00005)$

Jadi apabila lendutan jangka panjang penampang T ( $\delta_T$ ) dan Penampang I ( $\delta_I$ ) dibandingkan dengan lendutan jangka panjang penampang Persegi ( $\delta_P$ ), maka akan diperoleh hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang T - Persegi yaitu sebesar 0,59, sedangkan hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang I - Persegi yaitu sebesar -0,01. (Lihat tabel 6.13 dan 6.14) Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

a.  $\frac{\delta_T}{\delta_P} = 0,59$

b.  $\frac{\delta_I}{\delta_P} = -0,01$



Gambar 6.49: Hubungan Prosentase Gaya Prategang Dengan ( $\delta/L$ ) Untuk Lendutan Jangka Panjang Pada Saat Umur 1 Tahun

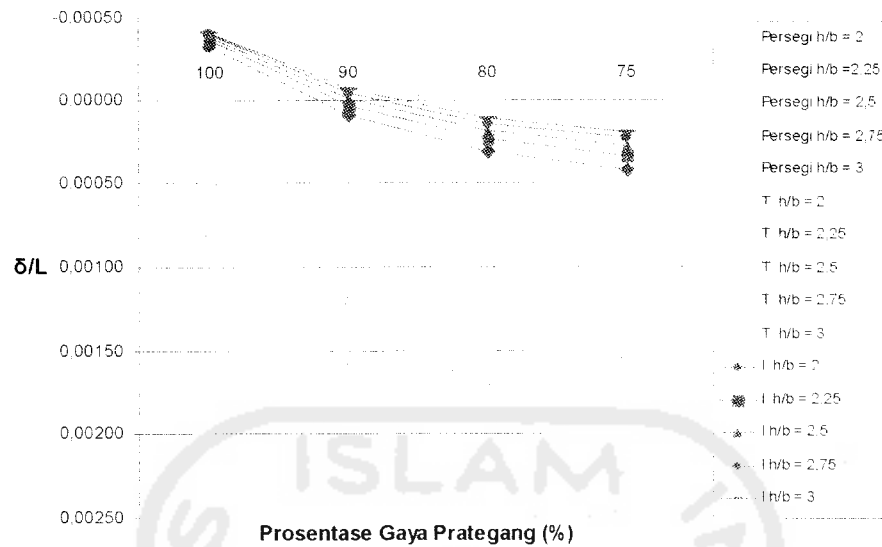
### 3). Umur 3 tahun

Gambar 6.50 terlihat bahwa semakin besar prosentase gaya prategang untuk kondisi yang sama, maka rasio lendutan - panjang bentang untuk setiap penampang semakin kecil. Semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang pada penampang Persegi semakin kecil yaitu interval 0,00666 - 0,00455, pada penampang T semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu interval 0,00426 - 0,00247, sedangkan pada penampang I semakin besar prosentase gaya prategang, maka rasio lendutan - panjang bentang semakin kecil yaitu interval 0,00050 - (- 0,00016). (Lihat tabel 6.15). Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

- a. Penampang persegi :  $\frac{\delta_p}{L} = 0,00666 - 0,00455$
- b. Penampang T :  $\frac{\delta_T}{L} = 0,00426 - 0,00247$
- c. Penampang I :  $\frac{\delta_I}{L} = 0,00050 - (- 0,00016)$

Jadi apabila lendutan jangka panjang penampang T ( $\delta_T$ ) dan Penampang I ( $\delta_I$ ) dibandingkan dengan lendutan jangka panjang penampang Persegi ( $\delta_p$ ), maka akan diperoleh hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang T - Persegi yaitu sebesar 0,61, sedangkan hasil rata - rata secara keseluruhan Rasio penampang I - Persegi yaitu sebesar -0,07. (Lihat tabel 6.16 dan 6.17) Apabila ditulis dalam bentuk rasio sebagai berikut :

- a.  $\frac{\delta_T}{\delta_p} = 0,61$
- b.  $\frac{\delta_I}{\delta_p} = -0,07$



*Gambar 6.50:* Hubungan Prosentase Gaya Prategang Dengan Lendutan Jangka Panjang Terhadap Panjang Bentang Pada Saat Umur 3 Tahun

### 6.2.6 Lendutan Pada Penampang Retak

Mengacu pada Gambar 6.39 - 6.44 dan Lampiran F.1 pada halaman 1-F terlihat ada beberapa garis yang tampak patah tidak seperti garis-garis yang lain hal ini menunjukkan bahwa penampang mengalami retak. Suatu penampang dikatakan retak apabila tegangan yang terjadi melebihi modulus ruptur dan momen akibat beban hidup maksimum tak terfaktor melebihi momen retak, sehingga untuk menghitung lendutan memakai penampang efektif. Adakalanya suatu penampang, tegangan yang terjadi melebihi tegangan ijin tetapi belum melebihi modulus ruptur, maka untuk menghitung lendutan juga memakai penampang efektif.

Semakin kecil prosentase gaya prategang saat layan, tegangan serat bawah semakin besar (tarik semakin besar), karena tegangan akibat baja prategang semakin kecil (desak bertambah besar) dan akibat baja non-prategang tegangannya semakin besar (tarik bertambah besar). Tegangan akibat baja prategang dipengaruhi oleh  $P_e$ , luas transformasi, dan momen total prategang semakin kecil, tetapi eksentrisitas dan

jarak garis netral dengan serat bawah yang semakin besar. Sedangkan tegangan akibat baja non prategang dipengaruhi oleh momen total non-prategang dan modulus penampang bagian bawah yang semakin besar. Akibatnya penampang Persegi pada  $h/b = 2,75$  dengan prosentase gaya prategang 75% tegangan serat bawahnya melebihi tegangan ijin. sedangkan penampang Persegi pada  $h/b = 2$  dengan prosentase gaya prategang 80%, dan penampang Persegi pada  $h/b = 2,25$  dengan prosentase gaya prategang 80% tegangan serat bawah yang terjadi sudah melebihi modulus rupturnya.

Sesuai pendapat Nawy, 2000 bahwa penggunaan baja non-prategang sebagai pengganti sebagian baja prategang yang sengaja dihilangkan dapat menambah kekuatan di daerah tarik sehingga terjadinya retak di beton dapat diminimalisir. Berhubung tegangan yang terjadi pada beton prategang parsial merupakan hasil penjumlahan tegangan akibat baja prategang dengan tegangan akibat baja non-prategang, maka hasilnya melebihi modulus ruptur, maka dikatakan penampang tersebut retak (Lin and Burns, 1982).

Setelah diketahui tegangan yang terjadi melebihi tegangan ijin maupun modulus rupturnya, maka perlu perlu cek terhadap momen kritis penampang, dimana momen akibat beban hidup maksimum tak terfaktor melebihi momen retak (Lin and Burns di dalam Nawy,2000). Retaknya penampang Persegi pada  $h/b = 2$  dengan prosentase gaya prategang 80%, dan penampang Persegi pada  $h/b = 2,25$  dengan prosentase gaya prategang 80%, karena baja prategang yang digunakan semakin sedikit seiring berkurangnya prosentase gaya prategang. Akibatnya gaya prategang efektif semakin kecil selain itu luas transformasi akibat sedikitnya baja prategang menjadi semakin kecil, jarak garis netral ke serat bawah semakin besar, eksentrisitasnya juga semakin besar, sehingga modulus penampang serat bawah menjadi kecil, maka radius girasinya menjadi kecil.

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

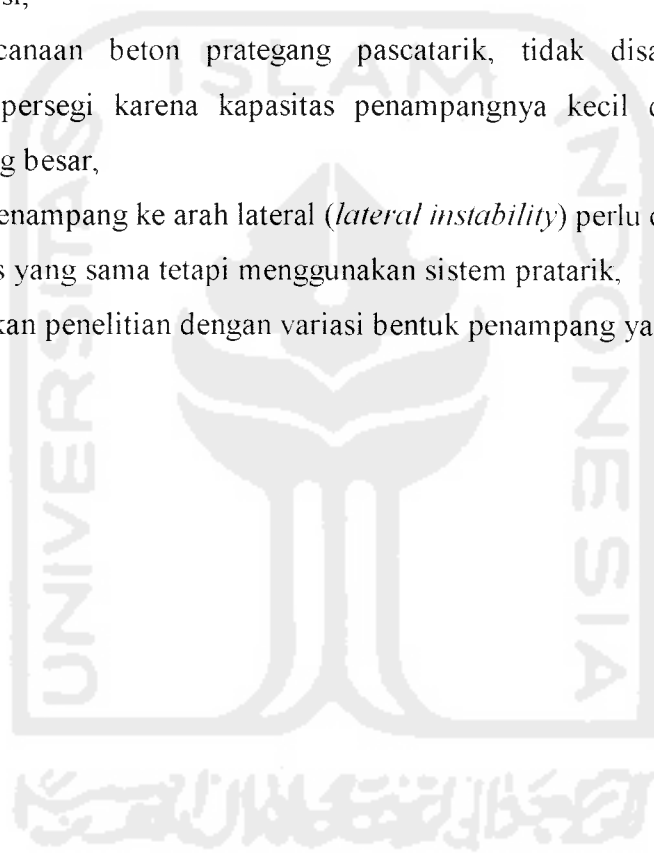
Berdasarkan hasil perhitungan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dari Bab I sampai dengan Bab VII untuk perencanaan balok beton prategang pascatarik dengan luasan beton, luasan baja prategang dan luasan baja non-prategang untuk prategang parsial yang sama, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

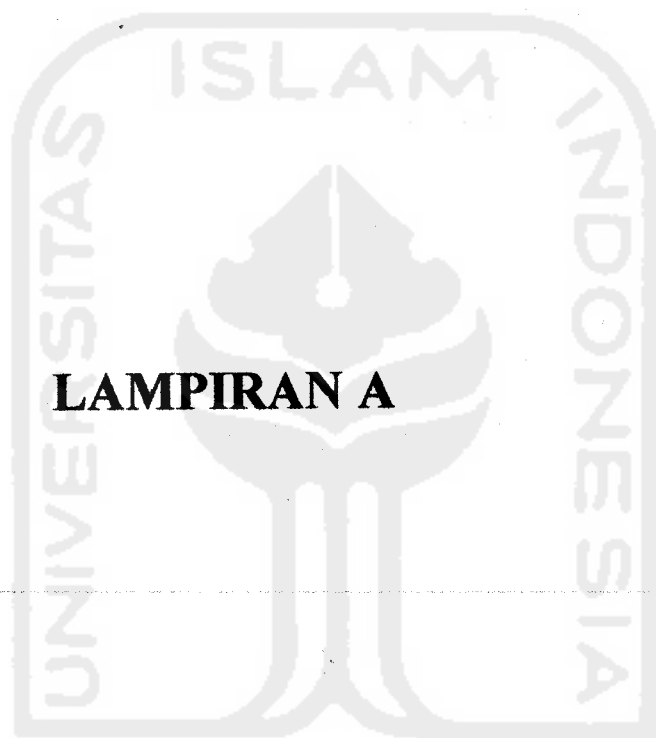
1. Lendutan pada penampang bersayap (T dan I), lebih kecil daripada penampang Persegi. Semakin besar h/b lendutan yang terjadi semakin kecil, sedangkan semakin bertambah umur lendutan yang terjadi semakin besar, semakin kecil prosentase gaya prategang, lendutan yang terjadi semakin kecil, lendutan sesaat yang terjadi semakin kecil
2. Efektifitas penampang ditinjau dari besarnya kapasitas penampang, lendutan jangka panjang yang terjadi, lendutan ke atas, dan kehilangan gaya prategang.
  - a. Kapasitas paling besar terjadi pada penampang I h/b = 3 dengan prosentase gaya prategang 90 %,
  - b. Lendutan jangka panjang paling kecil terjadi pada penampang I h/b = 3 dengan prosentase gaya prategang 75 %,

- c. Lendutan ke atas (*chamber*) paling kecil terjadi pada penampang T  $h/b = 3$  dengan prosentase gaya prategang 75 %,
- d. Kehilangan gaya prategang paling kecil terjadi pada penampang I prategang penuh  $h/b = 3$ .

## 7.2 Saran

1. Pada saat desain dan analisis balok untuk beton prategang, perlu ditinjau masalah geser dan torsi,
2. Pada perencanaan beton prategang pascatarik, tidak disarankan memakai penampang persegi karena kapasitas penampangnya kecil dan menghasilkan lendutan yang besar,
3. Kestabilan penampang ke arah lateral (*lateral instability*) perlu ditinjau,
4. Perlu analisis yang sama tetapi menggunakan sistem pratarik,
5. Perlu dilakukan penelitian dengan variasi bentuk penampang yang lain.





**LAMPIRAN A**

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Tabel A.1.1 Kehilangan Gaya Prategang  $h/b = 2,00$

No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Tendon:					
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- tegangan leleh (0,35 fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
2	Beton					
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45,0000	45,0000	45,0000	45,0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500	42,7500
	- modulus ruptur (fr)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957	4,6957
3	Modulus Elastisitas					
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
4	Angka perbandingan modular					
	a. saat transfer					
	- ncs		6,4432	6,4432	6,4432	6,4432
	b. saat layan					
	- ncs		6,2800	6,2800	6,2800	6,2800
	- fs		6,3435	6,3435	6,3435	6,3435
5	Baja prategang ASTM strand type 13 mm					
	- luas - kabel	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- jumlah kabel yang digunakan	btg	72	65	58	54
	- luas baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106,4000	6.415,5000	6.724,6000	5.329,8000
	- Gaya Prategang awal (Pi)	kN	9.781,2490	8.830,2942	7.679,3394	7.336,9367
6	Tulangan Non-Prategang D25					
	- tegangan leleh	MPa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- luas penampang leleh	mm <sup>2</sup>	0,6920	0,6920	0,6920	0,6920
	- luas penampang	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- jumlah tulangan non-prategang yang dipakai	btg	5	5	9	12
	- luas tulangan non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	2.453,1250	4.415,6250	4.415,6250	5.887,8000

7	Data Struktur							
	- bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- tinggi balok (h)	mm	1.275,0000	1.275,0000	1.275,0000	1.275,0000	1.275,0000	1.275,0000
	- lebar balok (b)	mm	637,5000	637,5000	637,5000	637,5000	637,5000	637,5000
	- luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
	- momen inertiya bruto (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	110.110.693.359,3750	110.110.693.359,3750	110.110.693.359,3750	110.110.693.359,3750	110.110.693.359,3750	110.110.693.359,3750
	- rad. s girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	135.468.7500	135.468.7500	135.468.7500	135.468.7500	135.468.7500	135.468.7500
	- eksentrisitas ditengah bentang (ec)	mm	457,0000	457,0000	457,0000	457,0000	457,0000	457,0000
	<b>III Kehilangan Tegangan Sesaat</b>							
	<b>1 Kehilangan akibat Pergeseran Angkur</b>							
	- pergeseran angkur	mm	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000
	- Δf <sub>pA</sub>	MPa	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800
	<b>2 Kehilangan Akibat Perpindahan Elastis Beton</b>	MPa	-	-	-	-	-	-
	<b>3 Kehilangan Akibat Gesekan</b>							
	- tendon parabola (g)	rad	0,1462	0,1462	0,1462	0,1462	0,1462	0,1462
	- koefisien Wobble (K)		0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
	- koefisien kelengkungan (μ)		0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
	- Δf <sub>cF</sub>	MPa	86,6251	86,6251	86,6251	86,6251	86,6251	86,6251
	<b>4 Keadaan setelah Kehilangan sesaat</b>							
	- Total kehilangan Tegangan (Δf <sub>pT</sub> )	MPa	138,1051	138,1051	138,1051	138,1051	138,1051	138,1051
	- Tegangan tendon (f <sub>pl</sub> )	MPa	1.238,2949	1.238,2949	1.238,2949	1.238,2949	1.238,2949	1.238,2949
	- Gaya Prategang (P <sub>i</sub> )	kN	8.799,8188	7.944,2809	7.088,7429	6.599,8641	6.599,8641	6.599,8641
	<b>III Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>							
	<b>1 Akibat Relaksasi baja</b>							
	- waktu ( hari)	hari	90	90	90	90	90	90
	- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
	- Δf <sub>pR</sub>	MPa	21,4008	21,4008	21,4008	21,4008	21,4008	21,4008

2	<b>Akibat Rangkak</b>								
	- pasca tarik (Kcr)		1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
	- momen akibat beban mati saat transfer (MD)	kNm	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654
	- momen akibat beban total selain yg bkj saat transfer	kNm	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477
	- fcs	MPa	-18,6413	-15,9660	-13,2908	-11,7620	-11,7620	-11,7620	-11,7620
	- fcsd	MPa	13,3324	13,3324	13,3324	13,3324	13,3324	13,3324	13,3324
	- Δf <sub>CR</sub>	MPa	53,3440	26,4627	0,4186	(15,7793)	(15,7793)	(15,7793)	(15,7793)
	- tambahan tegangan (Δf <sub>SD</sub> )	MPa	85,9030	85,9030	85,9030	85,9030	85,9030	85,9030	85,9030
3	<b>Akibat Susut</b>								
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- Δf <sub>SH</sub>	MPa	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172
4	<b>Kehilangan Tegangan total Δf<sub>pT</sub></b>								
	- tegangan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	87,1590	60,2777	33,3964	18,0357	18,0357	18,0357	18,0357
5	<b>Kegagalan setelah terjadi kehilangan tegangan</b>								
	- tegangan efektif f <sub>pe</sub>	MPa	1.151,1359	1.178,0172	1.204,8985	1.220,2592	1.220,2592	1.220,2592	1.220,2592
	- gaya prategang efektif P <sub>e</sub>	kN	8.180,4320	7.557,5692	6.897,5618	6.503,7376	6.503,7376	6.503,7376	6.503,7376
	- LOF	%	16,3662	14,4132	12,4602	11,3441	11,3441	11,3441	11,3441
6	<b>Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun</b>								
	Akibat Relaksasi baja								
	- waktu ( hari )	hari	365	365	365	365	365	365	365
	- waktu (jam)	jam	8.760	8.760	8.760	8.760	8.760	8.760	8.760
	- Δf <sub>pR</sub>	MPa	2,7703	3,1057	3,4534	3,6576	3,6576	3,6576	3,6576
7	<b>Akibat Rangkak</b>								
	( stabil tidak terdapat tambahan kehilangan tegangan )								
8	<b>Akibat Susut</b>								
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- Δf <sub>SH1</sub>	MPa	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571
	- Δf <sub>SH</sub>	MPa	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399
9	<b>Kehilangan Tegangan total Δf<sub>pT</sub></b>								
	- tegangan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	42,1102	42,4456	42,7933	42,9975	42,9975	42,9975	42,9975
	- tegangan efektif f <sub>pe</sub>	MPa	1.109,0256	1.135,5716	1.162,1052	1.177,2617	1.177,2617	1.177,2617	1.177,2617
	- gaya prategang efektif P <sub>e</sub>	kN	7.881,1798	7.285,2596	6.652,5875	6.274,5696	6.274,5696	6.274,5696	6.274,5696
	- LOF	%	19,4256	17,4970	15,5692	14,4681	14,4681	14,4681	14,4681

IV Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun						
1	<b>Akibat Relaksasi baja</b>					
	- waktu ( hari )	hari	1095	1095	1095	1095
	- waktu (jam)	jam	26.280	26.280	26.280	26.280
	- $\Delta f_p R$	MPa	1.7811	2.0259	2.2800	2.4294
2	<b>Akibat Rangkak</b>					
	( stabil, tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan )					
3	<b>Akibat Susut</b>					
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8.00E-04	8.00E-04	8.00E-04	8.00E-04
	- $\Delta f_p S_{Hi}$	MPa	150.8243	150.8243	150.8243	150.8243
	- $\Delta f_p S_H$	MPa	13.1672	13.1672	13.1672	13.1672
4	<b>Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_{pT}</math></b>	MPa	14.9483	15.1931	15.4472	15.5966
5	Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan					
	- tegangan efektif $f_{pe}$	MPa	1.094.0773	1.120.3785	1.146.6580	1.161.6651
	- gaya prategang efektif $P_e$	kN	7.774.9512	7.187.7883	6.564.1583	6.191.4427
	- LOF	%	20.5117	18.6008	16.6915	15.6012

Tabel A.1.2 Prategang Penuh  $h/b = 2,00$ 

I.	Data		
1	Bentang balok (L)	25,0000	m
2	Jarak antar balok (B)	5,0000	m
3	Baja Prategang		
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	1.860,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	1.581,0000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	1.376,4000	Mpa
4	Beton		
	- tegangan tekan ( $f'c$ )	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer ( $f'ci = 0,95 f'c$ )	42,7500	Mpa
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer		
	- serat tekan ( $f'ci$ )	-25,6500	Mpa
	- serat tarik ( $f'ti$ )	1,6346	Mpa
	b. saat layan		
	- serat tekan ( $f'cs$ )	-20,2500	Mpa
	- serat tarik ( $f'ts$ )	3,3541	Mpa
	- serat tekan ( $f'cs$ ) seluruh	-27,0000	Mpa
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang $R = 1 - LOF$	0,8000	
6	Baja Non-Prategang (fpy)	400,0000	Mpa
7	Modulus elastisitas		
	- Baja Prategang ( $E_{ps}$ )	198.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang ( $E_s$ )	200.000,0000	Mpa
	- Beton ( $E_c$ )	31.528,5585	Mpa
	- Beton saat transfer ( $E_{ci}$ )	30.730,2376	Mpa
8	Modulus ruptur ( $f_r$ )	4,6957	Mpa
9	Angka perbandingan modular		
	a. saat transfer		
	- nps	6,4432	
	b. saat layan		
	- nps	5,2800	
	- ns	6,3435	
10	Beban dan berat isi		
	- beban berguna auditorium (W <sub>L</sub> )	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- berat isi :		
	- beton	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- spesi per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	35,0000	%
12	Baja prategang ASTM strand type 13 mm		
	- luas 1 kabel	98,7000	mm <sup>2</sup>
	- diameter selubung	127,0000	mm
	- luas selubung	12.661,2650	mm <sup>2</sup>

<b>II.</b>	<b>Beban dan Momen Batok</b>		
1	Beban mati (wD)	24,7970	kN/m'
	- pelat 20 cm	20,2400	kN/m'
	- traso 3 cm	0,0360	kN/m'
	- spesi 2 cm	0,0210	kN/m'
	- pasir 5 cm	4,5000	kN/m'
2	Beban Hidup (wL)	25,0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan	0,0000	kN/m'
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.328,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.006,1680	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5156	kNm
<b>III.</b>	<b>Besaran Penampang Persegi untuk <math>h/b = 2</math></b>		
1	Modulus penampang Rencana :		
	- Serat Atas (St)	167.623.927,0351	mm <sup>3</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	151.359.881,7291	mm <sup>3</sup>
	- Pakai Modulus Penampang (S)		mm <sup>3</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- h/b	2,0000	
	- Mencari Tinggi Penampang ( $h = (12 \times s)^{1/3}$ )	1.262,3286	mm
	- Dipakai Tinggi Penampang (h)	1.277,9908	mm
	- lebar Penampang (b)	637,5000	
	- dipakai lebar Penampang (b)		mm
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6947	kN/m'
3	Jarak garis netral :		
	- ke serat atas (ct)	637,5000	mm
	- ke serat bawah (cb)	637,5000	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-12,0077	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	9.760,0139	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	7.090,9720	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	71,8437	btg
	- jumlah kabel yang digunakan	72	btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg)	2	bh
	- luas tendon yang digunakan	7.106,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	- Serat Atas (St)	172.722.656,2500	mm <sup>3</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	172.722.656,2500	mm <sup>3</sup>

9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	446,0066	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)	457,0000	mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	180,5000	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)	1.094,5000	mm
<b>IV. Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>			
<b>IV.1. Saat Transfer (Pakai penampang bruto )</b>			
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	637,5000	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	637,5000	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	457,0000	mm
	- Momen Inertia bruto (I <sub>g</sub> )	110.110.693.359,3750	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	135.468,7500	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	172.722.656,2500	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	172.722.656,2500	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.460,5225	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.138,5654	kNm
3	Tegangan yang terjadi		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>IV.2. Saat Layan (Pakai penampang transformasi )</b>			
	- Gaya prategang efektif (Pe)	8.180,4320	
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	850.334,4391	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	657,6656	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	617,3344	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	436,8344	mm
	- Momen Inertia transformasi (I <sub>trans</sub> )	117.601.322.225,2710	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	138.300,0815	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	190.498.580,9261	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	178.816.282,3114	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Total (MT)	5.350,9131	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>cs</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ts</sub>		aman

<b>V.</b>	<b>Momen Kapasitas Penampang</b>		
1	Koefisien Beton karena $f_c > 30 \text{ Mpa}$ ( $\beta_1$ )	0,7300	
2	Tegangan baja (fps)		
	- tegangan leleh ( $f_{py} = 0,85 f_{pu}$ )	1.581,0000	MPa
	- rasio tulangan prategang	0,0102	
	- koefisien jenis baja prategang	0,4000	
	- tegangan pengganti tegangan leleh (fps)	1.430,9537	MPa
	- Dipakai fps	1.430,9537	MPa
3	Beton Tekan		
	- luas beton tekan	265.854,3556	mm <sup>2</sup>
	- tinggi blok tekan (a)	417,0264	mm
	- gaya tekan	10.168,9291	kN
4	Periksa rasio prategang :		
	- syarat batas ( $0,36 \beta_1$ )	0,2628	
	- rasio prategang	0,3239	
	- kapasitas dihitung berdasarkan	<b>C (Tekan)</b>	
5	lengan gaya dalam (z)	885,9868	mm
6	Momen Nominal penampang ( $M_n$ tersedia)		kNm
7	Momen yang bekerja		
	- Momen terfaktor ( $M_u$ )	7.202,3457	kNm
	- Momen Nominal perlu ( $M_n$ perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( $M_n$ tersedia - $M_n$ perlu )		kNm
<b>VI.</b>	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
<b>VI.1.</b>	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>		
	- Gaya Prategang efektif sesaat ( $P_e$ )	8.799,8188	kN
	- Lendutan Ke Atas/Chamber ( $\delta_{pi}$ )	-77,3755	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3733	kN/m'
	- Lendutan Ke Bawah ( $\delta_D$ )	41,1468	mm
	- <b>Total Lendutan Jangka Pendek (<math>\delta_T</math>)</b>		mm (!)
<b>VI.2.</b>	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	<b>Lendutan dasar</b>		
	- Lendutan Akibat Beban Mati ( $\delta_D$ )	36,3299	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar ( $\delta_G$ )	27,3895	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup ( $\delta_L$ )	36,6273	mm
1	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	<b>Faktor pengali PCI</b>		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,8500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	- <b>Lendutan Total (<math>\delta_{\tau}</math>)</b>		mm (!)
	- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm



2	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>		
	- Koefisien Koreksi Rangkak ( $K_r$ )	1,0900	
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	1.600,8170	kN
	- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan ( $P_e$ )	8.180,4320	kN
	- LOF	16,3662	%
	- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,9182	
	- Waktu (t)	90	Hari
	- Koefisien Rangkak Ultimit ( $C_u$ )	2,3500	
	- Koefisien Rangkak Waktu T ( $C_t$ )	1,4054	
	- Faktor Berkaitan Umur Beton ( $K_a$ )	0,7350	
	- Lendutan yang terjadi		
	- akibat chamber	-149,1005	mm
	- akibat beban gelagar	65,8824	mm
	- akibat beban mati	73,8593	mm
	- akibat beban hidup	36,6273	mm
	- <b>Lendutan Total (<math>\delta_T</math>)</b>		
	- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm
	<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>		
	- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	1.642,9272	kN
	- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun ( $P_e$ )	7.881,1798	kN
	- LOF	19,4256	%
	- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,9160	
	- Waktu (t)	365	Hari
	- Koefisien Rangkak Ultimit ( $C_u$ )	2,3500	
	- Koefisien Rangkak Waktu T ( $C_t$ )	1,8215	
	- Faktor Berkaitan Umur Beton ( $K_a$ )	0,6231	
	- Lendutan yang terjadi		
	- akibat chamber	-166,6754	mm
	- akibat beban gelagar	77,2791	mm
	- akibat beban mati	77,5635	mm
	- akibat beban hidup	36,6273	mm
	- <b>Lendutan Total (<math>\delta_T</math>)</b>		
	- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm
	<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>		
	- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	1.657,8755	kN
	- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun ( $P_e$ )	7.774,9512	kN
	- LOF	20,5117	%
	- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,9153	
	- Waktu (t)	1.095	Hari
	- Koefisien Rangkak Ultimit ( $C_u$ )	2,3500	
	- Koefisien Rangkak Waktu T ( $C_t$ )	2,0433	
	- Faktor Berkaitan Umur Beton ( $K_a$ )	0,5473	

- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-177,2299	mm
- akibat beban gelagar	83,3548	mm
- akibat beban mati	76,9611	mm
- akibat beban hidup	36,6273	mm
<b>- Lendutan Total (<math>\delta_t</math>)</b>		
- Batas Lendutan $< L/240$	<b>104,1667</b>	mm



Tabel A.2.3 Prategang Parsial  $h/b = 2,00$ 

No.	DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
I	Bentang balok (L)	m	25,0000	25,0000	25,0000
II	Jarak antar balok (E)	m	5,0000	5,0000	5,0000
III	Baja Prategang				
	- Tegangan Ultimit : $f_{tm}$ (fpu)	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- tegangan leleh ( $0,65 f_{pu}$ )	MPa	1.531,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- tegangan ijin saat transfer ( $0,74 f_{pu}$ )	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
IV	Beton				
	- tegangan tekan ( $f_c$ )	MPa	45,0000	45,0000	45,0000
	- tegangan tekan saat transfer ( $f_{ci} = 0,95 f_c$ )	MPa	42,7500	42,7500	42,7500
	- tegangan ijin				
a	saat transfer				
	- serat tekan ( $f_{ct}$ )	MPa	-25,6500	-25,6500	-25,6500
	- serat tarik ( $f_{ct}$ )	MPa	1,6346	1,6346	1,6346
b	saat layan				
	- serat tekan ( $f_{cs}$ )	MPa	-20,2500	-20,2500	-20,2500
	- serat tarik ( $f_{cs}$ )	MPa	3,3541	3,3541	3,3541
	- serat tekan ( $f_{cs}$ seluruh)		-27,0000	-27,0000	-27,0000
E	LOF = 20% --> rasio penilangan prategang ( $R = 1 - LOF$ )		0,8000	0,8000	0,8000
F	Modulus elastisitas				
	- Baja Prategang ( $E_{ps}$ )	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
	- Baja Non-Prategang ( $E_s$ )	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
	- Beton ( $E_c$ )	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
	- Beton saat transfer ( $E_{ci}$ )	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
	- Modulus ruptur ( $f_r$ )	MPa	4,6957	4,6957	4,6957
G	Angka perbandingan modular				
a	saat transfer				
	- ps		6,4432	6,4432	6,4432
b	saat layan				

- nps			6.2800	6.2800	6.2800	6.2800
- ns			6.3435	6.3435	6.3435	6.3435
<b>9 Beban dan berat isi</b>						
- beban berguna auditorium (WL)	kN/m'		25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
- Beban mati (wD)	kN/m'		24,7970	24,7970	24,7970	24,7970
- Berat gelegar sebenarnya (wG)	kN/m'		18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
- Total beban	kN/m'		68,4917	68,4917	68,4917	68,4917
10 Saat transfer beban mati yang telah bekerja	%		35,0000	35,0000	35,0000	35,0000
11 Saja prategang ASTM strand type 13 mm						
- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>		98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
- diameter selubung	mm		127,0000	127,0000	127,0000	127,0000
- luas selubung	mm <sup>2</sup>		12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650
- jumlah kabel yang dipakai ( 100% )	btg		72	72	72	72
- luas kabel yang dipakai ( 100% )	mm <sup>2</sup>		7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000
<b>12 Tulangan Non-Prategang</b>						
- tegangan leleh	MPa		400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
- diameter	mm		25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>		490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
- regangan leleh			0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
<b>13 Momen-momen yang bekerja</b>						
- saat transfer	kNm		2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654
- saat layan / momen total	kNm		5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131
- momen terfaktor (Mu)	kNm		7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457
- momen nominal (Mn)	kNm		9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321
14 ukuran balok						
- tinggi (h)	mm		1,275,0000	1,275,0000	1,275,0000	1,275,0000
- lebar (b)	mm		637,5000	637,5000	637,5000	637,5000
<b>II. PRATEGANG PARSIAL</b>						
- tendon yang digunakan						
- unitian tendon	btg		54,6000	57,6000	54,6000	54,6000
- jumlah tendon digunakan	btg		54,6000	57,6000	54,6000	54,6000
- luas tendon	mm <sup>2</sup>		6,415,5000	5,724,6000	6,415,5000	5,329,8000

2	Gaya Prategang					
	- gaya prategang awal (Pi)	kN	8.830,2942	7.879,3394	7.335,9367	
	- gaya prategang efektif (Pe)	kN	7.064,2354	6.303,4716	5.868,7494	
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	mm	180,5000	180,5000	180,5000	
	- tinggi Efektif Penampang (de)	mm	1.094,5000	1.094,5000	1.094,5000	
III.	TUL. NON-PRATEGANG dan KAPASITAS PENAMPANG					
1	Tinggi Efektif Penampang Prategang (dp)	mm	1.094,5000	1.094,5000	1.094,5000	
2	Tinggi efektif non-prategang ( d )	mm	1.175,0000	1.175,0000	1.175,0000	
3	Koefisien Beton karena $f_c > 30$ Mpa ( $\beta_1$ )		0,7300	0,7300	0,7300	
4	Tegangan leleh pengganti baja prategang (fps)	MPa	1.430,9537	1.430,9537	1.430,9537	
5	Gaya-gaya dalam					
	- Gaya tekan (C = 0,85 f <sub>c</sub> b a')	a N	24.384,3750	24.384,3750	24.384,3750	
	- Gaya tarik					
	- baja prategang (T <sub>ps</sub> = A <sub>ps</sub> fps)	N	9.180.283,2158	8.191.637,3311	7.626.696,8255	
	- baja non-prategang					
	- di mana ( D25 )	btg			42	
	- luas	mm <sup>2</sup>	2.453,1250	4.415,6250	5.887,5000	
	- T <sub>s</sub> = f <sub>s</sub> fy	N	981.250,0000	1.766.250,0000	2.355.000,0000	
6	Keseimbangan Gaya-gaya dalam (C = T <sub>ps</sub> + T <sub>s</sub> )					
	- tinggi boy tekan (a)	mm	416,7231	408,3716	409,3481	
	- letak garis netral (x)	mm	570,6536	559,4132	560,7508	
	- regangan tulangan non-prategang		0,0032	0,0033	0,0033	
	- rasio tulangan prategang	(leleh)	(leleh)	(leleh)	(leleh)	
	- syarat batas (0,36 β <sub>1</sub> )		0,0092	0,0082	0,0076	
	- rasio prategang		0,2628	0,2628	0,2628	
	- kapasitas dihitung berdasarkan		0,2609	0,2609	0,2429	
7	Momen Nominal					
	- Momen Baja dalam					
	- z1	mm	886,1364	890,3142	889,8260	
	- z2	mm	966,6364	970,8142	970,3260	

	- Momen nominal (Mn)	kNm	9.083,5157 (memenuhi)	9.007,8314 (memenuhi)	9.071,5505 (memenuhi)
	- Kelebihan kapasitas (Mn tersedia - Mn perlu)	kNm	90.5408	1.0002	90.5410
<b>IV. KONTROL TEGANGAN</b>					
<b>1. Saat Transfer</b>					
(tampang cruto, tulangan non-prategang belum bekerja)					
a.	Propertis penampang				
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000
	- Jarak garis netra ke serat atas (ct)	mm	637,5000	637,5000	637,5000
	- Jarak garis netra ke serat bawah (cb)	mm	637,5000	637,5000	637,5000
	- Momen inertia (Ig)	mm <sup>4</sup>	110.110.693.359,3750	110.110.693.359,3750	110.110.693.359,3750
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	172.722.656,2500	172.722.656,2500	172.722.656,2500
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	172.722.656,2500	172.722.656,2500	172.722.656,2500
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	135.468,7500	135.468,7500	135.468,7500
	- e ditengah bentang	mm	457,0000	457,0000	457,0000
b.	Tegangan yang terjadi				
	- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
<b>2. Saat Layan</b>					
(tampang transformasi, tulangan non-prategang sudah bekerja)					
	- Gaya Prategang efektif (Pe)	kN	7.557,5692	6.897,5618	6.503,7376
	- baja non-prategang sudah bekerja dan leleh				
	- Momen total prategang	kN	4.815,8218	4.280,7305	4.013,1848
	- Momen total non-prategang	kN	535,0913	1.070,1826	1.337,7283
a.	Prategang				
	- luas tampang (A <sub>p</sub> )	mm <sup>2</sup>	846.686,4728	843.038,5065	840.953,9543
	- Jarak garis netra ke serat atas (ct)	mm	652,7836	653,6851	652,7836
	- Jarak garis netra ke serat bawah (cb)	mm	619,2165	621,1149	622,2071
	- e prategang	mm	438,7165	440,6149	441,7071

- Momen inerti (I trans)	mm <sup>4</sup>	116.902.202.467.2220	116.197.032.296.7670	115.791.331.100.4210
- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	178.263.404.9727	177.702.518.6670	177.378.349.0933
- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	188.790.520.7093	187.078.164.7142	186.097.740.6163
- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	138.070.2376	137.831.2276	137.690.4532
- Tegangan serat atas	MPa	-17,3416	-15,1685	-14,1632
- Tegangan serat bawah	MPa	-0,9797	-1,5452	-1,6056
<b>b. Beton Bertulang</b>				
- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	825.920.6637	836.407.1946	844.272.0926
- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	646,0306	652,6629	657,5285
- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	628,9694	622,3374	617,4715
- e prategang	mm	448,4694	441,8374	436,9715
- Momen inerti (I trans)	mm <sup>4</sup>	113.837.619.917,2150	116.735.053.140,9460	118.860.893.250,5410
- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	176.210.866,1141	178.859.711,6697	180.769.179,3688
- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	180.990.726,2561	187.575.199,9664	192.496.171,1219
- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	137.831,1803	139.567,2513	140.785,0553
- Tegangan serat atas	MPa	-3,0367	-5,9834	-7,4002
- Tegangan serat bawah	MPa	2,9565	5,7054	6,9494
<b>c. Tegangan yang terjadi</b>				
- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
- serat bawah	MPa	(aman)	(tidak aman)	(tidak aman)
<b>VI.1. Lentutan Jangka Pendek</b>				
- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	kN	7.944,2869	7.088,7429	6.599,8641
- Lenturan Ke Atas/Chamber (δ <sub>pl</sub> )	mm	-69,8529	-62,3302	-58,0316
- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	kN/m'	27,3736	27,3736	27,3736
- Lenturan Ke Bawah (δ <sub>D</sub> )	mm	41,1468	41,1468	41,1468
- Total Lenturan Jangka Pendek (δ <sub>T</sub> )	mm (")			

VI.2. Lendutan Jangka Panjang						
- M <sub>cr</sub>	kNm	5.887,2963	5.448,2731	5.185,8496		
- Momen Beban hidup maks tak terfaktor M <sub>h</sub>	kNm	5.350,9131	5.350,9131	5.350,9131		
- Kondisi Perampang		(belum retak)	(belum retak)	(retak)		
- Analisis lendutan berdasarkan penampang		(bruto)	(efektif)	(efektif)		
- Rasio perintang/prategang (pp)			0,0082	0,0076		
- Rasio tendangan/prategang			0,0059	0,0079		
- Rasio tendangan/prategang	mm	42.740,367.384,4745	45.788.728.054,5854			
- Rasio efektif (le)	mm	1.0182		0,9692		
- M <sub>cr</sub>	mm	113.855.423.791,8910	104.339.869.993,2750			
- Rasio efektif (le)						
Beban-besaran :						
- Prategang						
- akibat beban mati	kN/m'	24,7970	24,7970	24,7970		
- akibat beban gelagar	kN/m'	18,6947	18,6947	18,6947		
- akibat beban hidup	kN/m'	18,1305	11,3917	11,3917		
- Beton selang						
- akibat beban hidup	kN/m'	36,3299	36,3299	36,3299		
- Lendutan Besar	mm	27,3895				
- Lendutan - Akibat Beban Mati (δ <sub>D</sub> )	mm					
- Lendutan - Akibat Berat Gelagar (δ <sub>G</sub> )	mm					
- Lendutan - Akibat Beban Hidup (δ <sub>L</sub> )	mm					
1 Metode Pengali PCI						
Faktor pengali PCI						
- Akibat Pember		1,5787	1,4516	1,3801		
- Akibat beban mati		1,6149	1,4799	1,4039		
- Akibat beban sendiri		2,4468	2,1291	1,9503		
- Lendutan total (δ <sub>t</sub> )	mm (L)					
- Batas lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667		
2 Metode Langkah Waktu Pendekatan						
- Lendutan Efektif Rangkak (K <sub>r</sub> )		0,7234	0,5645	0,4751		



<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>						
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	KN	1.272,7250	981,7777	832,1992		
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan ( $P_e$ )	KN	7.557,5692	6.897,5618	6.503,7376		
- LOF	%	14,4132	12,4602	11,3441		
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,9279	0,9377	0,9433		
- Waktu (t)	Hari	90	90	90		
- Koefisien Rangsang Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500		
- Koefisien Rangsang Waktu T (Ct)		1,4054	1,4054	1,4054		
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,7350	0,7350	0,7350		
- Lendutan yang terjadi						
- akibat chamber	mm	-116,5375	-95,7269	-84,5240		
- akibat beban gelagar	mm	55,2350	47,5048	48,2054		
- akibat beban mati	mm	63,4784	57,5169	54,1616		
- akibat beban hidup	mm	36,6273	36,0827	37,2656		
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )	mm (↓)	38,8932	45,3776	50,1987		
- Batas Lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667		
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>						
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	KN	1.545,0346	1.226,7520	1.061,3672		
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun ( $P_e$ )	KN	7.285,2596	6.652,5875	6.274,5696		
- LOF	%	17,4970	15,5692	14,4681		
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,9125	0,9222	0,9277		
- Waktu (t)	Hari	365	365	365		
- Koefisien Rangsang Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500		
- Koefisien Rangsang Waktu T (Ct)		1,8215	1,8215	1,8215		
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,6231	0,6231	0,6231		
- Lendutan yang terjadi						
- akibat chamber	mm	-121,7440	-100,9382	-88,1719		
- akibat beban gelagar	mm	63,4793	53,7272	53,9300		
- akibat beban mati	mm	66,1560	59,6081	55,9217		
- akibat beban hidup	mm	36,6273	36,0827	37,2656		
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )	mm (↓)					
- Batas Lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667		

<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>					
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	KN	1.642,5059	1.315,1811	1.144,4940	
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun ( $P_e$ )	KN	7.187,7883	6.564,1583	6.191,4427	
- $\Delta CF$	%	18,6008	16,6915	15,6012	
- Faktor Pengkala Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,9070	0,9165	0,9220	
- Waktu ( $t$ )	Hari	<b>1,095</b>	<b>1,095</b>	<b>1,095</b>	
- Defleksi Bebas Utitimit ( $C_u$ )		2,3500	2,3500	2,3500	
- Defleksi Bebas Waktu T ( $C_t$ )		2,0433	2,0433	2,0433	
- Faktor Batas dan Umur Beton ( $K_a$ )		0,5473	0,5473	0,5473	
- Lendutan yang terjadi					
- akibat chamber	mm	-130,2978	-104,6127	-90,8808	
- akibat beban gelagar	mm	67,8744	57,0444	56,9665	
- akibat beban mati	mm	65,7222	59,2680	55,6355	
- akibat beban hidup	mm	36,6273	36,0827	37,2656	
- <b>Lendutan Total (<math>\delta_{cr}</math>)</b>	mm (↓)	<b>39,9292</b>	<b>47,7324</b>	<b>38,3444</b>	
- Batas Lendutan < L/240	mm	<b>104,1667</b>	<b>104,1667</b>	<b>104,1667</b>	

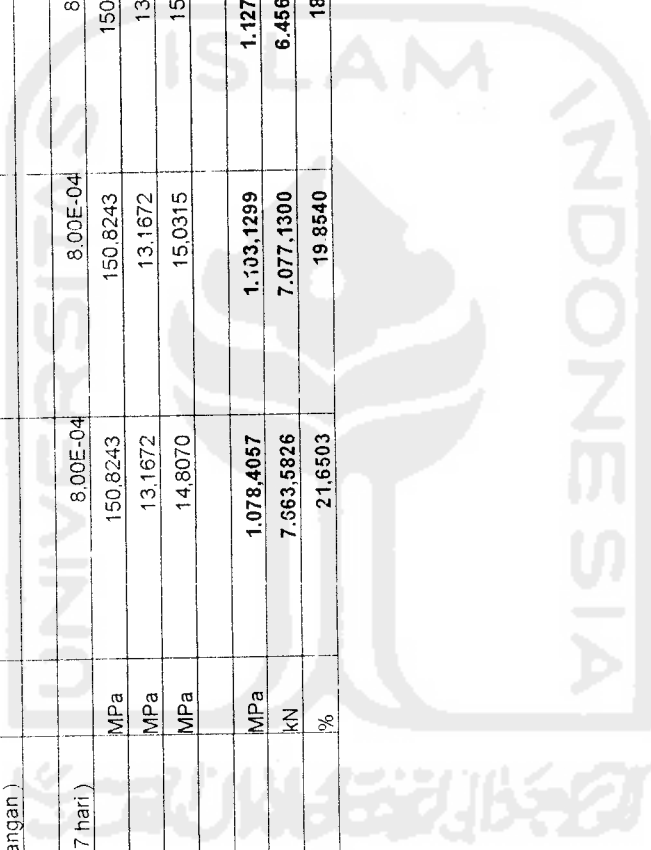
Tabel A.2.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 2.25$ 

No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Data					
2	Tendon					
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- Tegangan leleh (0.85 fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- Tegangan ijin saat transfer (0.74 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
3	Beton					
	- Tegangan tekan (fc)	MPa	45,0000	45,0000	45,0000	45,0000
	- Tegangan tekan saat transfer (fci = 0.95 fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500	42,7500
	- Modulus ruptur (fr)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957	4,6957
3	Modulus Elastisitas					
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198,000,0000	198,000,0000	198,000,0000	198,000,0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200,000,0000	200,000,0000	200,000,0000	200,000,0000
	- Beton (Ec)	MPa	31,528,5585	31,528,5585	31,528,5585	31,528,5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30,730,2376	30,730,2376	30,730,2376	30,730,2376
4	Angka perbandingan modular					
	- saat transfer					
	- D25		6,4432	6,4432	6,4432	6,4432
	- saat layan					
	- D25		6,2800	6,2800	6,2800	6,2800
	- D35		6,3435	6,3435	6,3435	6,3435
	- D5					
5	Baja prategang ASTM strand type 13 mm					
	- D35 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- Jumlah kabel yang digunakan	big	72	65	58	54
	- Luas baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7,106,4000	6,415,5000	5,724,6000	5,329,8000
	- Gaya Prategang awal (Pi)	kN	9,781,2490	8,830,2942	7,879,3394	7,335,9367
6	Tulangan Non-Prategang D25					
	- Tegangan leleh	MPa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- Tegangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
	- D35 1 batang	mm	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- Jumlah tulangan non-prategang yang digunakan	big	5	5	9	12
	- Luas tulangan non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	2,453,1250	4,415,6250	5,867,5000	5,867,5000

7	Data Struktur								
	- bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- tinggi balok (h)	mm	1.352,3417	1.352,3417	1.352,3417	1.352,3417	1.352,3417	1.352,3417	1.352,3417
	- lebar balok (b)	mm	601,0408	601,0408	601,0408	601,0408	601,0408	601,0408	601,0408
	- luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000
	- momen inertiya bruto (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	123.874.530.029,2970	123.874.530.029,2970	123.874.530.029,2970	123.874.530.029,2970	123.874.530.029,2970	123.874.530.029,2970	123.874.530.029,2970
	- radius girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	152.402,3438	152.402,3438	152.402,3438	152.402,3438	152.402,3438	152.402,3438	152.402,3438
	- eksentrisitas tengah bentang (ec)	mm	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000
	<b>II Kehilangan Tegangan Sesaat</b>								
	<b>1 Kehilangan akibat Pergeseran Angkur</b>								
	- pergeseran angkur	mm	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000
	- Δf <sub>a</sub>	MPa	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800
	<b>2 Kehilangan Akibat Perpindahan Elastis Beton</b>	MPa	-	-	-	-	-	-	-
	<b>3 Kehilangan Akibat Gesekan</b>								
	- tendon parabola (α)	rad	0,1472	0,1472	0,1472	0,1472	0,1472	0,1472	0,1472
	- koefisien Wobbe (K)		0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
	- koefisien kehilangan (μ)		0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
	- Δf <sub>g</sub>	MPa	86,8233	86,8233	86,8233	86,8233	86,8233	86,8233	86,8233
	<b>4 Keadaan setelah Kehilangan sesaat</b>								
	- Total kehilangan Tegangan (Δf <sub>pT</sub> )	MPa	138,3033	138,3033	138,3033	138,3033	138,3033	138,3033	138,3033
	- tegangan tendon (f <sub>pi</sub> )	MPa	1.238,0967	1.238,0967	1.238,0967	1.238,0967	1.238,0967	1.238,0967	1.238,0967
	- Gaya Prategangan (P <sub>i</sub> )	KN	8.798,4103	7.943,0093	7.943,0093	7.943,0093	7.943,0093	7.943,0093	7.943,0093
	<b>III Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>								
	<b>1 Akibat Relaksasi baja</b>								
	- waktu (hari)	hari	90	90	90	90	90	90	90
	- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
	- Δf <sub>BR</sub>	MPa	21,3859	21,3859	21,3859	21,3859	21,3859	21,3859	21,3859

2	<b>Akibat Rangkak</b>				1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
	- pasca tarik (Kcr)			1,60					1,60
	- momen akibat beban mati saat transfer (MD)	kNm		2.138,5654		2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654
	- momen akibat beban total selain yg bkg saat transfer	kNm		3.212,3477		3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477
	- fcs	MPa		-17,9125		-15,3989	-12,8853	-11,4490	-11,4490
	- fcsd	MPa		11,9288		11,9288	11,9288	11,9288	11,9288
	- ΔfpCR	MPa		60,1239		34,8674	9,6109	(4,8213)	(4,8213)
	- tambahan tegangan (ΔfSD)	MPa		76,8595		76,8595	76,8595	76,8595	76,8595
3	<b>Akibat Susut</b>								8,00E-04
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )	MPa		8,00E-04		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- ΔfpSH	MPa		98,3172		98,3172	98,3172	98,3172	98,3172
4	<b>Kehilangan Tegangan total ΔfpT</b>								38,0223
	- Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa		102,9675		77,7111	52,4546		
	- tegangan efektif fpe	MPa		1.135,1291		1.160,3856	1.185,8421	1.200,0744	1.200,0744
	- gaya prategang efektif Pe	kN		8.086,8817		7.444,4540	6.787,3269	6.396,1565	6.396,1565
	- LOF	%		17,5291		15,6942	13,8592	12,8106	12,8106
IV	<b>Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun</b>								
1	<b>Akibat Relaksasi baja</b>								365
	- waktu ( hari )	hari		365		365	365	365	365
	- waktu ( jam )	jam		8.760		8.760	8.760	8.760	8.760
	- ΔfpR	MPa		2,5765		2,8843	3,2030	3,3901	3,3901
2	<b>Akibat Rangkak</b>								
	( stabil, tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan )								
3	<b>Akibat Susut</b>								8,00E-04
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )	MPa		8,00E-04		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- ΔfpSHi	MPa		137,6571		137,6571	137,6571	137,6571	137,6571
	- ΔfpSH	MPa		39,3399		39,3399	39,3399	39,3399	39,3399
4	<b>Kehilangan Tegangan total ΔfpT</b>								42,7300
	- Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa		41,9164		42,2242	42,5429	42,7300	42,7300
5	<b>Kehilangan Tegangan total ΔfpT</b>								1,157,3444
	- tegangan efektif fpe	MPa		1.093,2127		1.118,1614	1.143,0992	1.157,3444	1.157,3444
	- gaya prategang efektif Pe	kN		7.768,3363		7.173,5645	6.543,7856	6.168,4144	6.168,4144
	- LOF	%		20,5745		18,7619	16,9501	15,9151	15,9151

<b>IV Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun</b>						
<b>1 Akbat Relaksasi baja</b>						
- waktu ( hari )	hari	1095	1095	1095	1095	1095
- waktu (jam)	jam	26.280	26.280	26.280	26.280	26.280
- Δσ <sub>R</sub>	MPa	1.6398	1.6643	2.0970	2.3337	2.3337
<b>2 Akbat Rangkak</b>						
- tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan )						
<b>3 Akbat Susut</b>						
- tegangan susut utimit ( perawatan basah 7 hari)		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- Δσ <sub>SHI</sub>	MPa	150,8243	150,8243	150,8243	150,8243	150,8243
- Δσ <sub>SH</sub>	MPa	13,1672	13,1672	13,1672	13,1672	13,1672
<b>4 Kehilangan Tegangan total Δf<sub>PT</sub></b>						
- tegangan setelah terjadi kehilangan tegangan		14,8070	15,0315	15,2642	15,4009	15,4009
<b>5</b>						
- tegangan efektif f <sub>pe</sub>	MPa	1.078,4057	1.103,1299	1.127,8349	1.141,9435	1.141,9435
- gaya prategang efektif P <sub>e</sub>	kN	7.663,5826	7.077,1300	6.456,4039	6.086,3305	6.086,3305
- L <sub>OF</sub>	%	21,6503	19,8540	18,0591	17,0340	17,0340



Tabel A.2.2 Prategang Penuh  $h/b = 2,25$ 

No.	Data		
1	Bentang balok (L)	25,0000	m
2	Jarak antar balok (B)	5,0000	m
3	Baja Prategang	1 860,0000	Mpa
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	1 581,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	1.376,4000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)		
4	Beton	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan (f'c)	42,7500	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer f'ci = 0,95 f'c		
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer	-25,6500	Mpa
	- serat tekan (fci)	1,6346	Mpa
	- serat tarik (fti)		
	b. saat layan	-20,2500	Mpa
	- serat tekan (fcs)	3,3541	Mpa
	- serat tarik (fts)	-27,0000	Mpa
	- serat tekan (fcs) seluruh	0,8000	
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang R = 1 - LOF	400,0000	Mpa
6	Baja Non-Prategang (fpy)		
7	Modulus elastisitas		
	- Baja Prategang (Eps)	198.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang (Es)	200.000,0000	Mpa
	- Beton (f'c)	31.528,5585	Mpa
	- Beton saat transfer (Eci)	30.730,2376	Mpa
8	Modulus ruptur (fr)	4,6957	Mpa
9	Angka perbandingan modular		
	a. saat transfer	6,4432	
	- nps		
	b. saat layan	6,2800	
	- nps	6,3435	
	- ns		
10	Beban dan berat isi	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- beban berguna auditorium (WL)		
	- berat isi :		
	- beton	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- spesi per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	35,0000	%
12	Baja prategang ASTM strand type 13 mm	98,7000	mm <sup>2</sup>
	- luas 1 kawat	127,0000	mm
	- diameter selubung	12 661,2650	mm <sup>2</sup>
	- luas selubung		

<b>II. Beban dan Momen Balok</b>			
1	Beban mati (wD)	24,7970	kN/m'
	- pelat 20 cm	20,2400	kN/m'
	- traso 3 cm	0,0360	kN/m'
	- spesi 2 cm	0,0210	kN/m'
	- pasir 5 cm	4,5000	kN/m'
2	Beban Hidup (wL)	25,0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan		kN/m'
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.328,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.006,1680	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5156	kNm
<b>III. Besaran Penampang Persegi untuk <math>h/b = 2,25</math></b>			
1	Luas penampang Persegi $h/b = 2$ (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- h/b	2,2500	
	- Tinggi Penampang $h = (2,25 Ac)^{0,5}$	1.352,3417	mm
	- Dipakai Tinggi Penampang (h)	1.352,3417	mm
	- lebar Penampang (b)	601,0408	mm
	- dipakai lebar Penampang (b)	601,0408	mm
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6947	kN/m'
3	Jarak garis netral :		
	- ke serat atas (ct)	676,1709	mm
	- ke serat bawah (cb)	676,1709	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-12,0077	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	9.760,0139	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	7.090,9720	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	71,8437	btg
	- jumlah kabel yang digunakan	36	btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg )	36	bh
	- luas tendon yang digunakan	7.106,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	- Serat Atas (St)	183.200.042,2484	mm <sup>4</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	183.200.042,2484	mm <sup>4</sup>
9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	460,6198	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)	460,6198	mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	216,1709	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)	1.136,1709	mm



<b>IV.</b>	<b>Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>		
<b>IV.1.</b>	<b>Saat Transfer (Pakai penampang bruto )</b>		
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	676,1709	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	676,1709	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	460,0000	mm
	- Momen Inertia bruto (I <sub>g</sub> )	123.874.530.029,2970	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	152.402,3438	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	183.200.042,2484	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	183.200.042,2484	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.460,5225	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.138,5654	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>IV.2.</b>	<b>Saat Layan (Pakai penampang transformasi )</b>		
	- Gaya prategang efektif (Pe)	8.066,6817	
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	850.334,4391	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	696,4689	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	655,8729	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	439,7020	mm
	- Momen Inertia transformasi	131.463.826,928,1260	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	154.602,4962	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	200.441.024,2916	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	188.757.651,3219	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Total (MT)	5.350,9131	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>V.</b>	<b>Momen Kapasitas Penampang</b>		
1	Koefisien Beton karena f <sub>c</sub> > 30 Mpa (β <sub>1</sub> )	0,7300	

2	Tegangan baja (fps)	1.581,0000	MPa
	- tegangan leleh ( $f_{py} = 0,85 f_{pu}$ )	0,0104	
	- rasio tulangan prategang	0,4000	
	- koefisien jenis baja prategang	1.421,6181	MPa
	- tegangan pengganti tegangan leleh (fps)		MPa
	- Dipakai fps		
3	Beton Tekan	264.119,9244	mm <sup>2</sup>
	- luas beton tekan	439,4376	mm
	- tinggi blok tekan (a)	10.102,5871	kN
	- gaya tekan		
4	Periksa rasio prategang :	0,2628	
	- syarat batas ( $0,36 \beta_1$ )	0,3288	
	- rasio prategang		
	- kapasitas dihitung berdasarkan	<b>C (Tekan)</b>	
		916,4520	mm
5	lengan gaya dalam (z)		kNm
6	Momen Nominal penampang ( $M_n$ tersedia)		
7	Momen yang bekerja	7.202,3457	kNm
	- Momen terfaktor ( $M_u$ )		kNm
	- Momen Nominal perlu ( $M_n$ perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( $M_n$ tersedia - $M_n$ perlu )		
<b>VI.</b>	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
<b>VI.1.</b>	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>		
	- Gaya Prategang efektif sesaat ( $P_e$ )	8.798,4103	kN
	- Lendutan Ke Atas/Chamber ( $\delta_{pi}$ )	-69,2186	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3736	kN/m'
	- Lendutan Ke Bawah ( $\delta_D$ )	36,5749	mm
	- <b>Total Lendutan Jangka Pendek (<math>\delta_T</math>)</b>		
<b>VI.2.</b>	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	<b>Lendutan dasar</b>		
	- Lendutan Akibat Beban Mati ( $\delta_D$ )	32,2933	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar ( $\delta_G$ )	24,3462	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup ( $\delta_L$ )	32,5576	mm
1	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	<b>Faktor pengali PCI</b>		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,8500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	- <b>Lendutan Total (<math>\delta_T</math>)</b>		mm (I)
	- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm
2	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>		
	- Koefisien Koreksi Rangkaian (K <sub>c</sub> )	1,0000	
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	1.714,5672	kN

- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	8.066,6817	kN
- LOF	17,5291	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,9124	
- Waktu (t)	90	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,4054	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,7350	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-130,3240	mm
- akibat beban gelagar	58,5621	mm
- akibat beban mati	65,6527	mm
- akibat beban hidup	32,5576	mm
- Lendutan Total ( $\delta\tau$ )	25,4382	mm (l)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>		
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	1.756,4836	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	7.768,8068	kN
- LOF	20,5745	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,9102	
- Waktu (t)	365	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,8215	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,6231	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-145,3650	mm
- akibat beban gelagar	68,6926	mm
- akibat beban mati	68,9453	mm
- akibat beban hidup	32,5576	mm
- Lendutan Total ( $\delta\tau$ )	27,5400	mm (l)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>		Bulan
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	1.771,2906	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	7.663,5826	kN
- LOF	21,6503	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,9095	
- Waktu (t)	1.095	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	2,0433	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,5473	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-154,5676	mm
- akibat beban gelagar	74,0932	mm
- akibat beban mati	68,4099	mm
- akibat beban hidup	32,5576	mm
- Lendutan Total ( $\delta\tau$ )	23,4931	mm (l)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm

Tabel A.2.3 Prategang Parsial  $h/b = 2,25$ 

I.	DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Bentang balok (L)	m	25,0000	25,0000	25,0000
2	Jarak antar balok (B)	m	5,0000	5,0000	5,0000
3	Baja Prategang				
	- Tegangan Ultrimit Tendon (fpu)	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
4	Beton				
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45,0000	45,0000	45,0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500
	- tegangan ijin				
	a. saat transfer				
	- serat tekan (fci)	MPa	-25,6500	-25,6500	-25,6500
	- serat tarik (fti)	MPa	1,6346	1,6346	1,6346
	b. saat layan				
	- serat tekan (fcs)	MPa	-20,2500	-20,2500	-20,2500
	- serat tarik (fts)	MPa	3,3541	3,3541	3,3541
	- serat tekan (fcs) seuruh				
	- serat tekan (fcs) seuruh				
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang (R = 1 - LOF)		0,8000	0,8000	0,8000
6	Modulus elastisitas				
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
7	Modulus ruptur (fr)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957
3	Angka perbandingan modular				
	a. saat transfer				
	- nps		6,4432	6,4432	6,4432
	b. saat layan				
	- nps		6,2800	6,2800	6,2800
	- ns		6,3435	6,3435	6,3435

9	Seban dan berat isi					
	- beban berguna auditorium (WL)	kN/m'	25,0000	25,0000		25,0000
	- Beban mati (wD)	kN/m'	24,7970	24,7970		24,7970
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	kN/m'	18,6947	18,6947		18,6947
	- Total beban	kN/m'	68,4917	68,4917		68,4917
		%	35,0000	35,0000		35,0000
10	Saat transfer beban mati yang telah bekerja					
11	Baja pategang ASTM strand type 13 mm					
	- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000		98,7000
	- diameter selubung	mm	127,0000	127,0000		127,0000
	- luas selubung	mm <sup>2</sup>	12,661,2650	12,661,2650		12,661,2650
	- jumlah kabel yang dipakai ( 100% )	btg	72	72		72
	- luas kabel yang dipakai ( 100% )	mm <sup>2</sup>	7,106,4000	7,106,4000		7,106,4000
12	Tulangan Non-Prategang					
	- tegangan leleh	Mpa	400,0000	400,0000		400,0000
	- diameter	mm	25,0000	25,0000		25,0000
	- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250		490,6250
	- regangan leleh		0,0020	0,0020		0,0020
13	Momen-momen yang bekerja					
	- saat transfer	kNm	2,138,5654	2,138,5654		2,138,5654
	- saat layan / momen total	kNm	5,350,9131	5,350,9131		5,350,9131
	- momen terfaktor (Mu)	kNm	7,202,3457	7,202,3457		7,202,3457
	- momen nominal (Mn)	kNm	9,002,9321	9,002,9321		9,002,9321
14	ukuran balok					
	- tinggi (h)	mm	1,352,3417	1,352,3417		1,352,3417
	- lebar (b)	mm	601,0408	601,0408		601,0408
II.	PRATEGANG PARSIAL					
	- tendon yang digunakan					
	- jumlah tendon	btg	64,8000	57,6000		54,0000
	- jumlah tendon digunakan	btg				
	- luas tendon	mm <sup>2</sup>	6,415,6000	5,724,6000		5,329,8000

2	Gaya Prategang					
	- gaya prategang awal (Pi)	kN	8.830,2942	7.879,3394	7.335,9367	
	- gaya prategang efektif (Pe)	kN	7.064,2354	6.303,4716	5.868,7494	
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	mm	216,1709	216,1709	216,1709	
	- tinggi Efektif Perampang (dp)	mm	1.136,1709	1.136,1709	1.136,1709	
<b>III. TUL. NON-PRATEGANG dan KAPASITAS FENAMPANG</b>						
	- Tinggi Efektif Perampang Prategang (dp)	mm	1.136,1709	1.136,1709	1.136,1709	
	- Tinggi efektif non-prategang ( d )	mm	1.252,3417	1.252,3417	1.252,3417	
	- Koefisien Beton karena $f_c > 30$ Mpa ( $\beta_1$ )		0,7300	0,7300	0,7300	
	- Tegangan leleh pengganti baja prategang (fps)	MPa	1.421,6181	1.421,6181	1.421,6181	
	E Gaya-Gaya dalam					
	- Gaya Tekan (C = 0,85 f <sub>c</sub> .b.a)	a N	22.989,8092	22.989,8092	22.989,8092	
	- Gaya Tarik					
	- baja prategang (Tps = Aps fps)	N	9.120.391,1396	8.138.195,1707	7.576.940,3314	
	- baja non-prategang					
	- di Coba ( D <sub>25</sub> )	big				
	- luas	mm <sup>2</sup>	2.453,1250	4.415,6250	5.887,5000	
	- s = As fy	N	981.250,0000	1.766.250,0000	2.353.000,0000	
	f Keseimbangan Gaya-gaya dalam (C = Tps + Ts)					
	- tinggi efektif ( d )	mm	439,3965	430,8189	432,0149	
	- lebar efektif ( k )	mm	601,9130	590,1629	591,6012	
	- regangan tulangan non-prategang		0,0032	0,0034	0,0033	
			(leleh)	(leleh)	(leleh)	
	- rasio tulangan prategang		0,0094	0,0084	0,0078	
	- rasio batas ( C <sub>55/31</sub> )		0,2628	0,2628	0,2628	
	- rasio prategang		0,2968	0,2648	0,2466	
	- kapasitas dihitung berdasarkan		C (Tekan)	C (Tekan)	T (Tarik)	
	T Momen Nominal					
	- leleh baja dalam					
	- s	mm	310,4720	520,7614	529,4324	
	- s <sub>2</sub>	mm	1.032,6435	1.036,9323	1.036,3343	
	- Momen nominal (Min)	kNm	9.371,8702	9.324,8175	9.412,5904	(memenuhi)
			(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)	

- Kelelahan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )			324,8854	499,6393
<b>IV. KONTROL TEGANGAN</b>				
<b>1. Saat Transfer</b>				
(tampang bruto, tulangan non-prategang belum bekerja)				
<b>a. Properti bentang</b>				
- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000
- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	676,1709	676,1709	676,1709
- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	676,1709	676,1709	676,1709
- Momen inerti (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	123.874.530.029,2970	123.874.530.029,2970	123.874.530.029,2970
- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	183.200.042,2484	183.200.042,2484	183.200.042,2484
- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	183.200.042,2484	183.200.042,2484	183.200.042,2484
- radius girasi/pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	152.402,3438	152.402,3438	152.402,3438
- e ditangan bentang	mm	460,0000	460,0000	460,0000
<b>b. Tegangan yang terjadi</b>				
- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
<b>2. Saat Layan</b>				
(tampang transformasi, tulangan non-prategang sudah bekerja)				
- Gaya Prategang efektif (Pe)	kN	7.444,4540	6.787,3269	6.396,1565
- baja non-prategang sudah bekerja dan leleh				
- Momen total prategang	kN	4.815,8218	4.280,7305	4.013,1848
- Momen total non-prategang	kN	535,0913	1.070,1826	1.337,7283
<b>c. Prategang</b>				
- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	846.686,4728	843.038,5065	840.953,9543
- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	694,5744	692,6635	691,5642
- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	657,7673	659,6782	660,7775
- e prategang	mm	441,5965	443,5073	444,6067
- Momen inerti (I <sub>trans</sub> )	mm <sup>4</sup>	130.755.496,227,4710	130.041.035,417,1910	129.629.954,245,0960
- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	188.252.639,0049	187.740.558,4259	187.444.635,0034
- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	198.786.856,9084	197.127.998,3908	196.177.965,3283

	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	154.432,0152	154.252,7873	154.146,3639
	- Tegangan serat atas	MPa	-16,9112	-14,8184	-13,8445
	- Tegangan serat bawah	MPa	-1,1039	-1,6060	-1,6449
b	Beton Bertulang				
	- luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	825.920,6637	836.407,1946	844.272,0928
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	685,3153	692,4244	697,6404
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	667,0265	659,9173	654,7014
	- e efektif	mm	450,8556	443,7465	438,5305
	- Momen inertia (I trans)	mm <sup>4</sup>	128.157.021.204.1560	131.486.368.326.4560	133.929.102.672.6290
	- Momen penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	187.004.478.6071	189.892.743.4478	191.974.418.6732
	- Momen penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	192.131.837.8780	199.246.729.6836	204.565.182.2071
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	155.168,6825	157.203,7749	158.632,6302
	- Tegangan serat atas	MPa	(2,8614)	(5,6357)	(6,9683)
	- Tegangan serat bawah	MPa	2,7850	5,3711	6,5394
c	Tegangan yang terjadi				
	- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- serat bawah	MPa	(aman)	(tidak aman)	(tidak aman)
VI.1.	Lenturan Jangka Pendek				
	- Gaya Pategang efektif sesaat (Pe)	kN	7.943,0093	7.087,6083	6.598,8077
	- Lenturan Ke Atas/Chamber (δ <sub>pi</sub> )	mm	-62,4890	-55,7594	-51,9140
	- defleksi agar dan beban mati yg telah bekerja	kN.m <sup>3</sup>	27,3736	27,3736	27,3736
	- Lenturan Ke Bawah (δ <sub>D</sub> )	mm	36,5749	36,5749	36,5749
	- Total Lenturan Jangka Pendek (δ <sub>T</sub> )	mm (t)			
VI.2.	Lenturan Jangka Panjang				
	- Momen	kNm	5.968,7213	5.522,9746	5.257,0723
	- Momen beban hidup maks tak terfaktor Ma	kNm	5.350,9131	5.350,9131	5.350,9131
	- Momen penampang		(belum retak)	(belum retak)	(retak)
	- Analisis endutan berdasarkan penampang		(bruto)	(efektif)	(efektif)
	- Rasio kuat prategang (pp)			0,0084	0,0078



- Rasio $\mu$ non prategang			0,0059	0,0078
- Inersia kritis ( $I_{cr}$ )	mm <sup>4</sup>		47.010.178.720,1481	50.637.135.402,2679
- ( $Mcr/M^*$ )			1,0322	0,9825
- Inersia efektif ( $I_e$ )	mm <sup>4</sup>		131.530.360.225,0940	120.088.543.303,4000
Beban-beban :				
- Prategang				
- akibat beban mati	kN/m'	24,7970	24,7970	24,7970
- akibat beban gelagar	kN/m'	18,6947	18,6947	18,6947
- akibat beban hidup	kN/m'			
- Beton bertulang				
- akibat beban hidup	kN/m'			
Lendutan dasar				
- Lendutan Akibat Beban Mati ( $\delta_D$ )	mm	32,2933	32,2933	32,2933
- Lendutan Akibat Berat Gelagar ( $\delta_G$ )	mm	24,3462	24,3462	24,3462
- Lendutan Akibat Beban Hidup ( $\delta_L$ )	mm	18,6947	18,6947	18,6947
<b>1 Metode Pengali PCI</b>				
<b>Faktor pengali PCI</b>				
- Akibat Chamber		1,5787	1,4516	1,3801
- Akibat beban mati		1,6149	1,4799	1,4039
- Akibat beban sendiri		2,4468	2,1291	1,9503
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )	mm (t)			
- Batas lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>2 Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>				
- Koefisien Koreksi Rangkak (Kf)		<b>0,7234</b>	<b>0,5645</b>	<b>0,4751</b>
<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	kN	1.385,8402	1.092,0126	939,7802
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	kN	7.444,4540	6.787,3269	6.396,1565
- LCF	%	15,6942	13,8592	12,8106
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,9215	0,9307	0,9359
- Waktu	Hari	90	90	90
- Koefisien Rangkak Ultimeit (Cu)		2,3000	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,4054	1,4054	1,4054
- Lendutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-101,6053	-83,2634	-73,4153

- akibat beban gelagar	mm	49,0977	41,1212	41,8837
- akibat beban mati	mm	56,4252	51,1261	48,1437
- akibat beban hidup	mm	32,5576	31,7009	32,8810
- <b>Lendutan Total (<math>\delta_T</math>)</b>	mm (L)	104,1667	104,1667	104,1667
- Batas Lendutan < L/240	mm			
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	kN	1.656,7297	1.335,5539	1.167,5223
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	kN	7.173,5645	6.543,7856	6.168,4144
- LCF	%	18,7619	16,9501	15,9151
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,9062	0,9152	0,9204
- Waktu (t)	Hari	365	365	365
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,8215	1,8215	1,8215
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,6231	0,6231	0,6231
- Lendutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-108,4457	-87,5292	-76,3438
- akibat beban gelagar	mm	56,4260	46,5074	46,8488
- akibat beban mati	mm	58,8071	52,9850	49,7082
- akibat beban hidup	mm	32,5576	31,7009	32,8810
- <b>Lendutan Total (<math>\delta_T</math>)</b>	mm (L)	104,1667	104,1667	104,1667
- Batas Lendutan < L/240	mm			
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	kN	1.753,1642	1.422,9355	1.249,6062
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	kN	7.077,1300	6.456,4039	6.086,3305
- LCF	%	19,8540	18,0591	17,0340
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,9007	0,9097	0,9148
- Waktu (t)	Hari	1.095	1.095	1.095
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		2,0433	2,0433	2,0433
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,5473	0,5473	0,5473

- Lendutan yang terjadi					
- akibat chamber	mm	-113,2555	-90,6945	-78,6664	
- akibat beban gelagar	mm	60,3328	49,3788	49,4958	
- akibat beban mati	mm	58,4198	52,6827	49,4537	
- akibat beban hidup	mm	32,5576	31,7009	32,8810	
- Lendutan Total (δ <sub>t</sub> )	mm (L)	25,2847	47,6259	53,5307	
- Batas Lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667	



Tabel A.3.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 2,50$ 

No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Data					
	- Tendon :					
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000
2	Beton					
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45.0000	45.0000	45.0000	45.0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42.7500	42.7500	42.7500	42.7500
	- modulus ruptur (fr)	MPa	4.6957	4.6957	4.6957	4.6957
3	Modulus Elastisitas					
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
	- Beton saat transfer (Ecl)	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
4	Angka perbandingan modular					
	a. saat transfer					
	- nps		6,4432	6,4432	6,4432	6,4432
	b. saat layan					
	- nps		6,2800	6,2800	6,2800	6,2800
	- ns		6,3435	6,3435	6,3435	6,3435
5	Baja prategang ASTM strand type 13 mm					
	- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98.7000	98.7000	98.7000	98.7000
	- jumlah kabel yang digunakan	btg	72	65	58	54
	- luas baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106.4000	6.415.5000	5.724.6000	5.329.8000
	- Gaya Prategang awal (Pi)	kN	9.781.2490	8.830.2942	7.879.3394	7.335.9367
6	Tulangan Non-Prategang D25					
	- tegangan leleh	MPa	400.0000	400.0000	400.0000	400.0000
	- regangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
	- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>	490.6250	490.6250	490.6250	490.6250
	- jumlah tulangan non-prategang yang dipakai	btg	5	5	9	12
	- luas tulangan non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	2.453.1250	2.453.1250	4.415.6250	5.857.5000

<b>7. Data Struktur</b>						
- panjang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
- tinggi balok (h)	mm	1.425,4933	1.425,4933	1.425,4933	1.425,4933	1.425,4933
- lebar balok (b)	mm	570,1973	570,1973	570,1973	570,1973	570,1973
- luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000
- momen inertiya bruto (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	137.638.366.699,2190	137.638.366.699,2190	137.638.366.699,2190	137.638.366.699,2190	137.638.366.699,2190
- luas girasi kuadrat (I <sub>r</sub> <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	169.335,9375	169.335,9375	169.335,9375	169.335,9375	169.335,9375
- eksentrisitas tengah bentang (ec)	mm	470,0000	470,0000	470,0000	470,0000	470,0000
<b>II Kehilangan Tegangan Sesaat</b>						
<b>1. Kehilangan akibat Pergeseran Angkur</b>						
- pergeseran angkur	mm	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000
- Δf <sub>pA</sub>	MPa	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800
<b>2. Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton</b>						
<b>3. Kehilangan Akibat Gesekan</b>						
- tendon parabola (α)	rad	0,1504	0,1504	0,1504	0,1504	0,1504
- koefisien Wobble (K)		0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
- koefisien kelengkungan (μ)		0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
- Δf <sub>e</sub>	MPa	87,4840	87,4840	87,4840	87,4840	87,4840
<b>4. Keadaan setelah Kehilangan sesaat</b>						
- total kehilangan Tegangan (Δf <sub>pT</sub> )	MPa	138,9640	138,9640	138,9640	138,9640	138,9640
- tegangan tendon (f <sub>pi</sub> )	MPa	1.237,4360	1.237,4360	1.237,4360	1.237,4360	1.237,4360
- Gaya Prategang (P <sub>i</sub> )	kN	8.793,7153	7.938,7708	7.938,7708	7.938,7708	6.595,2865
<b>III Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>						
<b>1. Akibat Relaksasi Baja</b>						
- waktu (hari)	hari	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>pR</sub>	MPa	21,3362	21,3362	21,3362	21,3362	21,3362
<b>2. Akibat Rangkak</b>						
- pasca tarik (kCr)		1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
- momen akibat beban mati saat transfer (M <sub>D</sub> )	kNm	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654
- momen akibat beban total selain yg bkj saat transfer	kNm	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477

- fcs	MPa	-17,6295	-15,2056	-12,7816	-11,3965
- fcsd	MPa	10,9693	10,9693	10,9693	10,9693
- ΔfCR	MPa	66,9216	42,5655	18,2095	4,2918
- tambahan tegangan (ΔfSD)	MPa	70,6773	70,6773	70,6773	70,6773
<b>3 Akibat Susut</b>					
- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- ΔfSH	MPa	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172
<b>4 Kehilangan Tegangan total ΔfpT</b>					
- keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan		115,8977	91,5416	67,1856	53,2678
<b>5 Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan</b>					
- tegangan efektif fpe	MPa	1.121,5384	1.145,8944	1.170,2504	1.184,1682
- gaya prategang efektif Pe	kN	7.970,1002	7.351,4856	6.699,2157	6.311,3796
- LOF	%	18,5165	16,7470	14,9774	13,9663
<b>IV Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun</b>					
<b>1 Akibat Relaksasi baja</b>					
- waktu ( hari )	hari	365	365	365	365
- waktu ( jam )	jam	8.760	8.760	8.760	8.760
- ΔfCR	MPa	2,4154	2,7064	3,0075	3,1841
<b>2 Akibat Rangkak</b>					
( stabil : cak terjadi tambahan kehilangan tegangan )					
<b>3 Akibat Susut</b>					
- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- ΔfSHi	MPa	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571
- ΔfSH	MPa	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399
<b>4 Kehilangan Tegangan total ΔfpI</b>					
- keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan		41,7553	42,0463	42,3474	42,5240
<b>5 Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan</b>					
- tegangan efektif fpe	MPa	1.079,7831	1.103,8381	1.127,9030	1.141,6441
- gaya prategang efektif Pe	kN	7.673,3703	7.081,7376	6.456,7937	6.084,7350
- LOF	%	21,5502	19,8018	18,0541	17,0558

<b>IV Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun</b>						
1	<b>Akibat Relaksasi baja</b>					
	- waktu ( hari )	hari	1095	1095	1095	1095
	- waktu (jam)	jam	26.280	26.280	26.280	26.280
	- $\Delta f_p$	MP $\geq$	1,5224	1,7345	1,9542	2,0832
2	<b>Akibat Rangkak</b>					
	( sudah tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan )					
3	<b>Akibat Susut</b>					
	- tegangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- $\Delta f_p$ SHI	MP $\geq$	150,8243	150,8243	150,8243	150,8243
	- $\Delta f_p$ SH	MP $\geq$	13,1672	13,1672	13,1672	13,1672
4	<b>Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_p</math>T</b>					
	Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan		14,6896	14,9017	15,1214	15,2504
	- tegangan efektif fpe	MP $\geq$	1,065,0935	1,088,9465	1,112,7816	1,126,3937
	- gaya prategang efektif Pe	kN	7,568,9803	6,986,1360	6,370,2297	6,803,4533
	- LOF	%	22,6174	20,8844	19,1527	18,1638

Tabel A.3.2 Prategang Penuh  $h/b = 2,50$ 

No.	Data		
1	Bentang balok (L)	25,0000	m
2	Jarak antar balok (B)	5,0000	m
3	<b>Baja Prategang</b>		
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	1.860,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	1.581,0000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	1.376,4000	Mpa
4	<b>Beton</b>		
	- tegangan tekan (f'c)	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer f'ci = 0,95 f'c	42,7500	Mpa
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer		
	- serat tekan (f'ci)	-25,6500	Mpa
	- serat tarik (f'ti)	1,6346	Mpa
	b. saat layan		
	- serat tekan (f'cs)	-20,2500	Mpa
	- serat tarik (f'ts)	3,3541	Mpa
	- serat tekan (f'cs) seluruh	-27,0000	Mpa
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang R = 1 - LOF	0,8000	
6	Baja Non-Prategang (fpy)	400,0000	Mpa
7	<b>Modulus elastisitas</b>		
	- Baja Prategang (Eps)	198.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang (Es)	200.000,0000	Mpa
	- Beton (Ec)	31.528,5E85	Mpa
	- Beton saat transfer (Eci)	30.730,2376	Mpa
8	Modulus ruptur (fr)	4,6957	Mpa
9	<b>Angka perbandingan modular</b>		
	a. saat transfer		
	- nps	6,4432	
	b. saat layan		
	- nps	6,2800	
	- ns	6,3435	
10	<b>Beban dan berat isi</b>		
	- beban berguna auditorium (WL)	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- berat isi :		
	- beton	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- speci per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	35,0000	%
12	<b>Baja prategang ASTM strand type 13 mm</b>		
	- luas 1 kabel	98,7000	mm <sup>2</sup>
	- diameter selubung	127,0000	mm
	- luas selubung	12.661,2650	mm <sup>2</sup>



<b>II.</b>	<b>Beban dan Momen Balok</b>		
1	Beban mati (wD)	24,7970	kN/m'
	- pelat 20 cm	20,2400	kN/m'
	- traso 3 cm	0,0360	kN/m'
	- spesi 2 cm	0,0210	kN/m'
	- pasir 5 cm	4,5000	kN/m'
2	Beban Hidup (wL)	25,0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan	17,4000	kN/m'
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.328,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.006,1680	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5156	kNm
<b>III.</b>	<b>Besaran Penampang Persegi untuk <math>h/b = 2,5</math></b>		
1	Luas penampang Persegi $h/b = 2$ (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- h/b	2,5000	
	- Tinggi Penampang $h = (2,5 Ac)^{0,5}$	1.425,4933	mm
	- Dipakai Tinggi Penampang (h)	<b>1.425,4933</b>	mm
	- lebar Penampang (b)	<b>570,1973</b>	mm
	- dipakai lebar Penampang (b)	570,1973	mm
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6947	kN/m'
3	Jarak garis netral :		
	- ke serat atas (ct)	712,7467	mm
	- ke serat bawah (cb)	712,7467	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-12,0077	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	9.760,0139	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	7.090,9720	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	71,8437	btg
	- jumlah kabel yang digunakan		btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg )		bh
	- luas tendon yang digunakan	7.106,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	- Serat Atas (St)	193.109.800,3147	mm <sup>3</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	193.109.800,3147	mm <sup>3</sup>
9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	474,4413	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)	474,4413	mm
	Jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (ef)	712,7467	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)	1.182,7467	mm

<b>IV.</b>	<b>Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>		
<b>IV.1.</b>	<b>Saat Transfer (Pakai penampang bruto )</b>		
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	712,7467	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	712,7467	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	470,0000	mm
	- Momen Inertia bruto (I <sub>g</sub> )	137.638.366.699,2190	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	169.335,9375	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	193.109.800,3147	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	193.109.800,3147	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.460,5225	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.138,5654	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>IV.2.</b>	<b>Saat Layan (Pakai penampang transformasi )</b>		
	- Gaya prategang efektif (Pe)	7.970,1002	
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	850.334,4391	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	733,4859	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	692,0074	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	449,2607	mm
	- Momen Inertia transformasi	145.561.219.652,6750	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	171.181,1412	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	210.346.333,1266	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	198.451.276,4470	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Total (MT)	5.350,9131	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>V.</b>	<b>Momen Kapasitas Penampang</b>		
1	Koefisien Beton karena f <sub>c</sub> > 30 Mpa (β <sub>1</sub> )	0,7300	
2	Tegangan baja (f <sub>ps</sub> )		
	- tegangan leleh (f <sub>py</sub> = 0,85 f <sub>pu</sub> )	1.581,0000	MPa
	- rasio tulangan prategang	0,0105	
3	Beton Tekan		
	- luas beton tekan	263.095,0819	mm <sup>2</sup>

	- tinggi blok tekan (a)	461,4106	mm
	- gaya tekan	10.063,3869	kN
4	Periksa rasio prategang :		
	- syarat batas ( $0,36 \beta_1$ )	0,2628	
	- rasio prategang	0,3316	
	- kapasitas dihitung berdasarkan	<b>C (Tekan)</b>	
5	lengan gaya dalam (z)	952,0414	mm
6	Momen Nominal penampang (Mn tersedia)		kNm
7	Momen yang bekerja		
	- Momen terfaktor (Mu)	7.202,3457	kNm
	- Momen Nominal perlu (Mn perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )		kNm
<b>VI.</b>	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
<b>VI.1.</b>	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>		
	- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	8.793,7153	kN
	- Lendutan Ke Atas/Chamber ( $\delta_{pi}$ )	-63,6171	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3736	kN/m'
	- Lendutan Ke Bawah ( $\delta_D$ )	32,9174	mm
	- Total Lendutan Jangka Pendek ( $\delta_T$ )		
<b>VI.2.</b>	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	<b>Lendutan dasar</b>		
	- Lendutan Akibat Beban Mati ( $\delta_D$ )	29,0639	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar ( $\delta_G$ )	21,9116	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup ( $\delta_L$ )	29,3019	mm
1	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	<b>Faktor pengali PCI</b>		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,8500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	- Lendutan Total ( $\delta_{\tau}$ )		mm (↓)
	- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm
2	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>		
	- Koefisien Koreksi Rangkak (Kr)	1,0000	
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	1.811,1488	kN
	- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	7.970,1002	kN
	- LOF	18,5165	%
	- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,9074	
	- Waktu (t)	90	Hari
	- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	

- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,4054	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,7350	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-117,4617	mm
- akibat beban gelagar	52,7059	mm
- akibat beban mati	59,0874	mm
- akibat beban hidup	29,3019	mm
- Lendutan Total ( $\delta\tau$ )	104,1667	mm (L)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>		
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	1.852,9041	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	7.673,3703	kN
- LOF	21,5502	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,9053	
- Waktu (t)	365	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,8215	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,6231	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-130,7474	mm
- akibat beban gelagar	61,8233	mm
- akibat beban mati	62,0508	mm
- akibat beban hidup	29,3019	mm
- Lendutan Total ( $\delta\tau$ )	104,1667	mm (L)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>		Bulan
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	1.867,5936	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	7.568,9803	kN
- LOF	22,6174	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,9045	
- Waktu (t)	1.095	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	2,0433	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,5473	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-139,0224	mm
- akibat beban gelagar	66,6839	mm
- akibat beban mati	61,5689	mm
- akibat beban hidup	29,3019	mm
- Lendutan Total ( $\delta\tau$ )	104,1667	mm (L)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm

Tabel A.3.3 Prategang Parsial  $h/b = 2,50$

No.	DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Bentang balok (L)	m	25,0000	25,0000	25,0000
2	Jarak antar balok (B)	m	5,0000	5,0000	5,0000
3	Baja Prategang				
	- Tegangan Utitimit Tendon (fpu)	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
-	Beton				
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45,0000	45,0000	45,0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500
	- tegangan ijin				
	a. saat transfer				
	- serat tekan (fci)	MPa	-25,6500	-25,6500	-25,6500
	- serat tarik (fti)	MPa	1,6346	1,6346	1,6346
	b. saat layan				
	- serat tekan (fcs)	MPa	-20,2500	-20,2500	-20,2500
	- serat tarik (fts)	MPa	3,3541	3,3541	3,3541
	- serat tekan (fcs) seluruh		-27,0000	-27,0000	-27,0000
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang (R = 1 - LOF)		0,8000	0,8000	0,8000
6	Modulus elastisitas				
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
	- Modulus ruptur (fr)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957
8	Angka perbandingan modular				
	a. saat transfer				
	- nps		6,4432	6,4432	6,4432
	b. saat layan				
	- nps		6,2800	6,2800	6,2800
	- ns		6,3435	6,3435	6,3435

9	Beban dan berat s:					
	- beban berguna auditorium (WL)	kN/m'	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- Beban mati (wD)	kN/m'	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	kN/m'	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
	- Total beban	kN/m'	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917
10	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	%	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000
**	Baja prategang - STM strand type 13 mm					
	- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- diameter selubung	mm	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000
	- luas selubung	mm <sup>2</sup>	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650
	- jumlah kabel yang dipakai ( 100% )	btg	72	72	72	72
	- luas kabel yang dipakai ( 100% )	mm <sup>2</sup>	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000
12	Tulangan Non-Prategang					
	- tegangan leleh	MPa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- diameter	mm	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- regangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
13	Momen-momen yang bekerja					
	- saat transfer	kNm	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654
	- saat layan : momen total	kNm	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131
	- momen terfaktor (Mu)	kNm	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457
	- momen nominal (Mn)	kNm	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321
14	ukuran balok					
	- tinggi (h)	mm	1,425,4933	1,425,4933	1,425,4933	1,425,4933
	- lebar (b)	mm	570,1973	570,1973	570,1973	570,1973
II.	PRATEGANG PARSIAL					
	Tendon yang digunakan					
	- jumlah tendon	btg	64,6000	64,6000	64,6000	64,6000
	- jumlah tendon digunakan	btg				
	- luas tendon	mm <sup>2</sup>	6,415,6000	6,415,6000	6,415,6000	6,415,6000

2	Gaya Prategang								
	- gaya prategang awal ( $P_i$ )	kN	8.830,2942				7.879,3394		7.335,9367
	- gaya prategang efektif ( $P_e$ )	kN	7.064,2354				6.303,4716		5.868,7494
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah ( $d$ )	mm	242,7467				242,7467		242,7467
	- tinggi Efektif Penampang ( $d_p$ )	mm	1.182,7467				1.182,7467		1.182,7467
<b>III. TUL. NON-PRATEGANG dan KAPASITAS PENAMPANG</b>									
1	Tinggi Efektif Penampang Prategang ( $d_p$ )	mm	1.182,7467				1.182,7467		1.182,7467
2	Tinggi efektif non-prategang ( $d$ )	mm	1.325,4933				1.325,4933		1.325,4933
3	Koefisien Beton karena $f_c > 30$ Mpa ( $\beta_1$ )		0,7300				0,7300		0,7300
4	Tegangan leleh pengganti baja prategang ( $f_{ps}$ )	MPa	1.416,1019				1.416,1019		1.416,1019
5	Gaya-gaya dalam								
	- Gaya tekan ( $C = 0,85 f_c b a$ )	a N	21.810,0480				21.810,0480		21.810,0480
	- Gaya tarik								
	- baja prategang ( $T_{ps} = A_{ps} f_{ps}$ )	N	9.085.002,0473				8.106.617,2114		7.547.540,1624
	- baja non-prategang								
	- di coba (D25)	btg							
	- luas	mm <sup>2</sup>	2.453,1250				4.415,6250		5.887,5000
	- $T_s = A_s f_y$	N	981.250,0000				1.766.250,0000		2.355.000,0000
6	Keseimbangan Gaya-gaya dalam ( $C = T_{ps} + T_s$ )								
	- tinggi blok tekan ( $a$ )	mm	461,5419				452,6752		454,0357
	- letak garis netral ( $x$ )	mm	632,2492				620,1030		621,9667
	- regangan tulangan non-prategang		0,0033				0,0034		0,0034
			(leleh)				(leleh)		(leleh)
	- rasio tulangan prategang		0,0095				0,0085		0,0079
	- syarat batas ( $0,36 \beta_1$ )		0,2628				0,2623		0,2628
	- rasio prategang		0,2994				0,2671		0,2437
	- kapasitas dihitung berdasarkan		C (Tekan)				C (Tekan)		T (Tarik)
7	Momen Nominal								
	- lengan gaya dalam :								
	- z1	mm	951,6757				956,4091		955,7288
	- z2	mm	1.094,7224				1.099,1558		1.093,4755
	- Momen nominal ( $M_n$ )	kNm	9.722,6974				9.694,6262		9.800,3115
			(memenuhi)				(memenuhi)		(memenuhi)

	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )	kNm	574,3998	717,3790
<b>IV. KONTROL TEGANGAN</b>				
<b>1. Saat Transfer</b>				
	( tumpang bruto, tulangan non-prategang belum bekerja )			
≡	Propertis penampang			
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812.5000	812.812.5000
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	712.7467	712.7467
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	712.7467	712.7467
	- Momen inerti (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	137.638.366.699,2190	137.638.366.699,2190
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	193.109.800,3147	193.109.800,3147
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	193.109.800,3147	193.109.800,3147
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	169.335,9375	169.335,9375
	- e ditengah bentang	mm	470,0000	470,0000
≡	Tegangan yang terjadi			
	- serat atas	MPa	(aman)	(aman)
	- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)
<b>2. Saat Layan</b>				
	( tumpang transformasi, tulangan non-prategang sudah bekerja )			
	- Gaya Prategang efektif (Pe)	kN	7.351,4856	6.699,2157
	- baja non-prategang sudah bekerja dan leleh			
	- Momen total prategang	kN	4.815,8218	4.280,7305
	- Momen total non-prategang	kN	535,0913	1.070,1826
≡	Prategang			
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	843.038,5065	840.953,9543
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	731,5503	729,5979
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	693,9431	695,8955
	- e prategang	mm	451,1964	453,1488
	- Momen inerti (I <sub>tr</sub> )	mm <sup>4</sup>	144.821.759,203,0790	144.075.899,420,3230
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	197.965.566,6731	197.473.022,9164
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	206.694,011,5637	207.036.701,8767



	- radius girasi pangkat dua ( $r^2$ )	mm <sup>2</sup>	171.045.3207	170.900,7338	170.814,0948
	- Tegangan serat atas	MPa	-16,2540	-14,2511	-13,3172
	- Teagangan serat bawah	MPa	-1,5006	-1,9331	-1,9438
<b>b.</b>	<b>Beton Bertulang</b>				
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	825.920,6637	836.407,1946	844.272,0928
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	722,4716	730,0320	735,5791
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	703,0213	695,4613	689,9143
	- e prategang	mm	460,2751	452,7147	447,1676
	- Momen inertia (I trans)	mm <sup>4</sup>	142.481.827.775,2840	146.247.291.038,8720	149.010.002.797,4660
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	197.214.446,9695	200.329.975,1261	202.575.098,5937
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	202.670.573,3586	210.288.167,1643	215.983.362,5642
	- radius girasi pangkat dua ( $r^2$ )	mm <sup>2</sup>	172.512,7292	174.851,7851	176.495,2366
	- Tegangan serat atas	MPa	-2,7132	-6,3421	-6,6036
	- Teagangan serat bawah	MPa	2,6402	5,0891	6,1937
<b>c.</b>	<b>Tegangan yang terjadi</b>				
	- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(tidak aman)
<b>VI.1.</b>	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>				
	- Gaya Prategang efektif sesaat (Fe)	kN	7.938,7708	7.083,8262	6.595,2865
	- Lendutan Ke Atas/Chamber (d <sub>pt</sub> )	mm	-57,4321	-51,2471	-47,7128
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	kN/m'	27,3736	27,3736	27,3736
	- Lendutan Ke Bawah (d <sub>D</sub> )	mm	32,9174	32,9174	32,9174
	- Total Lendutan Jangka Pendek (d <sub>T</sub> )	mm (t)			
<b>VI.2.</b>	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>				
	- Mcr	kNm	6.108,9550	5.653,1522	5.381,5079
	- Momen beban hidup maks tak terfaktor Ma	kNm	5.350,9131	5.350,9131	5.350,9131
	- Kondisi Penampang		(belum retak)	(belum retak)	(belum retak)
	- Analisis lendutan berdasarkan penampang		(bruto)	(bruto)	(efektif)
	- Rasio penguat prategang (pp)			0,0085	0,0079

- $\sigma_f$	%	19,8018	18,0541	0,0078	17,0558
- Faktor Pengali - Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,9010	0,9010		
- $f_{ct,eff}$ (k)					
- Rasio tul. non prategang	mm <sup>2</sup>		0,0058	0,0078	
- Inersia Kritis (I <sub>cr</sub> )			51.643.931.251,7617	55.820.927.735,6027	
- (Mcr/MT)			1,0565	1,0057	
- Inersia efektif (I <sub>e</sub> )	mm <sup>4</sup>		153.048.765.556,6740	139.049.823.255,7890	
Beban-beban :					
- Prategang	kN/m'	24,7970	24,7970	24,7970	
- akibat beban mati	kN/m'	18,6947	18,6947	18,6947	
- akibat beban gelagar	kN/m'				
- akibat beban hidup	kN/m'				
- Beton bertulang	kN/m'				
- akibat beban hidup	kN/m'				
Lendutan dasar	mm	29,0639	29,0639	29,0639	
- Lendutan Akibat Beban Mati ( $\delta_D$ )	mm	21,9116	21,9116	21,9116	
- Lendutan Akibat Berat Gelagar ( $\delta_G$ )	mm				
- Lendutan Akibat Beban Hidup ( $\delta_L$ )	mm				
<b>1 Metode Pengali PCI</b>					
<b>Faktor pengali PCI</b>					
- Akibat Chamber		1,5757	1,4516	1,3801	
- Akibat beban mati		1,6149	1,4799	1,4039	
- Akibat beban sendiri		2,1458	2,1291	1,9503	
- Lendutan Total ( $\delta_T$ )	mm (l)	39,1658	44,5721	46,4610	
- Batas Lendutan < L/240	mm	104,1657	104,1667	104,1667	
<b>2 Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>					
- Koefisien Koreksi Rangkak (Kr)		<b>0,7234</b>	<b>0,5645</b>	<b>0,4751</b>	
<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>					
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	kN	1.478,8086	1.180,1237	1.024,5571	
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	kN	7.351,4556	6.699,2157	6.311,3796	
- LCF	%	16,7470	14,9774	13,9663	
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,9163	0,9251	0,9302	
<b>b. Waktu (t)</b>	Hari	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,4054	1,4054	1,4054	

- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,7350	0,7350	0,7350
- Lendutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-91,4428	-74,8343	-65,9294
- akibat beban gelagar	mm	44,1880	39,2963	36,1723
- akibat beban mati	mm	50,7827	46,0135	43,3293
- akibat beban hidup	mm	29,3019	29,3019	29,2061
- Lendutan Total (St)	mm (s)			
- Batas Lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>				
- Penilangan Prategang Total (ΔP)	KN	1.748,5566	1.422,5458	1.251,2018
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	KN	7.081,7376	6.456,7937	6.084,7350
- ΔCF	%	19,8018	18,0541	17,0558
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang (λ)		0,9010	0,9097	0,9147
- Waktu (t)	Hari	365	365	365
- Koefisien Rangsak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangsak Waktu T (Ct)		1,8215	1,8215	1,8215
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,6231	0,6231	0,6231
- Lendutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-97,3400	-79,4514	-68,3619
- akibat beban gelagar	mm	50,7834	44,4435	40,4604
- akibat beban mati	mm	52,9264	47,6665	44,7373
- akibat beban hidup	mm	29,3019	29,3019	29,2091
- Lendutan Total (St)	mm (s)			
- Batas Lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>				
- Penilangan Prategang Total (ΔP)	KN	1.844,1582	1.509,1368	1.332,4834
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	KN	6.968,1360	6.370,2297	6.003,4533
- ΔCF	%	20,9844	19,1527	18,1638
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang (λ)		0,8956	0,9042	0,9092
- Waktu (t)	Hari	1.095	1.095	1.095
- Koefisien Rangsak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangsak Waktu T (Ct)		2,0433	2,0433	2,0433
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,5473	0,5473	0,5473
- Lendutan yang terjadi				

			-81,2720	-70,4272
		mm	47,1875	42,7464
- akibat chamber		mm	47,4144	44,5084
- akibat beban gelagar		mm	29,3019	29,2081
- akibat beban mati		mm	48,2793	46,2392
- akibat beban hidup		mm (l)	104,1667	104,1667
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )		mm	104,1667	104,1667
- Batas Lendutan < L/240				



Tabel A.4.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 2,75$ 

No	Urutan	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
<b>f Data</b>						
1	Tendon :					
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000
2	Beton					
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45.0000	45.0000	45.0000	45.0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42.7500	42.7500	42.7500	42.7500
	- modulus ruptur (fr)	MPa	4.6957	4.6957	4.6957	4.6957
3	Modulus Elastisitas					
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
4	Angka perbandingan modular					
	a saat transfer		6,4432	6,4432	6,4432	6,4432
	- nps					
	b saat tayan		6,2800	6,2800	6,2800	6,2800
	- nps		6,3435	6,3435	6,3435	6,3435
	- ns					
5	Baja prategang ASTM strand type 13 mm					
	- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98.7000	98.7000	98.7000	98.7000
	- jumlah kabel yang digunakan	btg	72	65	58	54
	- luas baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106.4000	6.415.5000	5.724.6000	5.329.8000
	- Gaya Prategang awal (P <sub>i</sub> )	kN	9.781.2400	8.830.2942	7.879.3394	7.335.9267
6	Tulangan Non-Prategang D25					
	- tegangan leleh	MPa	400.0000	400.0000	400.0000	400.0000
	- tegangan leleh	mm <sup>2</sup>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>	490.6250	490.6250	490.6250	490.6250
	- jumlah tulangan non-prategang yang dipakai	btg	5	9	12	12
	- luas tulangan non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	2.453.1250	4.415.6250	5.887.5000	5.887.5000

- Data Struktur							
- bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
- tinggi balok (h)	mm	1.495,0700	1.495,0700	1.495,0700	1.495,0700	1.495,0700	1.495,0700
- lebar balok (b)	mm	543,6618	543,6618	543,6618	543,6618	543,6618	543,6618
- luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000
- momen inertiya bruto (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	151.402.203.369,1410	151.402.203.369,1410	151.402.203.369,1410	151.402.203.369,1410	151.402.203.369,1410	151.402.203.369,1410
- radius girasi kuadrat (r <sub>g</sub> )	mm <sup>2</sup>	186.269,5313	186.269,5313	186.269,5313	186.269,5313	186.269,5313	186.269,5313
- eksentrisitas ditengah bentang (ec)	mm	485,0000	485,0000	485,0000	485,0000	485,0000	485,0000
<b>1 Kehilangan Tegangan Sesaat</b>							
- Kehilangan akibat Pergeseran Angkur	mm	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000
- pergeseran angkur	MPa	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800
- Δf <sub>pa</sub>	MPa	-	-	-	-	-	-
<b>2 Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton</b>							
- Kehilangan Akibat Gesekan	rad	0,1552	0,1552	0,1552	0,1552	0,1552	0,1552
- tendon parabola (σ)		0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
- koefisien Wobble (K)		0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
- koefisien kelengkungan (μ)	MPa	88,4750	88,4750	88,4750	88,4750	88,4750	88,4750
- Δf <sub>pe</sub>		-	-	-	-	-	-
- Keadaan setelah Kehilangan sesaat	MPa	139,9550	139,9550	139,9550	139,9550	139,9550	139,9550
- Total Kehilangan Tegangan (Δf <sub>pT</sub> )	MPa	1.236,4450	1.236,4450	1.236,4450	1.236,4450	1.236,4450	1.236,4450
- Tegangan tendon (f <sub>pi</sub> )	KN	8.786,6728	7.932,4129	7.078,1531	7.078,1531	7.078,1531	7.078,1531
- Gaya Batebang (P <sub>i</sub> )		-	-	-	-	-	-
<b>3 Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>							
- Akibat Relaksasi baja	hari	90	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>pr</sub>	MPa	21,2616	21,2616	21,2616	21,2616	21,2616	21,2616
- Akibat Rangkak		-	-	-	-	-	-
- Δf <sub>ps</sub>		-	-	-	-	-	-
- momen akibat beban mati saat transfer (MD)	KNm	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654
- momen akibat beban total selain yg pki saat transfer	KNm	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477

- fcs	MPa	-17,6109	-15,2327	-12,8545	-11,4955
- fcsd	MPa	10,2904	10,2904	10,2904	10,2904
- ΔfpCR	MPa	73,5567	49,6604	25,7641	12,1091
- tambahan tegangan (ΔfSD)	MPa	66,3027	66,3027	66,3027	66,3027
<b>3 Akibat Susut</b>					8,00E-04
- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )	MPa	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- ΔfpSH	MPa	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172
<b>4 Kehilangan Tegangan total ΔfpT</b>					65,3853
5 Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan					
- tegangan efektif fpe	MPa	1,109,6121	1,133,5084	1,157,4047	1,171,0597
- gaya prategang efektif Pe	kN	7,885,3474	7,272,0231	6,625,6790	6,241,5142
- LOF	%	19,3830	17,6469	15,9107	14,9186
<b>IV, Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun</b>					
<b>1 Akibat Relaksasi baja</b>					365
- waktu ( hari )	hari	365	365	365	365
- waktu ( jam )	jam	8,760	8,760	8,760	8,760
- ΔfpR	MPa	2,2766	2,5571	2,8474	3,0177
<b>2 Akibat Rangkak</b>					
( stabil, tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan )					
<b>3 Akibat Susut</b>					8,00E-04
- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )	MPa	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- ΔfpSHI	MPa	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571
- ΔfpSH	MPa	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399
<b>4 Kehilangan Tegangan total ΔfpT</b>					42,3576
5 Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan					
- tegangan efektif fpe	MPa	1,067,9956	1,091,6114	1,115,2174	1,128,7021
- gaya prategang efektif Pe	kN	7,589,6037	7,003,2326	6,384,1734	6,015,7567
- LOF	%	22,4666	20,6908	18,9758	17,9961

IV Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun				
1	Akibat Relaksasi baja		1095	1095
	- waktu ( hari )	hari	26.280	26.280
	- waktu (jam)	jam	1.8373	1.9616
	- $\Delta f_p R$	MPa		
2	Akibat Rangkak			
	stabil : dak terjadi tambahan kehilangan tegangan )			
3	Akibat Susut		8.00E-04	8.00E-04
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )	MPa	150,8243	150,8243
	- $\Delta f_p S_{Hi}$	MPa	13,1672	13,1672
	- $\Delta f_p S_H$	MPa	14,7928	15,0046
4	Kehilangan Tegangan total $\Delta f_p T$			
	- keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	1.076.8185	1.100,2128
5	tegangan efektif fpe	kN	6.908.3291	5.935,1230
	- gaya prategang efektif Pe	%	23,4665	20,0659
	- LOF			19,0952



Tabel A.4.2 Prategang Penuh  $h/b = 2,75$ 

No.	Data		
1	Bentang balok (L)	25,0000	m
2	Jarak antar balok (B)	5,0000	m
3	Baja Prategang		
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	1.860,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	1.581,0000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	1.376,4000	Mpa
4	Beton		
	- tegangan tekan (f'c)	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer f'ci = 0,95 f'c	42,7500	Mpa
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer		
	- serat tekan (f'ci)	-25,6500	Mpa
	- serat tarik (f'ti)	1,6346	Mpa
	b. saat layan		
	- serat tekan (f'cs)	-20,2500	Mpa
	- serat tarik (f'ts)	3,3541	Mpa
	- serat tekan (f'cs) seluruh	-27,0000	Mpa
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang R = 1 - LOF	0,8000	
6	Baja Non-Prategang (fpy)	400,0000	Mpa
7	Modulus elastisitas		
	- Baja Prategang (Eps)	198.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang (Es)	200.000,0000	Mpa
	- Beton (Ec)	31.528,5585	Mpa
	- Beton saat transfer (Eci)	30.730,2376	Mpa
8	Modulus ruptur (fr)	4,6957	Mpa
9	Angka perbandingan modular		
	a. saat transfer		
	- nps	6,4432	
	b. saat layan		
	- nps	6,2800	
	- ns	6,3435	
10	Beban dan berat isi		
	- beban berguna auditorium (WL)	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- berat isi :		
	- beton	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- spesi per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	35,0000	%
12	Baja prategang ASTM strand type 13 mm		
	- luas 1 kabel	98,7000	mm <sup>2</sup>
	- diameter selubung	127,0000	mm
	- luas selubung	12.661,2650	mm <sup>2</sup>

<b>II.</b>	<b>Beban dan Momen Balok</b>		
1	Beban mati (wD)	24,7970	kN/m'
	- pelat 20 cm	20,2400	kN/m'
	- traso 3 cm	0,0360	kN/m'
	- spesi 2 cm	0,0210	kN/m'
	- pasir 5 cm	4,5000	kN/m'
2	Beban Hidup (wL)	25,0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan		kN/m'
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.328,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.006,1680	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5156	kNm
<b>III.</b>	<b>Besaran Penampang Persegi untuk <math>h/b = 2,75</math></b>		
1	Luas penampang Persegi $h/b = 2$ ( $A_c$ )	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- $h/b$	2,75	
	- Tinggi Penampang $h = (2,75 A_c)^{0,5}$	1.495,0700	mm
	- Dipakai Tinggi Penampang (h)	1.495,0700	mm
	- lebar Penampang (b)	543,6618	mm
	- dipakai lebar Penampang (b)	543,6618	mm
	- Luas penampang ( $A_c$ )	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6947	kN/m'
3	Jarak garis netral :		
	- ke serat atas (ct)	747,5350	mm
	- ke serat bawah (cb)	747,5350	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-12,0077	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	9.760,0139	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	7.090,9720	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	71,8437	btg
	- jumlah kabel yang digunakan	71,8437	btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg )	2,5501	bh
	- luas tendon yang digunakan	7.106,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	- Serat Atas (St)	202.535.267,2384	mm <sup>3</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	202.535.267,2384	mm <sup>3</sup>
9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	487,5874	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)	487,5874	mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	262,5350	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)	1.232,5350	mm

<b>IV.</b>	<b>Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>		
<b>IV.1.</b>	<b>Saat Transfer (Pakai penampang bruto )</b>		
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	747,5350	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	747,5350	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	485,0000	mm
	- Momen Inertia bruto (I <sub>g</sub> )	151.402.203.369,1410	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	186.269,5313	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	202.535.267,2384	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	202.535.267,2384	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.460,5225	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.138,5654	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>IV.2.</b>	<b>Saat Layan (Pakai penampang transformasi )</b>		
	- Gaya prategang efektif (Pe)	7.885,3474	
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	850.334.4391	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	768,9362	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	726,1339	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (cc)	463,5088	
	- Momen Inertia transformasi	159.838.840.245,4500	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	187.971,7355	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	220.123.106,9353	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	207.870.102,6629	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Total (MT)	5.350,9131	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>V.</b>	<b>Momen Kapasitas Penampang</b>		
1	Koefisien Beton karena f <sub>c</sub> > 30 Mpa (β <sub>1</sub> )	0,7300	
2	Tegangan baja (fps)		
	- tegangan leleh (f <sub>py</sub> = 0,85 f <sub>pu</sub> )	1.581,0000	MPa
	- rasio tulangan prategang	0,0106	
	- koefisien jenis baja prategang	0,4000	
	- tegangan pengganti tegangan leleh (f <sub>ps</sub> )	1.413,2423	MPa

	- Dipakai fps		MPa
3	Beton Tekan	262,563,7923	mm <sup>2</sup>
	- luas beton tekan	482,9543	mm
	- tinggi blok tekan (a)	10 043,0651	kN
	- gaya tekan		
4	Periksa rasio prategang :	0,2628	
	- syarat batas (0,36 β <sub>1</sub> )	0,3331	
	- rasio prategang	<b>C (Tekan)</b>	
	- kapasitas dihitung berdasarkan	991,0579	mm
5	lengan gaya dalam (z)		kNm
6	Momen Nominal penampang (Mn tersedia)		
7	Momen yang bekerja	7,202,3457	kNm
	- Momen terfaktor (Mu)		kNm
	- Momen Nominal perlu (Mn perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )		
<b>VI.</b>	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
<b>VI.1.</b>	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>		
	- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	8.786,6728	kN
	- Lendutan Ke Atas/Chamber (δ <sub>pi</sub> )	-59,6317	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3796	kN/m <sup>2</sup>
	- Lendutan Ke Bawah (δ <sub>D</sub> )	29,9249	mm
	- Total Lendutan Jangka Pendek (δ <sub>T</sub> )		
<b>VI.2.</b>	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	<b>Lendutan dasar</b>		
	- Lendutan Akibat Beban Mati (δ <sub>D</sub> )	26,4218	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar (δ <sub>G</sub> )	19,9196	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup (δ <sub>L</sub> )	26,6381	mm
<b>1</b>	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	<b>Faktor pengali PCI</b>		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,8500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	- Lendutan Total (δ <sub>τ</sub> )		mm (L)
	- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
<b>2</b>	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>		
	- Koefisien Koreksi Rangkak (K <sub>r</sub> )	1,0000	
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total (ΔP)	1.895,9016	kN
	- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	7.885,3474	kN
	- LOF	19,3830	%
	- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang (λ)	0,9031	
	- Waktu (t)	90	Hari

- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,4054	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,7350	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-108,2500	mm
- akibat beban gelagar	47,9144	mm
- akibat beban mati	53,7158	mm
- akibat beban hidup	26,6381	mm
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )	26,6381	mm (↓)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>		
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	1.937,5181	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	7.589,6037	kN
- LOF	22,4066	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,9010	
- Waktu (t)	365	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,8215	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,6231	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-120,2561	mm
- akibat beban gelagar	56,2030	mm
- akibat beban mati	56,4098	mm
- akibat beban hidup	26,6381	mm
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )	26,6381	mm (↓)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>		Bulan
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	1.952,1067	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	7.435,9318	kN
- LOF	23,4665	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,9002	
- Waktu (t)	1.095	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	2,0433	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,5473	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-127,8651	mm
- akibat beban gelagar	60,6217	mm
- akibat beban mati	55,9717	mm
- akibat beban hidup	26,6381	mm
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )	26,6381	mm (↓)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm

Tabel A.4.3 Prategang Parsial  $h/b = 2,75$

No.	DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Bentang balok (L)	m	25,0000	25,0000	25,0000
2	Jarak antar balok (B)	m	5,0000	5,0000	5,0000
3	Baja Prategang	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)				
4	Beban	MPa	45,0000	45,0000	45,0000
	- tegangan tekan (fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)				
	- tegangan ijin				
	a. saat transfer	MPa	-25,6500	-25,6500	-25,6500
	- serat tekan (fci)	MPa	1,6346	1,6346	1,6346
	- serat tarik (fti)				
	b. saat layan	MPa	-20,2500	-20,2500	-20,2500
	- serat tekan (fcs)	MPa	3,3541	3,3541	3,3541
	- serat tarik (fts)		-27,0000	-27,0000	-27,0000
	- serat tekan (fcs) seluruh		0,8000	0,8000	0,8000
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang (R = 1 - LOF)				
6	Modulus elastisitas	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
	- Beton Non-Prategang (Es)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
	- Beton (Ec)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
	- Beton saat transfer (Ect)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957
7	Modulus ruptur (fr)				
8	Angka perbandingan modular				
	a. saat transfer		6,4432	6,4432	6,4432
	b. saat layan				
	- beton		6,2800	6,2800	6,2800
	- baja		6,3435	6,3435	6,3435

9	Beban dan berat isi							
	- beban berguna auditorium (WL)	KN.m'	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- Beban mati (wD)	KN.m'	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	KN.m'	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
	- Total beban	KN.m'	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917
		%	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000
10	Saat transfer beban mati yang telah bekerja							
11	Baja Prategang ASTM strand type 13 mm	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- luas kabel	mm	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000
	- diameter selubung	mm <sup>2</sup>	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650
	- luas selubung	btg	72	72	72	72	72	72
	- jumlah kabel yang dipakai ( 100% )	mm <sup>2</sup>	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000
	- luas kabel yang dipakai ( 100% )							
12	Tulangan Non-Prategang	MPa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- tegangan leleh	mm	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- diameter	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- luas batang		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
	- regangan leleh							
13	Momen-momen yang bekerja	kNm	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654
	- saat transfer	kNm	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131
	- saat gyan / momen total	kNm	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457
	- momen terfaktor (Mu)	kNm	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321
	- momen nominal (Mn)							
14	ukuran balok	mm	1,495,0700	1,495,0700	1,495,0700	1,495,0700	1,495,0700	1,495,0700
	- tinggi (h)	mm	543,6618	543,6618	543,6618	543,6618	543,6618	543,6618
	- lebar (b)							
II.	PRATEGANG PARSIAL							
1	Tendon yang digunakan	btg	64,8000	64,8000	64,8000	64,8000	64,8000	64,8000
	- jumlah tendon	btg	68	68	68	68	68	68
	- jumlah tendon digunakan	mm <sup>2</sup>	6,415,5000	6,415,5000	6,415,5000	6,415,5000	6,415,5000	6,415,5000
	- luas tendon							

2	Gaya Prategang	kN	8.830,2942	7.879,3394	7.335,9367
	- gaya prategang awal (Pi)	kN	7.064,2354	6.303,4716	5.868,7494
	- gaya prategang efektif (Pe)	mm	262,5350	262,5350	262,5350
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	mm	1.232,5350	1.232,5350	1.232,5350
	- tinggi Efektif Penampang (dp)				
III.	<b>TUL. NON-PRATEGANG dan KAPASITAS PENAMPANG</b>				
1	Tinggi Efektif Penampang Prategang (dp)	mm	1.232,5350	1.232,5350	1.232,5350
2	Tinggi efektif non-prategang ( d )	mm	1.395,0700	1.395,0700	1.395,0700
3	Koefisien Beton karena $f_c > 30$ Mpa ( $\beta_1$ )	MPa	0,7300	0,7300	0,7300
4	Tegangan leleh pengganti baja prategang (fps)		1.413,2423	1.413,2423	1.413,2423
5	Gaya-gaya dalam	a N	20.795,0649	20.795,0649	20.795,0649
	- Gaya tekan (C = 0,85 f <sub>c</sub> b a)				
	- Gaya tarik	N	9.066.655,9512	8.090.246,6488	7.532.298,7903
	- baja prategang (Tps = Aps fps)				
	- baja non-prategang	big			
	- di coba ( D25 )	mm <sup>2</sup>	2.453,1250	4.415,6250	5.887,5000
	- luas	N	981.250,0000	1.766.250,0000	2.355.000,0000
	- $T_s = A_s f_y$				
6	Keseimbangan Gaya-gaya dalam (C = Tps + Ts)	mm	483,1870	473,9825	475,4637
	- tinggi blok tekan (a)	mm	661,9001	649,2911	651,3202
	- lebar garis netral (X)		0,0033	0,0034	0,0034
	- tegangan tulangan non-prategang	(leleh)	(leleh)	(leleh)	(leleh)
	- ras tulangan prategang	0,0096	0,0085	0,0030	0,0030
	- syarat batas (0,35 $\beta_1$ )	0,2628	0,2628	0,2628	0,2628
	- ras prategang	0,3007	0,3007	0,2683	0,2498
	- kapasitas dihitung berdasarkan	C (Tekan)	C (Tekan)	C (Tekan)	T (Tarik)
	- Momen Nominal				
	- lengan gaya dalam	mm	900,9415	895,3422	894,8032
	- momen	mm	1.153,4765	1.158,0788	1.157,3362
	- momen nominal (Min)	kNm	10.116,3744	10.099,6514	10.218,6860
			(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)



	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )	kNm	1.956,734	1.057,859
<b>IV.</b>	<b>KONTROL TEGANGAN</b>			
<b>1.</b>	<b>Saat Transfer</b>			
	(tampang bruto, tulangan non-prategang belum bekerja )			
<b>a.</b>	Propertis penampang	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	747,5350	747,5350
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	747,5350	747,5350
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	151.402.203,369,1410	151.402.203.369,1410
	- Momen inerti (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	202.535.267,2384	202.535.267,2384
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	202.535.267,2384	202.535.267,2384
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	186.269,5313	186.269,5313
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	485,0000	485,0000
	- e ditengah bentang	mm		
<b>b.</b>	Tegangan yang terjadi	MPa	41,8647	41,8647
	- serat atas	(aman)		(aman)
	- serat bawah	(aman)		(aman)
<b>2.</b>	<b>Saat Layan</b>			
	(tampang transformasi, tulangan non-prategang sudah bekerja )			
	- Gaya Prategang efektif (Pe)	kN	7.272,0231	6.625,6790
	- baja non-prategang sudah bekerja dan leleh	kN	4.815,8218	4.280,7305
	- Momen total prategang	kNm	535,0913	1.070,1826
	- Momen total non-prategang			
<b>a.</b>	Prategang	mm <sup>2</sup>	846.636,4728	843.038,5065
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	766,9387	764,9240
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	728,1313	730,1460
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	463,5963	467,6110
	- e prategang	mm		
	- Momen inerti (I <sub>trans</sub> )	mm <sup>4</sup>	158.257.199,450,2710	157.851.261.356,6700
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	207.384.786,0216	206.892.701,7045
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	218.437,844,0366	216.747,337,0665
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	187,851,6218	187.722,3854
				5.241,5142
				4.013,1848
				1.337,7283
				840,953,9543
				763,7649
				731,3051
				468,7701
				157.851.261.356,6700
				206.892.701,7045
				216.747.337,0665
				187.722,3854
				187.644,3538

	- Tegangan serat atas	MPa	-15.4842	-13.5748	-12.6848
	- Tegangan serat bawah	MPa	-2,0423	-2,4037	-2,3828
b.	Beton Bertulang				
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	825.920,6637	836.407,1946	844.272,0928
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	757,8120	765,8017	771,6637
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	737,2580	729,2683	723,4063
	- e prategang	mm	474,7230	486,7333	460,6713
	- Momen inerti (I <sub>trans</sub> )	mm <sup>4</sup>	156.811.246.049,0910	161.016.410.740.7580	164.101.730.428.4870
	- Modulus penampang bagian atas (s <sub>1</sub> )	mm <sup>3</sup>	206.926.310.9515	210.258.622.3043	212.659.644.3463
	- Modulus penampang bagian bawah (s <sub>2</sub> )	mm <sup>3</sup>	212.605.210.7435	220.791.724.9689	226.845.864.7707
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	189.862,3596	192.509,5955	194.370,6677
	- Tegangan serat atas	MPa	-2,5859	-5,0898	-6,2905
	- Tegangan serat bawah	MPa	2,5158	4,8470	5,8971
c.	Tegangan yang terjadi	MPa			
	- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(tidak aman)
VI.1	Lendutan Jangka Pendek				
	- Gaya Prategang efektif sesaat (P <sub>e</sub> )	KN	7.932,4129	7.078,1531	6.590,0046
	- Lendutan Ke Atas/Chamber (δ <sub>1</sub> )	mm	-53,8341	-48,0366	-44,7237
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	KN.m <sup>2</sup>	27,3736	27,3736	27,3736
	- Lendutan Ke Bawah (δ <sub>2</sub> )	mm	29,9249	29,9249	29,9249
	- Total Lendutan Jangka Pendek (δ <sub>T</sub> )	mm			
VI.2	Lendutan Jangka Panjang				
	- Momen beban hidup maks tak terfaktor (M <sub>l</sub> )	KNm	6.287,6743	5.819,5088	5.540,5774
	- Momen beban hidup maks tak terfaktor (M <sub>l</sub> )	KNm	5.350,9131	5.350,9131	5.350,9131
	- Kondisi Penampang		(belum retak)	(belum retak)	(belum retak)
	- Rasio penkuat prategang (pp)		(bruto)	(bruto)	(efektif)
	- Rasio tul. non prategang		0,0065	0,0065	0,0080
	- Rasio Kritis (kcr)	mm	0,0058	0,0058	0,0078
			56.577.594.539,9669	61.262.690.716,0952	

- (Mcr)/MT			1,0876	1,0354
- Inersia efektif (Ie)	mm <sup>4</sup>		178.559.770,685,8960	161.328.804.709,1360
<b>Beban-beban :</b>				
- Prategang	KN/m'	24,7970	24,7970	24,7970
- akibat beban mati	KN/m'	18,6947	18,6947	18,6947
- akibat beban gelagar	KN/m'			
- akibat beban hidup	KN/m'			
- Beton Bertulang	KN/m'			
- akibat beban hidup	KN/m'			
Lendutan dasar	mm	26,4218	26,4218	26,4218
- Lendutan Akibat Beban Mati (δD)	mm	19,9196	19,9196	19,9196
- Lendutan Akibat Berat Gelagar (δG)	mm			
- Lendutan Akibat Beban Hidup (δL)	mm			
<b>1 Metode Pengali PCI</b>				
<b>Faktor pengali PCI</b>				
- Akibat Chamber		1,5787	1,4516	1,3801
- Akibat beban mati		1,6149	1,4799	1,4039
- Akibat beban sendiri		2,4468	2,1291	1,9503
- Lendutan (δD + δG)	mm (↓)	33,0564	38,4176	37,9490
- Batas Lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>2 Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>				
- Koefisien reduksi Rangkak (Kt)		<b>0,7234</b>	<b>0,5645</b>	<b>0,4751</b>
<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>				
- Kehilangan Prategang Total (ΔP)	KN	1.558,2711	1.253,6605	1.094,4225
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	KN	7.272,0231	6.625,6790	6.241,5142
- LOF	%	17,6469	15,9107	14,9186
- Faktor Reduksi Lendutan Jangka Panjang (λ)		0,9116	0,9204	0,9254
- Waktu (t)	Hari	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
- Koefisien Rangkak Ullimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,4054	1,4054	1,4054
- Faktor Reduksi Rangkak Beton (ka)		0,7350	0,7350	0,7350

- Lendutan yang terjadi	mm	-84,2027	-68,8605	-60,6395
- akibat chamber	mm	40,1709	35,7239	31,1770
- akibat beban gelagar	mm	46,1661	41,8305	39,3903
- akibat beban mati	mm	26,6381	26,6381	26,1216
- akibat beban hidup	mm (l)	104,1667	104,1667	104,1667
- Lendutan Total ( $\delta_T$ )	mm	104,1667	104,1667	104,1667
- Batas Lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	kN	1.827,0616	1.495,1661	1.320,1600
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun ( $P_e$ )	kN	7.003,2326	6.384,1734	6.015,7567
- $\sigma_{OF}$	%	20,6908	18,9758	17,9961
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	Hari	0,8965	0,9051	0,9100
- Waktu (t)	Hari	365	365	365
- Koefisien Rangkap Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkap Waktu T (Ct)		1,8215	1,8215	1,8215
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,6231	0,6231	0,6231
- Lendutan yang terjadi	mm	-89,4110	-72,0054	-62,7164
- akibat chamber	mm	48,1668	40,4032	34,8729
- akibat beban gelagar	mm	48,1149	43,3513	40,6703
- akibat beban mati	mm	26,6381	26,6381	26,1215
- akibat beban hidup	mm (l)	104,1667	104,1667	104,1667
- Lendutan Total ( $\delta_T$ )	mm	104,1667	104,1667	104,1667
- Batas Lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	kN	1.921,9651	1.581,0611	1.400,8137
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun ( $P_e$ )	kN	6.908,3291	6.298,2783	5.935,1230
- $\sigma_{OF}$	%	21,7656	20,0659	19,0952
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	Hari	0,8912	0,8997	0,9045
- Waktu (t)	Hari	1.095	1.095	1.095
- Koefisien Rangkap Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkap Waktu T (Ct)		2,0493	2,0493	2,0493
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,5473	0,5473	0,5473
- Lendutan yang terjadi	mm	-93,3507	-74,5807	-64,5940
- akibat chamber	mm	48,1668	40,4032	34,8729

- akibat beban gelagar	mm	49,3632	42,8977	36,8432
- akibat beban mati	mm	47,7980	43,1040	40,4622
- akibat beban hidup	mm	26,6381	26,6381	26,1216
- Lentutan Total (δ <sub>r</sub> )	mm (↓)	123,7993	112,6698	104,1667
- Batas Lentutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667



Table A.5.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 3,00$

No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
<b>1 Data</b>						
1	Tendon :					
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860.000	1.860.000	1.860.000	1.860.000
	- Tegangan leleh (0.85 fpu)	MPa	1.581.000	1.581.000	1.581.000	1.581.000
	- Tegangan ijin saat transfer (0.74 fpu)	MPa	1.376.400	1.376.400	1.376.400	1.376.400
<b>2 Beton</b>						
	- Tegangan tekan (fc)	MPa	45.000	45.000	45.000	45.000
	- Tegangan tekan saat transfer (fci = 0.95 fc)	MPa	42.750	42.750	42.750	42.750
	- modulus ruptur (fr)	MPa	4.6957	4.6957	4.6957	4.6957
<b>3 Modulus Elastisitas</b>						
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000.000	198.000.000	198.000.000	198.000.000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000.000	200.000.000	200.000.000	200.000.000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
<b>4 Angka perbandingan modular</b>						
	- saat transfer		6,4432	6,4432	6,4432	6,4432
<b>5 nps</b>						
	- saat layan		6,2800	6,2800	6,2800	6,2800
	- nps		6,3435	6,3435	6,3435	6,3435
	- ns					
<b>5.1 Baja prategang ASTM strand type 18 mm</b>						
	- Jais 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98.7000	98.7000	98.7000	98.7000
	- Jumlah kabel yang digunakan	big	72	65	58	54
	- Jais baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106.4000	6.415.5000	5.724.6000	5.329.6000
	- Gaya Prategang awal (Pi)	kN	9.781.2490	8.830.2942	7.879.3394	7.335.9367
<b>5.2 Jangian Non-Prategang D25</b>						
	- Tegangan leleh	MPa	400.000	400.000	400.000	400.000
	- Tegangan leleh	mm <sup>2</sup>	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
	- Jais 1 batang	mm <sup>2</sup>	490.6250	490.6250	490.6250	490.6250
	- Jumlah tulangan non-prategang yang dipakai	big	5	5	9	12
	- Jais tulangan non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	2.453.1250	4.415.6250	4.415.6250	5.887.5000
<b>6 Data Struktur</b>						
	- Bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- Tinggi balok (h)	mm	1.561.5497	1.561.5497	1.561.5497	1.561.5497
	- lebar balok (b)	mm	520.5166	520.5166	520.5166	520.5166
	- luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
	- momen inertiya bruto (Ig)	mm <sup>4</sup>	165.166.040.039.0630	165.166.040.039.0630	165.166.040.039.0630	165.166.040.039.0630
	- luas bruto kuadrat (A)	mm <sup>2</sup>	203.203.1250	203.203.1250	203.203.1250	203.203.1250
	- Elastisitas ditengah bentang (E)	mm	500.0000	500.0000	500.0000	500.0000
<b>7 Kehilangan Tegangan Sesaat</b>						
	- Kehilangan akibat Pergeseran Angkur	mm	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000
	- bergeseran angkur					

- ΔfPa	MPa	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800
2 Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton	MPa	-	-	-	-	-
3 Kehilangan Akibat Gesekan	rad	0,1600	0,1600	0,1600	0,1600	0,1600
- tendon parabola (α)		0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
- koefisien Wobble (K)		0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
- koefisien kelengkungan (μ)	MPa	89,4660	89,4660	89,4660	89,4660	89,4660
- ΔfpF						
4 Keadaan setelah Kehilangan sesaat	MPa	140,9460	140,9460	140,9460	140,9460	140,9460
- Total Kehilangan Tegangan (ΔfpT)	MPa	1,235,4540	1,235,4540	1,235,4540	1,235,4540	1,235,4540
- Tegangan tendon (fpI)	kN	8,779,6303	7,926,0551	7,926,0551	7,926,0551	7,926,0551
- Gaya Prategang (Pi)						
11f Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan						
1 Akibat Relaksasi baja	hari	90	90	90	90	90
- waktu ( hari )	jam	2,160	2,160	2,160	2,160	2,160
- waktu (jam)	MPa	21,1872	21,1872	21,1872	21,1872	21,1872
- ΔfpR						
2 Akibat Rangkak		1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
- pasca tarik (Kor)	kNm	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654
- momen akibat beban mati saat transfer (MD)	kNm	3,212,3477	3,212,3477	3,212,3477	3,212,3477	3,212,3477
- momen akibat beban total selain yg bki saat transfer						
- fcs	MPa	-17,6167	-15,2745	-12,9324	-11,5940	-11,5940
- fcsd	MPa	9,7246	9,7246	9,7246	9,7246	9,7246
- ΔfpCF	MPa	79,2996	55,7657	32,2317	18,7637	18,7637
- tambahan tegangan (ΔfSD)	MPa	62,6572	62,6572	62,6572	62,6572	62,6572
3 Akibat Susut		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- regangan susut ultimit ( perawatan casah 7 hari )	MPa	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172
- ΔfpSH	MPa	136,1469	112,6129	89,0790	75,6310	75,6310
4 Kehilangan Tegangan total ΔfpT	MPa	1,099,3071	1,122,8411	1,146,3750	1,159,8230	1,159,8230
- tegangan efektif fpe	kN	7,812,1161	7,203,5870	6,562,5385	6,181,6247	6,181,6247
- gaya prategang efektif Pe	%	20,1317	18,4219	16,7121	15,7350	15,7350
- LOF						
IV Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun						
1 Akibat Relaksasi baja	hari	365	365	365	365	365
- waktu ( hari )	jam	8,760	8,760	8,760	8,760	8,760
- waktu (jam)	MPa	2,1587	2,4307	2,7122	2,8774	2,8774
- ΔfpR						
2 Akibat Rangkak						
- Stabilitas tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan						
3 Akibat Susut		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- regangan susut ultimit ( perawatan casah 7 hari )	MPa	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571
- ΔfpSHI	MPa	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399
- ΔfpSH						

4	<b>Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_{PT}</math></b>	MPa	41,4986	41,7706	42,0521	42,2173
5	Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan					
	- tegangan efektif fpe	MPa	1.057,8086	1.081,0705	1.104,3229	1.117,6058
	- gaya prategang efektif Pe	kN	7.517,2108	6.935,6076	6.321,8069	5.956,6152
	- LOF	%	23,1467	21,4567	19,7673	18,8023
	<b>IV Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun</b>					
1	<b>Akibat Relaksasi baja</b>					
	- waktu (hari)	hari	1095	1095	1095	1095
	- waktu (jam)	jam	26.280	26.280	26.280	26.280
	- $\Delta f_{RP}$	MPa	1,3355	1,5335	1,7387	1,9592
2	<b>Akibat Rangkak</b>					
	sebab : baik terjadi tambahan kehilangan tegangan )					
3	<b>Akibat Susut</b>					
	- tegangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- $\Delta f_{PS}$	MPa	150,8243	150,8243	150,8243	150,8243
	- $\Delta f_{PSH}$	MPa	13,1672	13,1672	13,1672	13,1672
	- $\Delta f_{PSL}$	MPa	14,5027	14,7007	14,9059	15,0264
4	<b>Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_{PT}</math></b>					
5	Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan					
	- tegangan efektif fpe	MPa	1.043,3059	1.066,3697	1.089,4170	1.102,5794
	- gaya prategang efektif Pe	kN	7.414,1487	6.841,2951	6.236,4765	5.876,5275
	- LOF	%	24,2004	22,5247	20,8503	19,8940



Tabel A.5.2 Prategang Penuh  $h/b = 3,00$ 

No.	Data		
1	Bentang balok (L)	25,0000	m
2	Jarak antar balok (B)	5,0000	m
3	Baja Prategang		
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	1.860,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	1.581,0000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	1.376,4000	Mpa
4	Beton		
	- tegangan tekan (f'c)	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer $f_{ci} = 0,95 f_c$	42,7500	Mpa
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer		
	- serat tekan (f'ci)	-25,6500	Mpa
	- serat tarik (f'ti)	1,6346	Mpa
	b. saat layan		
	- serat tekan (f'cs)	-20,2500	Mpa
	- serat tarik (f'ts)	3,3541	Mpa
	- serat tekan (f'cs) seluruh	-27,0000	Mpa
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang $R = 1 - LOF$	0,8000	
6	Baja Non-Prategang (fpy)	400,0000	Mpa
7	Modulus elastisitas		
	- Baja Prategang (Eps)	198.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang (Es)	200.000,0000	Mpa
	- Beton (Ec)	31.528,5585	Mpa
	- Beton saat transfer (Eci)	30.730,2376	Mpa
8	Modulus ruptur (fr)	4,6957	Mpa
9	Angka perbandingan modular		
	a. saat transfer		
	- nps	6,4432	
	b. saat layan		
	- nps	6,2800	
	- ns	6,3435	
10	Beban dan berat isi		
	- beban berguna auditorium (WL)	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- berat isi :		
	- beton	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- speci per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	35,0000	%
12	Baja prategang ASTM strand type 13 mm		
	- luas 1 kabel	98,7000	mm <sup>2</sup>
	- diameter selubung	127,0000	mm
	- luas selubung	12.661,2650	mm <sup>2</sup>

<b>II.</b>	<b>Beban dan Momen Balok</b>		
1	Beban mati (wD)	24.7970	kN/m'
	- pelat 20 cm	20.2400	kN/m'
	- traso 3 cm	0.0360	kN/m'
	- spesi 2 cm	0.0210	kN/m'
	- pasir 5 cm	4.5000	kN/m'
2	Beban Hidup (wL)	25.0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan		kN/m'
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.328,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.006,1680	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5156	kNm
<b>III.</b>	<b>Besaran Penampang Persegi untuk <math>h/b = 3,00</math></b>		
1	Luas penampang Persegi $h/b = 2$ (Ac)	812.812.5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- h/b	3,0000	
	- Tinggi Penampang $h = (3,00 Ac)^{0,5}$	1.561,5497	mm
	- Dipakai Tinggi Penampang (h)	<b>1.561,5497</b>	mm
	- lebar Penampang (b)	<b>520,5166</b>	mm
	- dipakai lebar Penampang (b)	<b>520,5166</b>	mm
	- Luas penampang (Ac)	812.812.5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6947	kN/m'
3	Jarak garis netral :		
	- ke serat atas (ci)	780,7749	mm
	- ke serat bawah (cb)	780,7749	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-12,0077	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	9.760.0139	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	7.090,9720	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	71,8437	btg
	- jumlah kabel yang digunakan		btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg )		bh
	- luas tendon yang digunakan	7.106,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	- Serat Atas (St)	211.541.187,4153	mm <sup>3</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	211.541.187,4153	mm <sup>3</sup>
9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	500,1483	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)	500,0000	mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	280.7749	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)	1.280,7749	mm

<b>IV.</b>	<b>Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>		
<b>IV.1.</b>	<b>Saat Transfer (Pakai penampang bruto )</b>		
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	780,7749	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	780,7749	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	500,0000	mm
	- Momen Inertia bruto (I <sub>g</sub> )	165.166.040,039,0630	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	203.203,1250	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	211.541.187,4153	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	211.541.187,4153	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.460,5225	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.138,5654	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>IV.2.</b>	<b>Saat Layan (Pakai penampang transformasi )</b>		
	- Gaya prategang efektif (Pe)	7.812,1161	
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	850.334,4391	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	802,8379	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	758,7118	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	477,9370	mm
	- Momen Inertia transformasi	174.132.600,647,3200	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	204.781,3103	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	229.510.861,6041	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	216.896.337,2081	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Total (MT)	5.350,9131	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>V.</b>	<b>Momen Kapasitas Penampang</b>		
1	Koefisien Beton karena f <sub>c</sub> > 30 Mpa (β <sub>1</sub> )	0,7300	
2	Tegangan baja (fps)		
	- tegangan leleh (f <sub>py</sub> = 0.85 f <sub>pu</sub> )	1.581,0000	MPa
	- rasio tulangan prategang	0,0107	
	- koefisien jenis baja prategang	0,4000	
	- tegangan pengganti tegangan leleh (fps)	1.410,9520	MPa

	- Dipakai fps		MPa
3	Beton Tekan		
	- luas beton tekan	262.138,2752	mm <sup>2</sup>
	- tinggi blok tekan (a)	503,6118	mm
	- gaya tekan	10.026,7890	kN
4	Periksa rasio prategang :		
	- syarat batas ( $0,36 \beta_1$ )	0,2628	
	- rasio prategang	0,3342	
	- kapasitas dihitung berdasarkan	<b>C (Tekan)</b>	
5	lengan gaya dalam (z)	1.028,9690	mm
6	Momen Nominal penampang (Mn tersedia)		kNm
7	Momen yang bekerja		
	- Momen terfaktor (Mu)	7.202,3457	kNm
	- Momen Nominal perlu (Mn perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )		kNm
<b>VI.</b>	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
<b>VI.1.</b>	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>		
	- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	8.779,6303	kN
	- Lendutan Ke Atas/Chamber ( $\delta_{pi}$ )	-56,3078	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3736	kN/m'
	- Lendutan Ke Bawah ( $\delta_D$ )	27,4312	mm
	<b>- Total Lendutan Jangka Pendek (<math>\delta_T</math>)</b>		
<b>VI.2.</b>	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	<b>Lendutan dasar</b>		
	- Lendutan Akibat Beban Mati ( $\delta_D$ )	24,2199	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar ( $\delta_G$ )	18,2596	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup ( $\delta_L$ )	24,4182	mm
1	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	<b>Faktor pengali PCI</b>		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,8500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	<b>- Lendutan Total (<math>\delta_T</math>)</b>		mm (L)
	- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
2	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>		
	- Koefisien Koreksi Rangkak (Kr)	1,0000	
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	1.969,1328	kN
	- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	7.812,1161	kN
	- LOF	20,1317	%
	- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8993	
	- Waktu (t)	90	Hari

- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,4054	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,7350	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-100,7256	mm
- akibat beban gelagar	43,9216	mm
- akibat beban mati	49,2395	mm
- akibat beban hidup	24,4182	mm
- <b>Lendutan Total (<math>\delta\tau</math>)</b>		mm (l)
- Batas Lendutan < L/240	<b>104,1667</b>	mm
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>		
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.010,6314	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	7.517,2108	kN
- LOF	23,1467	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8972	
- Waktu (t)	<b>365</b>	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,8215	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,6231	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-111,6921	mm
- akibat beban gelagar	51,5194	mm
- akibat beban mati	51,7090	mm
- akibat beban hidup	24,4182	mm
- <b>Lendutan Total (<math>\delta\tau</math>)</b>		mm (l)
- Batas Lendutan < L/240	<b>104,1667</b>	mm
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>		Bulan
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.025,1341	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	7.414,1487	kN
- LOF	24,2004	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8965	
- Waktu (t)	<b>1.095</b>	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	2,0433	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,5473	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-118,7574	mm
- akibat beban gelagar	55,5699	mm
- akibat beban mati	51,3074	mm
- akibat beban hidup	24,4182	mm
- <b>Lendutan Total (<math>\delta\tau</math>)</b>		mm (l)
- Batas Lendutan < L/240	<b>104,1667</b>	mm

Tabel A 3 Prategang Parsial  $h/b = 3,00$

I.	DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
	Bentang balok (L)	m	25,0000	25,0000	25,0000
	Jarak antar balok (3)	m	5,0000	5,0000	5,0000
	Baja Prategang				
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- tegangan leleh (0,85 fcu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
	- Beton				
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45,0000	45,0000	45,0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500
	- tegangan ijin				
	a. saat transfer				
	- serat tekan (fci)	MPa	-25,6500	-25,6500	-25,6500
	- serat tarik (fti)	MPa	1,6346	1,6346	1,6346
	b. saat layan				
	- serat tekan (fcs)	MPa	-20,2500	-20,2500	-20,2500
	- serat tarik (fts)	MPa	3,3541	3,3541	3,3541
	- serat tekan (fcs) seluruh		-27,0000	-27,0000	-27,0000
	- serat tekan (fcs) seluruh		0,8000	0,8000	0,8000
	E LCF = 20% --> rasio kenyalangan prategang (R = 1 - LCF)				
	E Modulus elastisitas				
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
	- Modulus ruptur (fr)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957
	E Angka perbandingan modular				
	a. saat transfer				
	- ps		6,4432	6,4432	6,4432
	b. saat layan				
	- nps		6,2600	6,2600	6,2600
	- ns		6,3435	6,3435	6,3435

9	Beban dan berat isi							
	- Beban berguna auditorium (WL)	KN/m'	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- Beban mati (WD)	KN/m'	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970
	- Berat galagar sebenarnya (wG)	KN/m'	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
	- Berat beban	KN/m'	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917
	- Total beban	%	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000
10	Saat transfer beban mati yang telah bekerja							
11	Baja prategang AS-11 strand type 13 mm	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- luas 1 kabel	mm	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000
	- diameter selubung	mm <sup>2</sup>	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650
	- luas selubung	big	72	72	72	72	72	72
	- jumlah kabel yang dipakai ( 100% )	mm <sup>2</sup>	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000
	- luas kabel yang dipakai ( 100% )							
12	Tulangan Non-Prategang	MPa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- tegangan leleh	mm	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- diameter	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- luas 1 batang		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
	- tegangan leleh							
13	Momen-momen yang bekerja	KNm	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654
	- saat transfer	KNm	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131
	- saat layan / momen total	KNm	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457
	- momen terfaktor (Mu)	KNm	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321
	- momen nominal (Mn)							
14	ukuran balok	mm	1,561,5497	1,561,5497	1,561,5497	1,561,5497	1,561,5497	1,561,5497
	- tinggi (h)	mm	520,5166	520,5166	520,5166	520,5166	520,5166	520,5166
	- lebar (b)							
II.	PRATEGANG PARSIAL							
1	tendon yang digunakan	big	64,8000	64,8000	64,8000	64,8000	64,8000	64,8000
	- jumlah tendon	big						
	- luas tendon digunakan	mm <sup>2</sup>	6,412,8000	6,412,8000	6,412,8000	6,412,8000	6,412,8000	6,412,8000
	- luas tendon							

2	Gaya Prategang						
	- gaya prategang awal (Pi)	kN	8.830,2942	7.879,3394	7.335,9367		
	- gaya prategang efektif (Pe)	kN	7.064,2354	6.303,4716	5.868,7494		
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	mm	280,7749	280,7749	280,7749		
	- tinggi Efektif Penampang (d <sub>p</sub> )	mm	1.280,7749	1.280,7749	1.280,7749		
III.	TULANGAN PRATEGANG dan KAPASITAS PENAMPANG						
1	Tinggi Efektif Penampang Prategang (d <sub>p</sub> )	mm	1.280,7749	1.280,7749	1.280,7749		
2	Tinggi efektif non-prategang ( d )	mm	1.461,5497	1.461,5497	1.461,5497		
3	Koefisien Beton karena f <sub>c</sub> > 30 Mpa (β <sub>1</sub> )		0,7300	0,7300	0,7300		
4	Tegangan leleh pengganti baja prategang (f <sub>ps</sub> )	MPa	1.410,9520	1.410,9520	1.410,9520		
5	Gaya-gaya dalam	a N	19.909,7588	19.909,7588	19.909,7588		
	- Gaya tekan (C = 0,85 f <sub>c</sub> b a)						
	- Gaya tarik						
	- baja prategang (T <sub>ps</sub> = A <sub>ps</sub> f <sub>ps</sub> )	N	9.051,962,3163	8.077,135,6053	7.520,091,7705		
	- baja non-prategang						
	- di coba ( D25 )	btg					
	- luas	mm <sup>2</sup>	2.453,1250	4.415,6250	5.887,5000		
	- T <sub>s</sub> = A <sub>s</sub> f <sub>y</sub>	N	981.250,0000	1.766.250,0000	2.355.000,0000		
6	Keseimbangan Gaya-gaya dalam (C = T <sub>ps</sub> + T <sub>s</sub> )						
	- tinggi blok tekan (a)	mm	503,9344	494,4000	495,9925		
	- letak garis netral (X)	mm	690,3211	677,2603	679,4418		
	- tegangan tulangan non-prategang		0,0034	0,0035	0,0035		
			(leleh)	(leleh)	(leleh)		
	- rasio tulangan prategang		0,0096	0,0086	0,0080		
	- Syarat batas (0,36 β <sub>1</sub> )		0,2628	0,2628	0,2628		
	- rasio prategang		0,3017	0,2692	0,2507		
	- kapasitas dihitung berdasarkan		C (Tekan)	C (Tekan)	T (Tarik)		
7	Momen Nominal						
	- Momen gaya dalam	mm	1.028,8077	1.033,5746	1.032,7766		
	- Momen	mm	1.209,5825	1.214,3497	1.213,5634		



	- Momen nominal (Mn)	kNm	10.499,6310 (memenuhi)	10.493.1692 (memenuhi)	10.624.5081 (memenuhi)
	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )	kNm	1.435,6643		
<b>IV. KONTROL TEGANGAN</b>					
<b>1. Saat Transfer</b>					
	- tumpang bruto, tulangan non-prategang belum bekerja )				
<b>a.</b>	- Efektif penampang				
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	780,7749	780,7749	780,7749
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	780,7749	780,7749	780,7749
	- Momen Inertia (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	165.166.040.039,0630	165.166.040.039,0630	165.166.040.039,0630
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	211.541.187,4153	211.541.187,4153	211.541.187,4153
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	211.541.187,4153	211.541.187,4153	211.541.187,4153
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	203.203,1250	203.203,1250	203.203,1250
	- e ditengah bentang	mm	500,0000	500,0000	500,0000
<b>b.</b>	- Tegangan yang terjadi	MPa			
	- serat atas		(aman)	(aman)	(aman)
	- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
<b>2. Saat Layan</b>					
	- tumpang transformasi, tulangan non-prategang sudah bekerja )				
	- Gaya Prategang efektif (Pe)	kN	7.203,5870	5.562,5365	6.181,6247
	- baja non-pratsgang sudah bekerja dan leleh				
	- Momen total prategang	kN	4.815,8218	4.380,7305	4.013,1848
	- Momen total non-prategang	kN	535,0913	1.070,1826	1.337,7283
<b>a.</b>	- Prategang				
	- luas tampang (A <sub>c</sub> )	mm <sup>2</sup>	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	800,7787	797,7017	797,5067
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	760,7710	762,8480	764,0490
	- e prategang	mm	479,9962	492,0732	483,2681

- Momen Inertia (I trans)	mm <sup>4</sup>	173.295.728.363,9370	172.451.613.512,4720	171.965.974.131,4530
- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	216.409.012,7324	215.914.925,2501	215.629.498,6990
- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	227.789.606,0151	226.062.867,6698	225.073.688,3075
- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	204.675,2061	204.559,5927	204.489,1676
- Tegangan serat atas	MPa	-14,7837	-12,9582	-12,1080
- Tegangan serat bawah	MPa	-2,5458	-2,8428	-2,7931
<b>b. Elemen Bertulang</b>				
- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	825.920,6637	836.407,1946	844.272,0928
- arak garis netral ke serat atas (ct)	mm	791,5794	799,9792	806,1422
- arak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	769,9703	761,5705	755,4076
- e prategang	mm	489,1954	480,7956	474,6327
- Momen Inertia (I trans)	mm <sup>4</sup>	171.144.659.491,6840	175.792.631.584,8360	179.202.838.047,2230
- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	216.206.556,7081	219.746.495,3636	222.296.821,7179
- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	222.274.365,8662	230.829.102,9719	237.226.693,9854
- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	207,216,8273	210,175,8960	212,257,2090
- Tegangan serat atas	MPa	-2,4749	-4,8701	-6,0178
- Tegangan serat bawah	MPa	2,4073	4,6363	5,6390
<b>c. Tegangan yang terjadi</b>				
- serat atas	MPa			
- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
<b>VI.1. Lendutan Jangka Pendek</b>				
- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	kN	7.926,0551	7.072,4800	6.584,7227
- Lendutan Ke Atas/Chamber (δpl)	mm	-49,5463	-44,2105	-41,1615
- Berat gelagar dan beban mati yang bekerja	kN m'	27,3736	27,3736	27,3736
- Lendutan Ke Bawah (δD)	mm	27,4312	27,4312	27,4312
- Total Lendutan Jangka Pendek (δT)	mm (t)			
<b>VI.2. Lendutan Jangka Panjang</b>				
- Mcr	kNm	6.465,3636	5.984,9179	5.698,7261

- Momen beban hidup maks tak terfaktor Ma	kNm	5.350,9131	5.350,9131	5.350,9131
- Kondisi Penampang		(belum retak)	(belum retak)	(belum retak)
- Analisis lendutan berdasarkan penampang		(bruto)	(bruto)	(bruto)
- Rasio penguat prategang (pp)			0,0086	0,0080
- Rasio efisiensi prategang	+		0,0058	0,0077
- Inersia Kritis	mm	61.543.827.550,5126	66.777.959.043,7206	
- Micr.MT	+		1,1185	1,0650
- Inersia efektif	mm	206.535.732.341,0560	185.626.033.848,9700	
Beban-beban				
- Prategang	kN/m'	24,7970	24,7970	24,7970
- akibat beban mati	kN/m'	18,6947	18,6947	18,6947
- akibat beban gelagar	kN/m'	10,1253	10,1253	10,1253
- akibat beban hidup	kN/m'	8,8667	8,8667	8,8667
- Beton bertulang	kN/m'			
- akibat beban hidup				
- Lendutan dasar	mm	24,2199	24,2199	24,2199
- Lendutan dasar: Beban Mati (M)	mm	18,2596	18,2596	18,2596
- Lendutan dasar: Berat Gelagar (GG)	mm			
- Lendutan dasar: Beban Hidup (HL)	mm			
Metode Pengali PCI				
Faktor pengali PCI				
- Akibat Charnier		1,5787	1,4516	1,3801
- Akibat beban mati		1,6149	1,4799	1,4039
- Akibat beban sendiri		2,4463	2,1291	1,9503
- Lendutan Total (St)	mm (↓)	29,9886	34,9592	37,2238
- Batas Lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
Metode Langkah Waktu Pendekatan				
- Koefisien analisis Rangkak (Kr)		0,7234	0,5645	0,4751
a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan				
- Kehilangan Prategang Total (ΔP)	kN	1,626,7072	1,316,8009	1,154,3120
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	kN	7,203,5870	6,562,5385	6,181,6247
- LOF	%	18,4219	16,7121	15,7350

- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,9079	0,9164	0,9213
- Waktu (t)	Hari	90	90	90
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,4054	1,4054	1,4054
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,7350	0,7350	0,7350
- Lentutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-78,2978	-63,9951	-56,3347
- akibat beban gelagar	mm	36,8233	32,7469	30,4527
- akibat beban mati	mm	42,3189	38,3446	36,1078
- akibat beban hidup	mm	24,4182	24,4182	24,4182
- Lentutan Total ( $\delta_T$ )	mm (↓)	32,8277	31,5149	24,8319
- Batas Lentutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
b. Lentutan Jangka Waktu 1 Tahun				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	kN	1.894,6866	1.557,5325	1.379,3216
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun ( $P_e$ )	kN	6.935,6076	6.321,8069	5.956,6152
- LOF	%	21,4567	19,7673	18,8023
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8927	0,9012	0,9030
- Waktu (t)	Hari	365	365	365
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,8215	1,8215	1,8215
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,6231	0,6231	0,6231
- Lentutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-82,9498	-65,7594	-58,1230
- akibat beban gelagar	mm	42,3195	37,0362	34,0627
- akibat beban mati	mm	44,1053	39,7387	37,2811
- akibat beban hidup	mm	24,4182	24,4182	24,4182
- Lentutan Total ( $\delta_T$ )	mm (↓)	32,8277	31,5149	24,8319
- Batas Lentutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
c. Lentutan Jangka Waktu 3 Tahun				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	kN	1.988,9991	1.642,8630	1.459,4092
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun ( $P_e$ )	kN	6.841,2901	6.236,4765	5.876,5275
- LOF	%	22,5247	20,8503	19,8940
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8874	0,8957	0,9005
- Waktu (t)	Hari	1.095	1.095	1.095



**LAMPIRAN B**

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel B.1.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 2,00$ 

No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Data					
1	Tendon:					
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- Tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- Tegangan lin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
2	Beton					
	- Tegangan tekan (fc)	MPa	45,0000	45,0000	45,0000	45,0000
	- Tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500	42,7500
	- modulus ruptur (fr)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957	4,6957
3	Modulus Elastisitas					
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
4	Angka perbandingan modular					
4	saat transfer					
	- $\mu_{ps}$		6,4432	6,4432	6,4432	6,4432
5	saat akhir					
	- $\mu_{ps}$		6,2800	6,2800	6,2800	6,2800
	- $\mu_{ps}$		6,3435	6,3435	6,3435	6,3435
5	Baja prategang ASTM strand type 13 mm					
	- as 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- jumlah kabel yang digunakan	btg	72	65	58	54
	- as baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106,4000	6.415,5000	5.724,6000	5.329,8000
	- Gaya Prategang awal (Pi)	kN	9.781,2490	8.830,2942	7.879,3394	7.335,9367
6	Angkan Non-Prategang D25					
	- Tegangan leleh	MPa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- Tegangan leleh	mm <sup>2</sup>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	- as 1 batang	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- jumlah tulangan non-prategang yang dipakai	btg	5	5	9	12
	- as tulangan non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	2.453,1250	4.415,6250	5.887,5000	5.887,5000

7	<b>Data Struktur</b>													
	- Panjang balok		25,000							25,000				25 0000
	- Itas penampang (Ac)		312.812500		8128 25000					812.812500				812.812 5000
	- nomen inertia bruto (I <sub>b</sub> )		237.011 137.413060		237 311.137.4 3.0560					237.011.1: 7.413.056				237.0 1.137.413 0560
	- r. dius giras kuadrat (i)		291.593838		291.5 3.8638					2 1.593.863				291.593 8638
	- e-sentrisitas ditengah entang (e')		460,000		4 0.0000					460.000				460 0000
	<b>II Keilangan Tegangan tesaat</b>													
1	<b>Keilangan akibat Pergeseran Angkur</b>													
	- Pergeseran angkur	mm	6,500		6.5000					6.500				6 5000
	- Δ'pa	MPa	51,400		51.4000					51.480				51 4800
2	<b>Keilangan akibat Perendekan Elastis Beton</b>	MPa												
3	<b>Keilangan akibat Gesekan</b>	rad												
	- tndon para pola (α)		0,172		0.172					0.147				0 1472
	- koefisien Woble (K)		0,005		0.0005					0.000				0 0005
	- koefisien kekungkang (μ)		0,100		0.1500					0.150				0 1500
	- Δ'pF	MPa	86,833		86.833					86.823				86 8233
4	<b>Keilangan akibat Kehilangan serikat</b>													
	- Tatal kehilangan Tegangan (Δ'f <sub>p1</sub> )	MPa	138,333		138.3033					138.303				138 3033
	- Tegangan tndon (f <sub>p1</sub> )	MPa	1238,067		1.238.0967					1.238.096				1.238 0967
	- Gaya Prategang (P <sub>i</sub> )	kN	8798,403		7.9 3.0093					7.087.608				6.598 8077
	<b>III Keilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>													
1	<b>Akibat Relaksasi baja</b>													
	- waktu (hari)	hari	90		90					9				90
	- waktu (jam)	jam	2,60		2.160					2.16				2.160
	- Δ'f <sub>pR</sub>	MPa	21,359		21.3859					21.385				21 3859
2	<b>Akibat Rangsang</b>													
	- pasca tawar (Kcr)		1,60		1.60					1.6				1.60
	- momen akibat beban mati saat transfer (M <sub>D</sub> )	kNm	2138,554		2.138.5654					2.138.565				2.138 5654
	- momen akibat beban tetap selain yg bki serikat transfer	kNm	3212,347		3.212.3477					3.212.347				3.212 3477
	- fcs	MPa	-14,5291		-12.7130					-10.870				-9.6552
	- fcsd	MPa	6,246		6.2346					6.234				6 2346
	- Δ'f <sub>pCR</sub>	MPa	83,333		83.3033					46.847				36 4196

3	• tambahan tegangan ( $\Delta fSD$ )	MPa	40,1 08	0,1708	40,170	40 1708
	• Akat Susut					
	• regangan susut ultimat (perawatan basah hari)		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8 00E-04
	• $\Delta f_{pSH}$	MPa	983 72	8,3172	98,317	98 3172
4	• Kehilangan Tegangan total $\Delta f_{pT}$	MPa	162,8 56	1,46275	126,379	115 3519
5	• Sebaran sateh terjadi kehilangan tegangan					
	• Tegangan efektif fpe	MPa	1,075,2 11	1,0 3,4692	1,111,717	1,122 1448
	• Gaya praterang efektif Pe	kN	7,640,9 12	7,0 5,1516	6,364,136	5,980 3071
	• DF	%	21,9 16	0,5559	19,230	18 4725
IV	• Kehilangan Tegangan setelah 1 t: hun					
1	• Akat Relaksi baja					
	• waktu (hari)	hari	65	365	36	365
	• waktu (jam)	jam	8 60	8,760	8,76	8,760
	• $\Delta f_{pR}$	MPa	1,8 00	2,0926	2,300	2 4225
2	• Akat Rangsang					
	• Stabil tidak terjadi tahanan kehilangan tegangan					
3	• Akat Susut					
	• regangan susut ultimat (perawatan basah hari)		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8 00E-04
	• $\Delta f_{pSH}$	MPa	137,6 71	1,7 6571	137,657	137 5571
	• $\Delta f_{pSR}$	MPa	39,3 99	9,3399	39,339	39 3399
4	• Kehilangan Tegangan total $\Delta f_{pT}$	MPa	41,2 99	1,4325	41,640	41 7624
5	• Sebaran sateh terjadi kehilangan tegangan					
	• Tegangan efektif fpe	MPa	1,033,9 12	1,0 2,0367	1,070,076	1,080 3823
	• Gaya praterang efektif Pe	kN	7,347,9 49	6,7 9,3412	6,125,759	5,758 2217
	• DF	%	24,8 71	3,5661	22,255	21 3067
IV	• Kehilangan Tegangan setelah 3 t: hun					
1	• Akat Relaksi baja					
	• waktu (hari)	hari	1095	1095	1,095	1,095
	• waktu (jam)	jam	26 80	26,260	26,26	26 260
	• $\Delta f_{pR}$	MPa	1,1 03	1,2875	1,439	1 5275



2	Akibat Rangkak								
	stabil, tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan)								
3	Akibat Susut								
	- regangan susut ultimit (perawatan basah / hari)		8,00E-04		8,00E-04		8,00E 04		8,00E-C4
	- ΔfpSHI	MPa	150,8243		150,8243		150,8243		150,8243
	- ΔfpSH	MPa	13,1672		13,1672		13,1672		13,1672
	- kehilangan tegangan total ΔfpT	MPa	14,3075		14,3075		14,3075		14,3075
	- keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan								
	- tegangan efektif fpe	MPa	1.019,6137		1.017,5820		1.055,470		1.065,6876
	- gaya pratayang efektif Pe	kN	7.246,2102		6.616,6070		6.042,144		5.679,9016
	- LDF	%	25,966		4,6162		23,316		22,5743



Tabel B.1.2 Prategang Penuh  $h/b = 2,00$ 

No.	Data		
1	Bentang balok	25,0000	m
2	Jarak antar balok	5,0500	m
3	Baja Prategang		
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	1.860,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	1.581,0000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	1.376,4000	Mpa
4	Beton		
	- tegangan tekan ( $f'c$ )	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer $f'ci = 0,95 f'c$	42,7500	Mpa
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer		
	- serat tekan ( $f'ci$ )	-25,6500	Mpa
	- serat tarik ( $f'ti$ )	1,6346	Mpa
	b. saat layan		
	- serat tekan ( $f'cs$ )	-20,2500	Mpa
	- serat tarik ( $f'ts$ )	3,3541	Mpa
	- serat tekan ( $f'cs$ ) seluruh	-27,0000	Mpa
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang $R = 1 - LOF$	0,8000	
6	Baja Non-Prategang ( $f_{py}$ )	400,0000	Mpa
7	Modulus elastisitas		
	- Baja Prategang ( $E_{ps}$ )	198.000,0000	Mpa
	- Baja Non Prategang ( $E_s$ )	200.000,0000	Mpa
	- Beton ( $E_c$ )	31.528,5585	Mpa
	- Beton saat transfer ( $E_{ci}$ )	30.730,2376	Mpa
8	Modulus ruptur ( $f_r$ )	4,6957	Mpa
9	Angka perbandingan modular		
	a. saat transfer		
	- nps	6,4432	
	b. saat layan		
	- nps	6,2800	
	- ns	6,3435	
10	Beban dan berat isi		
	- beban berguna auditorium (WL)	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- berat isi :		
	- beton	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- spesi per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	35,0000	%
12	Baja prategang ASTM strand type 13 mm		
	- luas 1 kabel	98,7000	mm <sup>2</sup>
	- diameter selubung	127,0000	mm
	- luas selubung	12.661,2650	mm <sup>2</sup>

Prategang Penuh

<b>II.</b>	<b>Beban dan Momen Balok</b>		
1	Beban mati (wD)	24,7970	kN/m'
	- pelat 20 cm	20,2400	kN/m'
	- traso 3 cm	0,0360	kN/m'
	- spesi 2 cm	0,0210	kN/m'
	- pasir 5 cm	4,5000	kN/m'
2	Beban Hidup (wL)	25,0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan		kN/m'
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.328,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.006,1680	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5156	kNm
<b>III.</b>	<b>Besaran Penampang T untuk <math>h/b = 2</math></b>		
1	Luas penampang Persegi $h/b = 2$ (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- h/b	2,0000	
	- Tinggi Penampang ( $h = (Ac \text{ persegi} / (0,52/2))^{0,5}$ )	1.768,1069	mm
	- Tinggi Flens (hf)	353,6214	mm
	- Tinggi Web (hw)	1.414,4855	mm
	- lebar Penampang (b)	884,0534	
	- Lebar Flens (bf)	884,0534	mm
	- Lebar Web (bw)	353,6214	mm
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6947	kN/m'
3	Jarak garis netral :		
	- ke serat atas (ct)	720,8436	mm
	- ke serat bawah (cb)	1.047,2633	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-9,4891	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	7.712,8828	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	5.603,6638	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	56,7747	btg
	- jumlah kabel yang digunakan		btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg )		bh
	- luas tendon yang digunakan	7.106,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	Inersia penampang (I) yang digunakan	237.011.137.413,0560	mm <sup>4</sup>
	- Serat Atas (St)	328.796.907,5660	mm <sup>3</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	226.314.754,5584	mm <sup>3</sup>

*Prategang Pembi*

9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	462,4797	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)	460,0000	mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	587,2633	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)	1.180,8436	mm
<b>IV.</b>	<b>Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>		
<b>IV.1.</b>	<b>Saat Transfer (Pakai penampang bruto )</b>		
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	720,8436	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	1.047,2633	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	460,0000	mm
	- Momen Inertia bruto (I <sub>g</sub> )	237.011.137.413,0560	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	291.593,8638	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	328.796.907,5660	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	226.314.754,5584	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.460,5225	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.138,5654	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < fti	aman	
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < fci	aman	
<b>IV.2.</b>	<b>Saat Layan (Pakai penampang transformasi)</b>		
	- Gaya prategang efektif (Pe)	7.640,9512	
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	850.334,4391	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	741,1416	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	1.026,9653	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	439,7020	mm
	- Momen Inertia transformasi	244.600.434.311,8850	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	287.652,0379	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	238.177.896,1309	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	330.031.996,6840	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Total (MT)	5.350,9131	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < fti	aman	
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < fci	aman	
<b>V.</b>	<b>Momen Kapasitas Penampang</b>		
1	Koefisien Beton karena $f_c > 30 \text{ Mpa}$ (β <sub>1</sub> )	0,7300	

*Prategang Pembi*

2	Tegangan baja (fps)		
	- tegangan leleh (fpy = 0,85 fpu)	1.581,0000	MPa
	- rasio tulangan prategang	0,0068	
	- koefisien jenis baja prategang	0,4000	
	- tegangan pengganti tegangan leleh (fps)	1.573,2329	MPa
	- Dipakai fps	1.573,2329	MPa
3	Beton Tekan		
	- luas beton tekan	292.288,1712	
	- tinggi blok tekan (a)	330,6227	mm
	- Garis netral pada :	<b>Sayap</b>	
	- lengan beton tekan (z)	1.015,5322	mm
4	Periksa rasio prategang :		
	- syarat batas 0,36 B1	0,2628	
	- rasio prategang	0,2380	
	- kapasitas dihitung berdasarkan	<b>T (Tarik)</b>	
5	Momen Nominal penampang (Mn tersedia)		kNm
6	Momen yang bekerja		
	- Momen terfaktor (Mu)	7.202,3457	kNm
	- Momen Nominal perlu (Mn perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )		kNm
<b>VI.</b>	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
<b>VI.1.</b>	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>		
	- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	8.798,4103	kN
	- Lendutan Ke Atas/Chamber (δpi)	-36,1773	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3736	kN/m'
	- Lendutan Ke Bawah (δD)	19,1160	mm
	- <b>Total Lendutan Jangka Pendek (δT)</b>		mm (↓)
<b>VI.2.</b>	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	<b>Lendutan dasar</b>		
	- Lendutan Akibat Beban Mati (δD)	16,8782	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar (δG)	12,7246	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup (δL)	17,0163	mm
1	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	<b>Faktor pengali PCI</b>		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,8500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	- <b>Lendutan Total (δτ)</b>		mm (↓)
	- Batas Lendutan < L/240	<b>104,1667</b>	mm
2	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>		
	- Koefisien Koreksi Rangkak (Kr)	<b>1,0000</b>	
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total (ΔP)	2.140,2977	kN

*Prategang Pemih*

- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	7.640,9512	kN
- LOF	21,8816	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8906	
- Waktu (t)	90	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,4054	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,7350	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-62,2499	mm
- akibat beban gelagar	30,6076	mm
- akibat beban mati	34,3136	mm
- akibat beban hidup	17,0163	mm
- Lendutan Total ( $\delta\tau$ )	13,6871	mm (↓)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>		
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.181,5277	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	7.347,9549	kN
- LOF	24,8771	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8885	
- Waktu (t)	365	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,8215	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,6231	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-68,6988	mm
- akibat beban gelagar	35,9024	mm
- akibat beban mati	36,0345	mm
- akibat beban hidup	17,0163	mm
- Lendutan Total ( $\delta\tau$ )	20,2842	mm (↓)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>		Bulan
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.195,8351	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	7.246,2802	kN
- LOF	25,9166	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8878	
- Waktu (t)	1.095	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	2,0433	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,5473	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-73,0413	mm
- akibat beban gelagar	38,7250	mm
- akibat beban mati	35,7546	mm
- akibat beban hidup	17,0163	mm
- Lendutan Total ( $\delta\tau$ )	18,4114	mm (↓)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm

Prategang Pemih

Tabel B.1.3 Prategang Parsial  $h/b = 2,00$

No.	DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000
2	Jarak antar balok	m	5,0000	5,0000	5,0000
3	Baja Prategang				
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
4	Beton				
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45,0000	45,0000	45,0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500
	- tegangan ijin				
	a. saat transfer				
	- serat tekan (fci)	MPa	-25,6500	-25,6500	-25,6500
	- serat tarik (fti)	MPa	1,6346	1,6346	1,6346
	b. saat layan				
	- serat tekan (fcs)	MPa	-20,2500	-20,2500	-20,2500
	- serat tarik (fts)	MPa	3,3541	3,3541	3,3541
	- serat tekan (fcs) seluruh		-27,0000	-27,0000	-27,0000
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang (R = 1 - LOF)		0,8000	0,8000	0,8000
6	Modulus elastisitas				
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
	- Modulus ruptur (fr)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957
7	Angka perbandingan modular				
	a. saat transfer				
	- nps		6,4432	6,4432	6,4432
	b. saat layan				
	- nps		6,2800	6,2800	6,2800
	- ns		6,3435	6,3435	6,3435
8	Beban dan berat isi				

- beban berguna auditorium (WL)	kN/m <sup>2</sup>	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
- Beban mati (WD)	kN/m <sup>2</sup>	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970
- Berat slagat sebenarnya (wG)	kN/m <sup>2</sup>	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
- Total beban	kN/m <sup>2</sup>	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917
10. Saat transfer beban mati yang telah bekerja	%	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000
11. Eaja prategang ASTM sirand type 13 mm					
- luas' - saat	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
- diameter selubung	mm	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000
- luas selubung	mm <sup>2</sup>	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650
- Umur' kabel yang dipakai ( 100% )	btg	72	72	72	72
- luas kawat yang dipakai ( 100% )	mm <sup>2</sup>	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000
12. Tulangan Non-Prategang					
- tegangan leleh	MPa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
- diameter	mm	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
- luas' batang	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
- regangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
13. Momen-momen yang bekerja					
- saat transfer	kNm	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654
- saat beban / momen total	kNm	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131
- momen tefaktor (Mu)	kNm	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457
- momen nominal (Mn)	kNm	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321
- kurat blok					
- tinggi penampang (h)	mm	1,768,1069	1,768,1069	1,768,1069	1,768,1069
- lebar penampang (b)	mm	884,0534	884,0534	884,0534	884,0534
- Tinggi Flens (hf)	mm	353,6214	353,6214	353,6214	353,6214
- Tinggi Web (hw)	mm	1,414,4855	1,414,4855	1,414,4855	1,414,4855
- Lebar Flens (bf)	mm	884,0534	884,0534	884,0534	884,0534
- Lebar Web (bw)	mm	353,6214	353,6214	353,6214	353,6214



<b>ii. PRATEGANG PARSIAL</b>					
Tendon yang digunakan					
- jumlah tendon	btg	64,8000	57,6000	54,0000	
- jumlah tendon digunakan	btg	58	58	58	
- luas tendon	mm <sup>2</sup>	6.415.5000	5.724.6000	5.329.8000	
= Gaya Prategang					
- gaya prategang awal (Pi)	kN	8.830.2942	7.879.3394	7.335.9367	
- gaya prategang efektif (Pe)	kN	7.064.2354	6.303.4716	5.868.7494	
- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d)	mm	587.2633	587.2633	587.2633	
- tinggi Efektif Penampang (dp)	mm	1.180.8436	1.180.8436	1.180.8436	
<b>iii. TUL. NON-PRATEGANG dan KAPASITAS PENAMPANG</b>					
- Tinggi Efektif Penampang Prategang (dp)	mm	1.180.8436	1.180.8436	1.180.8436	
- Tinggi efektif non-prategang ( d )	mm	1.668.1069	1.668.1069	1.668.1069	
- Koefisien Beton karena $f_c > 30$ Mpa ( $\beta_1$ )		0.7300	0.7300	0.7300	
- Tegangan leleh pengganti baja prategang (fps)	MPa	1.573.2329	1.573.2329	1.573.2329	
= Gaya-gaya dalam					
- Gaya tekan C = 0.85 f <sub>c</sub> .b.a	a N	33.815.0440	33.815.0440	33.815.0440	
- Gaya tarik					
- baja prategang Tps = Aps f <sub>ps</sub>	N	10.093.075.9101	9.006.129.2737	6.385.016.9100	
- baja non-prategang					
- di coba ( D25 )	btg				
- luas	mm <sup>2</sup>	2.453.1250	4.415.6250	5.887.5000	
- Ts = As fy	N	981.250.0000	1.766.250.0000	2.355.000.0000	
= Keseimbangan Gaya-gaya dalam ( C = Tps + Ts )					
- tinggi blok tekan ( a )	mm	327.4970	318.5677	317.6106	
- letak garis netral ( x )	mm	448.6260	436.3940	435.0830	
- regangan tulangan non-prategang		0.0082	0.0065	0.0065	
- rasio tulangan prategang	(leleh)	(leleh)	(leleh)	(leleh)	
- rasio tulangan prategang		0.0061	0.0055	0.0051	
- syarat batas ( 0.36 $\beta_1$ )		0.2628	0.2508	0.2628	
- rasio prategang		0.2149	0.1917	0.1765	
- kapasitas dihitung berdasarkan	T (Tarik)	T (Tarik)	T (Tarik)	T (Tarik)	

7	Momen Nominal					
	- lengan gaya dalam :	mm	1.017,0951	1.021,5597	1.022,0383	
	- z1	mm	1.504,3584	1.508,8230	1.509,3016	
	- z2	mm	11.741,7694	11.865,2578	12.124,2133	
	- Momen nominal (Mn)	kNm	(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)	
	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )	kNm	23.123,37	23.123,37	23.123,37	
IV	KONTROL TEGANGAN					
1.	Saat Transfer					
	( tampang tumpu, tulangan non-prategang belum bekerja )					
2.	Propertis penampang	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	
	- luas tampang (Ac)	mm	720,8436	720,8436	720,8436	
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	1.047,2633	1.047,2633	1.047,2633	
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	237.011.137,413,0560	237.011.137,413,0560	237.011.137,413,0560	
	- Momen Inertia (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	328.796.907,5660	328.796.907,5660	328.796.907,5660	
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	226.314.754,5584	226.314.754,5584	226.314.754,5584	
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	291.593,8638	291.593,8638	291.593,8638	
	- radius giras, pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	460,0000	460,0000	460,0000	
	- e ditengah ditang	mm				
3.	Tegangan yang terjadi	MPa	(aman)	(aman)	(aman)	
	- Serat atas	MPa				
	- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)	
4.	Saat Layan					
	( tampang transformasi, tulangan non-prategang sudah bekerja )					
	- Gaya Prategang efektif (Pe)	KN	7.015,1516	6.364,1367	5.980,8071	
	- baja non-prategang sudah bekerja dan leleh	KN	4.815,8218	4.280,7305	4.013,1848	
	- Momen total prategang	KN	535,0913	1.070,1826	1.337,7283	
	- Momen total non-prategang	KN				
5.	Prategang					
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	845.686,4728	843.038,5065	840.953,9543	

	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	739,2471	737,3363	736,2369
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	1.028,8598	1.030,7706	1.031,8700
	- e prategang	mm	441,5965	443,5073	444,6067
	- Momen Inertia (I trans)	mm <sup>4</sup>	243.892.105.611,2300	243.177.646.800,9500	242.766.601.628,8550
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	329.919.592,3684	329.805.630,1399	329.739.796,8814
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	237.050.873,3058	235.918.293,5249	235.268.594,2800
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	288.054,8036	288.453,7835	288.680,0168
	- Tegangan serat atas	MPa	-13,4926	-11,9704	-11,2184
	- Tegangan serat bawah	MPa	-1,0382	-1,3681	-1,3565
<b>b</b>	<b>Beton Bertulang</b>				
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	825.920,6637	836.407,1946	844.272,0928
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	735,8776	747,5655	756,1409
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	1.032,2293	1.020,5414	1.011,9660
	- e prategang	mm	444,9660	433,2781	424,7027
	- Momen Inertia (I trans)	mm <sup>4</sup>	248.586.519.191,2680	257.585.595.298,9000	264.188.196.795,3610
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	337.809.619,6452	344.565.934,7273	349.390.185,8630
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	240.824.897,9687	252.400.925,8041	261.064.298,2471
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	300.981,1113	307.966,7379	312.918,3104
	- Tegangan serat atas	MPa	-1,5840	-3,1059	-3,8288
	- Tegangan serat bawah	MPa	2,2219	4,2400	5,1241
<b>c</b>	<b>Tegangan yang terjadi</b>				
	- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(tidak aman)
<b>VI.1.</b>	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>				
	- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	kN	7.943,0093	7.087,6083	6.598,8077
	- Lendutan Ke Atas/Chamber (ip1)	mm	-32,6601	-29,1428	-27,1330
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	kN/m'	27,3736	27,3736	27,3736
	- Lendutan Ke Bawah (sd)	mm	19,1160	19,1160	19,1160
	- Total Lendutan Jangka Pendek (sT)	mm (!)	-13,5411	-10,0299	-8,0170

VI.2	Lendutan Jangka Panjang						
	- M <sub>cr</sub>	kNm	6 175,0617	5.711,3110	5.437,0818		
	- Momen beban hidup maks tak terfaktor Ma	kNm	5.350,9131	5.350,9131	5.350,9131		
	- Kondisi Penampang		(belum retak)	(belum retak)	(belum retak)		
	- Analisis lendutan berdasarkan penampang		(bruto)	(bruto)	(efektif)		
	- Rasio penguat protegang (ρ <sub>p</sub> )				0,005		
	- Rasio penguat non protegang				0,0045		
	- Rasio kritis (ρ <sub>cr</sub> )	mm <sup>4</sup>			92.871.975.431,7553		
	- M <sub>cr</sub>				1,015		
	- Inersia efektif (I <sub>ef</sub> )	mm <sup>4</sup>			244.067.335.240,9132		
	Beban-beban :						
	- Prategang	kN/m'	24,7970	24,7970	24,7970		
	- a/cat beban mati	kN/m'	18,6947	18,6947	18,6947		
	- a/cat beban gelagar	kN/m'					
	- a/cat beban hidup						
	- Beton bertulang	kN/m'					
	- a/cat beban hidup						
	Lendutan dasar	mm	16,8782	16,8782	16,8782		
	- Lendutan Akibat Beban Mati (S <sub>D</sub> )	mm	12,7246	12,7246	12,3557		
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar (S <sub>G</sub> )	mm					
	- Lendutan Akibat Beban Hidup (S <sub>L</sub> )	mm					
1	Metode Pengali PCI						
	Faktor pengali PCI						
	- Akibat Chamber		1,5787	1,4516	1,352		
	- Akibat beban mati		1,6149	1,4799	1,4033		
	- Akibat beban sendiri		2,4458	2,1291	1,9523		
	- Lendutan Total (S <sub>tot</sub> )	mm (l)	104,1667	104,1667	104,1667		
	- Batas Lendutan < L/240	mm					
2	Metode Langkah Waktu Pendekatan						
	- Koefisien Koreksi Rangkak (Kr)		<b>0,7234</b>	<b>0,5645</b>	<b>0,4751</b>		
	a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan						
	- Kerugian Prategang Total (ΔP)	kN	1.615.1429	1.615.2027	1.543.224		
	- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (P <sub>e</sub> )	kN	7.015.516	6.364.1367	5.969.207		
	- LC	%	20,5559	19,2301	18,4725		

- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8972	0,9038	0,9076
- Waktu (t)	Hari	90	90	90
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,4054	1,4054	1,4054
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,7350	0,7350	0,7350
- Lentutan yang terjadi	mm	-47,9803	-38,8912	-34,0688
- akibat chamber	mm	25,6611	22,6224	20,6063
- akibat beban gelagar	mm	29,4908	26,7212	25,1824
- akibat beban mati	mm	17,0163	17,0163	16,8609
- akibat beban hidup	mm (l)	104,1667	104,1667	104,1667
- Lentutan Total ( $\delta_T$ )	mm	104,1667	104,1667	104,1667
- Batas Lentutan < L/240				
<b>b. Lentutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	KN	2,080,9530	1,753,5799	1,577,7150
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	KN	6,749,3412	6,125,7596	5,758,2217
- LOF	%	23,5661	22,2554	21,5067
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8822	0,8837	0,8925
- Waktu (t)	Hari	365	365	365
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,8215	1,8215	1,8215
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,6231	0,6231	0,6231
- Lentutan yang terjadi	mm	-50,4673	-40,2215	-34,8143
- akibat chamber	mm	29,4912	25,8095	23,0492
- akibat beban gelagar	mm	30,7357	27,6927	25,9801
- akibat beban mati	mm	17,0163	17,0163	16,8609
- akibat beban hidup	mm (l)	104,1667	104,1667	104,1667
- Lentutan Total ( $\delta_T$ )	mm	104,1667	104,1667	104,1667
- Batas Lentutan < L/240				
<b>c. Lentutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	KN	2,173,6872	1,837,1347	1,656,0351
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	KN	6,656,6070	6,042,1447	5,679,9016
- LOF	%	24,6162	23,3126	22,5743
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8769	0,8834	0,8871

	Hari	1.095	1.095	1.095
- Waktu (t)				1.095
- Kefes'ien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Kefes'ien Rangkak Waktu T (Ct)		2,0433	2,0433	2,0433
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ke)		0,5473	0,5473	0,5473
- Lendutan yang terjadi				
- s'cat chamber	mm	-52,66511	-41,6292	-35,8222
- s'cat beban gelagar	mm	31,5331	27,4030	24,3514
- s'cat beban mati	mm	30,5332	27,5347	25,8471
- s'cat beban hidup	mm	17,0163	17,0163	16,8669
- Lendutan Total (δt)	mm (t)	104,1667	104,1667	104,1667
- Basis Lendutan < L/240	mm			

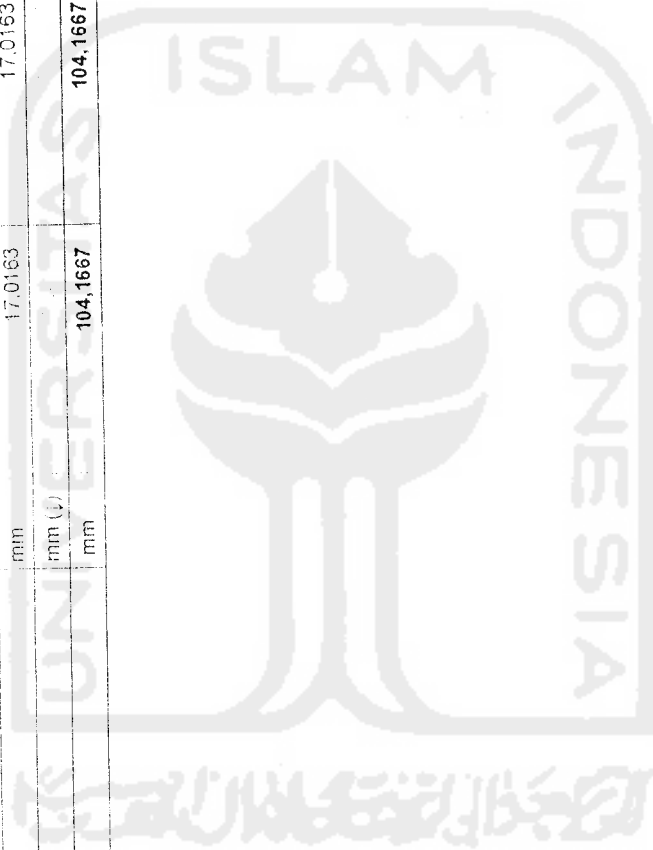


Table B.2.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $\lambda/b = 2,25$

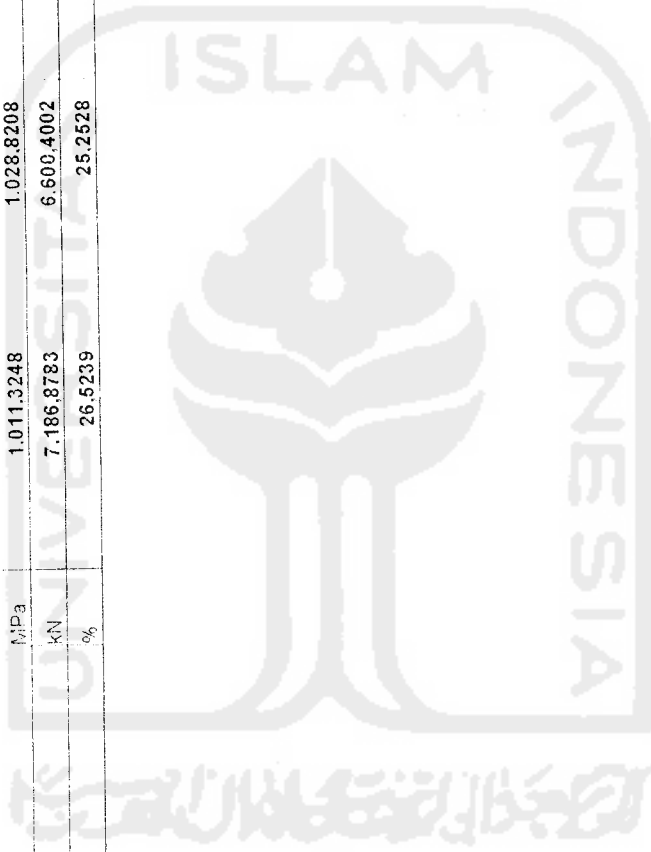
No	Jraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Data					
2	Tendon					
3	Tegangan Utitmit Tendon (fpu)	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
4	Tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
5	Tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
6	Beton					
7	Tegangan tekan (fc)	MPa	45,0000	45,0000	45,0000	45,0000
8	Tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500	42,7500
9	modulus ruptur (fr)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957	4,6957
10	Modulus Elastisitas					
11	Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
12	Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
13	Beton (Eci)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
14	Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
15	Angka perbandingan modular					
16	saat transfer					
17	nps		6,4432	6,4432	6,4432	6,4432
18	saat layan					
19	nps		6,2800	6,2800	6,2800	6,2800
20	ns		6,3435	6,3435	6,3435	6,3435
21	Baja prategang ASTM strand type 13 mm					
22	luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
23	jumlah kabel yang digunakan	btg	72	65	58	54
24	luas baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106,4000	6.415,5000	5.724,6000	5.329,8000
25	Gaya Prategang awal (Pi)	KN	9.731,2490	8.830,2942	7.879,3694	7.335,9367
26	Jangan Non-Prategang D25					
27	tegangan leleh	MPa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
28	regangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
29	luas 1 batang	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
30	jumlah batang non-prategang yang dipakai	btg	5	5	5	12
31	luas tulangan non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	2.453,1250	4.415,6250	5.887,5000	5.887,5000

- Data Struktur							
- bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
- luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000
- momen inertiya bruto (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	266.637.529.589,6880	266.637.529.589,6880	266.637.529.589,6880	266.637.529.589,6880	266.637.529.589,6880	266.637.529.589,6880
- radius girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	328.043,0968	328.043,0968	328.043,0968	328.043,0968	328.043,0968	328.043,0968
- eksentrisitas ditengah bentang (e)	mm	475,0000	475,0000	475,0000	475,0000	475,0000	475,0000
<b>1 Kehilangan Tegangan Sesaat</b>							
Kehilangan akibat Pergeseran Angkur							
- pergeseran angkur	mm	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000
- Δf <sub>pA</sub>	MPa	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800
<b>2 Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton</b>							
<b>3 Kehilangan Akibat Gesekan</b>							
- tendon parabola (σ)	rad	0,1520	0,1520	0,1520	0,1520	0,1520	0,1520
- koefisien Wobble (K)		0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
- koefisien kelengkungan (μ)		0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
- Δf <sub>fp</sub>	MPa	87,8143	87,8143	87,8143	87,8143	87,8143	87,8143
<b>4 Keadaan setelah Kehilangan sesaat</b>							
- Total kehilangan Tegangan (Δf <sub>l</sub> )	MPa	139,2943	139,2943	139,2943	139,2943	139,2943	139,2943
- Tegangan tendon (f <sub>pl</sub> )	MPa	1.237,1057	1.237,1057	1.237,1057	1.237,1057	1.237,1057	1.237,1057
Gaya Prategang (P <sub>i</sub> )	kN	8.791,3678	7.936,6515	7.081,9352	7.081,9352	6.593,5259	6.593,5259
<b>5 Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>							
<b>Akibat Relaksasi baja</b>							
- waktu (hari)	hari	90	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>pR</sub>	MPa	21,3113	21,3113	21,3113	21,3113	21,3113	21,3113
<b>6 Akibat Rangkak</b>							
- pasca tarik (K <sub>cr</sub> )		1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
- momen akibat beban mati saat transfer (M <sub>D</sub> )	kNm	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654
- momen akibat beban total saat transfer	kNm	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477
- f <sub>cs</sub>	MPa	-14,4454	-12,6706	-10,8958	-10,8958	-10,8958	-10,8958
- f <sub>csd</sub>	MPa	5,7226	5,7226	5,7226	5,7226	5,7226	5,7226
- Δf <sub>pCR</sub>	MPa	87,6466	69,8133	51,9801	51,9801	41,7896	41,7896



	- tambahan tegangan ( $\Delta fSD$ )	MPa	36,8718	36,8718	36,8718	36,8718
3	<b>Akibat Susut</b>					
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- $\Delta f_{pSH}$	MPa	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172
4	<b>Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_{pT}</math></b>	MPa	170,4034	152,5701	134,7368	124,5454
5	keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan					
	- tegangan efektif $f_{pe}$	MPa	1.066,7023	1.084,5356	1.102,3689	1.112,5593
	- gaya prategang efektif $P_e$	kN	7.580,4131	6.957,8380	6.310,6207	5.929,7186
	- LOF	%	22,5006	21,2049	19,9093	19,1689
6	<b>Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun</b>					
	<b>Akibat Relaksasi baja</b>					
	- waktu ( hari )	hari	365	365	365	365
	- waktu (jam)	jam	8.760	8.760	8.760	8.760
	- $\Delta f_{pR}$	MPa	1,7974	1,9927	2,1935	2,3107
2	<b>Akibat Rangkak</b>					
	stabil, tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan)					
3	<b>Akibat Susut</b>					
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- $\Delta f_{pSH}$	MPa	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571
	- $\Delta f_{pSH}$	MPa	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399
	- Kehilangan Tegangan total $\Delta f_{pT}$	MPa	41,1373	41,3326	41,5334	41,6336
5	keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan					
	- tegangan efektif $f_{pe}$	MPa	1.025,5650	1.043,2029	1.060,8354	1.070,9087
	- gaya prategang efektif $P_e$	kN	7.288,0752	6.692,6685	6.072,8585	5.707,7292
	- LOF	%	25,4893	24,2079	22,9268	22,1949
6	<b>Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun</b>					
	<b>Akibat Relaksasi baja</b>					
	- waktu ( hari )	hari	1095	1095	1095	1095
	- waktu (jam)	jam	26.280	26.280	26.280	26.280
	- $\Delta f_{pR}$	MPa	1,0730	1,2149	1,3609	1,4529

2	<b>Akibat Rangkak</b>					
	stabil, tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan)					
3	<b>Akibat Susut</b>					
	- regangan susut utimit ( perawatan basah 7 hari)		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- $\Delta f_{pSH}$	MPa	150,8243	150,8243	150,8243	150,8243
	- $\Delta f_{pSH}$	MPa	13,1672	13,1672	13,1672	13,1672
	- $\Delta f_{pSH}$	MPa	14,2402	14,3821	14,5281	14,6133
	- <b>kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_{pT}</math></b>					
	- keadaan setoran terjadi kehilangan tegangan					
	- tegangan efektif $f_{pe}$	MPa	1.011,3248	1.028,8208	1.046,3074	1.056,2954
	- gaya prategang efektif $P_e$	kN	7.186,8783	6.600,4002	5.989,6912	5.629,8431
	- LOF	%	26,5239	25,2528	23,9823	23,2567



Tabel B.2.2 Prategang Penuh  $h/b = 2,25$ 

No.	Data		
1	Bentang balok	25,0000	m
2	Jarak antar balok	5,0000	m
3	Baja Prategang		
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	1.860,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	1.581,0000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	1.376,4000	Mpa
4	Beton		
	- tegangan tekan ( $f'c$ )	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer $f'ci = 0,95 f'c$	42,7500	Mpa
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer		
	- serat tekan ( $f'ci$ )	-25,6500	Mpa
	- serat tarik ( $f'ti$ )	1,6346	Mpa
	b. saat layan		
	- serat tekan ( $f'cs$ )	-20,2500	Mpa
	- serat tarik ( $f'ts$ )	3,3541	Mpa
	- serat tekan ( $f'cs$ ) seluruh	-27,0000	Mpa
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang $R = 1 - LOF$	0,8000	
6	Baja Non-Prategang (fpy)	400,0000	Mpa
7	Modulus elastisitas		
	- Baja Prategang (Eps)	198.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang (Es)	200.000,0000	Mpa
	- Beton ( $E_c$ )	31.528,5585	Mpa
	- Beton saat transfer ( $E_{ci}$ )	30.730,2376	Mpa
8	Modulus ruptur ( $f_r$ )	4,6957	Mpa
9	Angka perbandingan modular		
	a. saat transfer		
	- nps	6,4432	
	b. saat layan		
	- nps	6,2800	
	- ns	6,3435	
10	Beban dan berat isi		
	- beban, berguna auditorium (WL)	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- berat isi :		
	- beton	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- spesi per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	35,0000	%
12	Baja prategang ASTM strand type 13 mm		
	- luas 1 kabel	98,7000	mm <sup>2</sup>
	- diameter selubung	127,0000	mm
	- luas selubung	12.661,2650	mm <sup>2</sup>

II. Beban dan Momen Balok			
1	Beban mati (wD)	24,7970	kN/m'
	- pelat 20 cm	20,2400	kN/m'
	- traso 3 cm	0,0360	kN/m'
	- spesi 2 cm	0,0210	kN/m'
	- pasir 5 cm	4,5000	kN/m'
2	Beban Hidup (wL)	25,0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan		kN/m'
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.328,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.006,1680	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MD <sub>1</sub> )	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5156	kNm
III. Besaran Penampang T untuk h/b = 2,25			
1	Luas penampang Persegi h/b = 2 (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- h/b	2,2500	
	- Tinggi Penampang ( $h = (Ac \text{ persegi} / (0,52/2,25))^0,5$ )	1.875,3605	mm
	- Tinggi Flens (hf)	375,0721	mm
	- Tinggi Web (hw)	1.500,2884	mm
	- lebar Penampang (b)	833,4936	
	- Lebar Flens (bf)	833,4936	mm
	- Lebar Web (bw)	333,3974	mm
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6047	kN/m'
3	Jarak garis netral		
	- ke serat atas (ct)	764,5701	mm
	- ke serat bawah (cb)	1.110,7905	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-9,4891	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	7.712,8828	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	5.603,6638	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	56,7747	btg
	- jumlah kabel yang digunakan		btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg)		bh
	- luas tendon yang digunakan	7.106,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	Inersia penampang (I) yang digunakan	266.637.529.589,6880	mm <sup>4</sup>
	- Serat Atas (St)	348.741.784,4596	mm <sup>3</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	240.043.046,4462	mm <sup>3</sup>

9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	478,0922	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)		mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	635,7905	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)	1.239,5701	m.m
<b>IV. Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>			
<b>IV.1. Saat Transfer (Pakai penampang bruto )</b>			
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	764,5701	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	1.110,7905	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	475,0000	mm
	- Momen Inertia bruto (I <sub>g</sub> )	266.637.529.589,6880	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r')	328.043,0968	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	348.741.784,4596	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	240.043.046,4462	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.460,5225	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.138,5654	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>IV.2. Saat Layan (Pakai penampang transformasi )</b>			
	- Gaya prategang efektif (Pe)	7.580,4131	
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	850.334,4391	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	785,5300	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	1.089,8306	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	454,0401	mm
	- Momen Inertia transformasi	274.729.850.538,6400	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r')	323.084,4638	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	252.084.916,4339	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	349.738.219,4610	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Total (MT)	5.350,9131	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>V. Momen Kapasitas Penampang</b>			
1	Koefisien Beton karena f <sub>c</sub> < 30 Mpa (β <sub>1</sub> )	0,7300	

*Prategang Pembi*

2	Tegangan baja (fps)		
	- tegangan leleh ( $f_{py} = 0,85 f_{pu}$ )	1.581,0000	MPa
	- rasio tulangan prategang	0,0069	
	- koefisien jenis baja prategang	0,4000	
	- tegangan pengganti tegangan leleh (fps)	1.570,2477	MPa
	- Dipakai fps		MPa
3	Beton Tekan		
	- luas beton tekan	291.733,5583	
	- tinggi blok tekan (a)	350,0130	mm
	- Garis netral pada :	Sayap	
	- lengan beton tekan (z)	1.064,5636	mm
4	Periksa rasio prategang :		
	- syarat batas 0,36 B1	0,2628	
	- rasio prategang	0,2400	
	- kapasitas dihitung berdasarkan	T (Tarik)	
5	Momen Nominal penampang ( $M_n$ tersedia)		kNm
6	Momen yang bekerja		
	- Momen terfaktor ( $M_u$ )	7.202,3457	kNm
	- Momen Nominal perlu ( $M_n$ perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( $M_n$ tersedia - $M_n$ perlu )		kNm
VI.	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
VI.1.	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>		
	- Gaya Prategang efektif sesaat ( $P_e$ )	8.791,3678	kN
	- Lendutan Ke Atas/Chamber ( $\delta_{pi}$ )	-33,1796	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3736	kN/m
	- Lendutan Ke Bawah ( $\delta_{di}$ )	16,9920	mm
	- <b>Total Lendutan Jangka Pendek (<math>\delta_T</math>)</b>		mm (↓)
VI.2.	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	<b>Lendutan dasar</b>		
	- Lendutan Akibat Beban Mati ( $\delta_D$ )	15,0028	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar ( $\delta_G$ )	11,3108	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup ( $\delta_L$ )	15,1256	mm
1	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	<b>Faktor pengali PCI</b>		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,8500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	- <b>Lendutan Total (<math>\delta_{\tau}</math>)</b>		mm (↓)
	- Batas Lendutan $< 1/240$	104,1667	mm
2	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>		
	- Koefisien Koreksi Rangkak ( $K_r$ )	1,0000	
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.200,8358	kN

*Prategang Pembi*

- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	7.580,4131	kN
- LOF	22,5006	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8875	
- Waktu (t)	90	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,4054	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,7350	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-56,3911	mm
- akibat beban gelagar	27,2068	mm
- akibat beban mati	30,5009	mm
- akibat beban hidup	15,1256	mm
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )		mm (l)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>		
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.241,9731	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	7.288,0752	kN
- LOF	25,4893	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8854	
- Waktu (t)	365	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,8215	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,6231	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-62,1172	mm
- akibat beban gelagar	31,9132	mm
- akibat beban mati	32,0306	mm
- akibat beban hidup	15,1256	mm
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )		mm (l)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>		Bulan
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.256,2133	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	7.186,8783	kN
- LOF	26,5239	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8847	
- Waktu (t)	1.095	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	2,0433	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,5473	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-66,0425	mm
- akibat beban gelagar	34,4222	mm
- akibat beban mati	31,7819	mm
- akibat beban hidup	15,1256	mm
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )		mm (l)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm

*Prategang Pembi*

Tabel B.2.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 2,25$ 

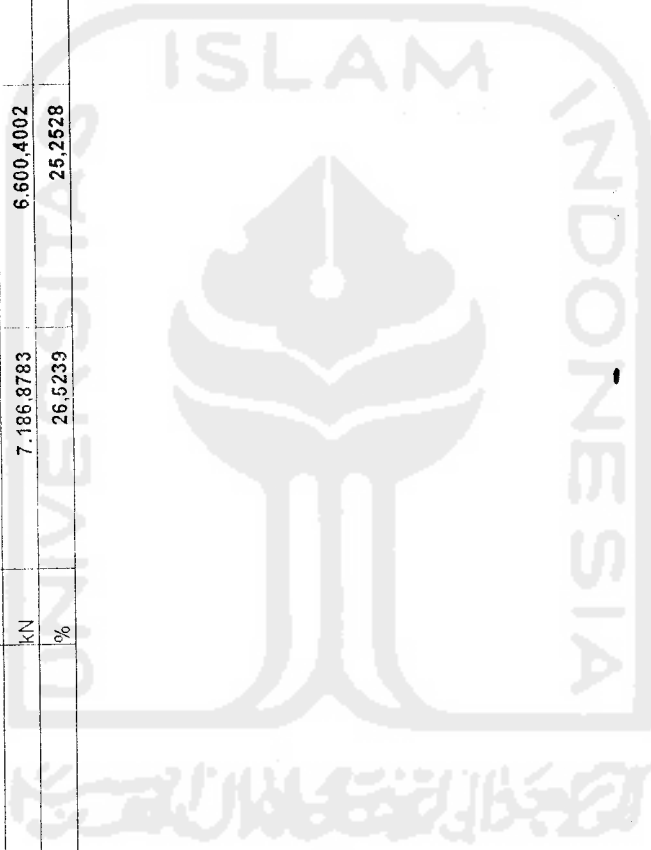
No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Data					
1	Tendon :					
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- tegangan leleh (0,65 fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
2	Beton					
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45,0000	45,0000	45,0000	45,0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500	42,7500
	- modulus ruptur (fr)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957	4,6957
3	Modulus Elastisitas					
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
4	Angka perbandingan modular					
	a. saat transfer		6,4432	6,4432	6,4432	6,4432
	- nps					
	b. saat layan		6,2800	6,2800	6,2800	6,2800
	- nps		6,3435	6,3435	6,3435	6,3435
	- ns					
5	Baja prategang ASTM: strand type 13 mm					
	- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- jumlah kabel yang digunakan	btg	72	65	58	54
	- luas baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106,4000	6.415,5000	5.724,6000	5.329,8000
	- Gaya Prategang awal (Pi)	kN	9.781,2490	8.830,2942	7.879,3394	7.335,9367
6	Tulangan Non-Prategang D25					
	- tegangan leleh	MPa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- regangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
	- luas t. batang	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- jumlah tulangan non-prategang yang dipakai	btg	5	9	9	12
	- luas tulangan non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	2.453,1250	4.415,6250	4.415,6250	5.887,5000



<b>7 Data Struktur</b>						
- bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
- luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000
- momen inertiya bruto (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	266.637.529.589,6880	266.637.529.589,6880	266.637.529.589,6880	266.637.529.589,6880	266.637.529.589,6880
- radius girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	328.043,0968	328.043,0968	328.043,0968	328.043,0968	328.043,0968
- eksentrisitas ditengah bentang (ec)	mm	475,0000	475,0000	475,0000	475,0000	475,0000
<b>II Kehilangan Tegangan Sesaat</b>						
<b>1 Kehilangan akibat Pergeseran Angkur</b>						
- Pergeseran angkur	mm	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000
- Δf <sub>ca</sub>	MPa	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800
<b>2 Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton</b>						
<b>3 Kehilangan Akibat Gesekan</b>						
- tendon parabola (α)	rad	0,1520	0,1520	0,1520	0,1520	0,1520
- koefisien Wobble (K)		0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
- koefisien kelengkungan (μ)		0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
- Δf <sub>fr</sub>	MPa	87,8143	87,8143	87,8143	87,8143	87,8143
<b>4 Keadaan setelah Kehilangan sesaat</b>						
- total kehilangan Tegangan (Δf <sub>pT</sub> )	MPa	139,2943	139,2943	139,2943	139,2943	139,2943
- tegangan tendon (f <sub>pi</sub> )	MPa	1.237,1057	1.237,1057	1.237,1057	1.237,1057	1.237,1057
- Gaya Prategang (P <sub>i</sub> )	kN	8.791,3678	7.936,6515	7.081,9352	6.593,5259	6.593,5259
<b>III Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>						
<b>1 Akibat Relaksasi baja</b>						
- waktu ( hari )	hari	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>pR</sub>	MPa	21,3113	21,3113	21,3113	21,3113	21,3113
<b>2 Akibat Rangkak</b>						
- pascatarik (K <sub>cr</sub> )		1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
- momen akibat beban mati saat transfer (M <sub>D</sub> )	kNm	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654
- momen akibat beban total selain yg bki saat transfer	kNm	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477
- f <sub>cs</sub>	MPa	-14,4454	-12,6706	-10,8958	-9,6816	-9,6816
- f <sub>csd</sub>	MPa	5,7226	5,7226	5,7226	5,7226	5,7226
- Δf <sub>pCR</sub>	MPa	87,6466	69,8133	51,9801	41,7896	41,7896

	- tambahan tegangan ( $\Delta f_{SD}$ )	MPa	36,8718	36,8718	36,8718	36,8718
3	<b>Akibat Susut</b>					8,00E-04
	- tegangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- $\Delta f_{SH}$	MPa	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172
	- Kehilangan Tegangan total $\Delta f_{pT}$	MPa	170,4034	152,5701	134,7368	124,5464
4	<b>Kecacatan setelah terjadi kehilangan tegangan</b>					
	- tegangan efektif $f_{pe}$	MPa	1,066,7023	1,084,5355	1,102,3689	1,112,5593
	- gaya prategang efektif $P_e$	kN	7,580,4131	7,957,8380	6,310,6207	5,929,7186
	- LOF	%	22,5006	21,2049	19,9093	19,1689
IV	<b>Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun</b>					
	<b>Akibat Relaksasi baja</b>					
	- waktu ( hari )	hari	365	365	365	365
	- waktu ( jam )	jam	8,760	8,760	8,760	8,760
	- $\Delta f_{SR}$	MPa	1,7974	1,9927	2,1935	2,3107
5	<b>Akibat Rangkak</b>					
	( stabi tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan )					
6	<b>Akibat Susut</b>					
	- tegangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )	MPa	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- $\Delta f_{SH}$	MPa	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571
	- $\Delta f_{SR}$	MPa	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399
	- Kehilangan Tegangan total $\Delta f_{pT}$	MPa	41,1373	41,3326	41,5334	41,6506
7	<b>Kecacatan setelah terjadi kehilangan tegangan</b>					
	- tegangan efektif $f_{pe}$	MPa	1,025,5650	1,043,2029	1,060,8354	1,070,9087
	- gaya prategang efektif $P_e$	kN	7,288,0752	6,692,6685	6,072,8585	5,707,7292
	- LOF	%	25,4893	24,2079	22,9268	22,1949
IV	<b>Kehilangan Tegangan setelah 2 tahun</b>					
	<b>Akibat Relaksasi baja</b>					
	- waktu ( hari )	hari	1095	1095	1095	1095
	- waktu ( jam )	jam	26,280	26,280	26,280	26,280
	- $\Delta f_{SR}$	MPa	1,0730	1,2149	1,3669	1,4881

2	<b>Akibat Rangkak</b> ( stabil, tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan.)						
3	<b>Akibat Susut</b> - regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari ) - $\Delta f_{pSi}$ - $\Delta f_{pS-}$	MPa MPa MPa	8,00E-04 150,8243 13,1672 14,2402	8,00E-04 150,8243 13,1672 14,3821	8,00E-04 150,8243 13,1672 14,5281	8,00E-04 150,8243 13,1672 14,6133	
4	<b>Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_{pT}</math></b>						
5	Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan - tegangan efektif fpe - gaya prategang efektif Pe - LOF	MPa kN %	1,011,3248 7,186,8783 26,5239	1,028,8208 6,600,4002 25,2528	1,046,3074 5,989,6912 23,9823	1,056,2954 5,629,8431 23,2567	



Tabel B.2.3 Prategang Parsial  $h/b = 2,25$ 

No.	DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
	- Berat balok	m	25,0000	25,0000	25,0000
	- Jarak antar balok	m	5,0000	5,0000	5,0000
	- Baja Prategang				
	- Tegangan Ulimit Tendon (fpu)	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
	- Beton				
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45,0000	45,0000	45,0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500
	- tegangan ijin				
	a saat transfer				
	- serat tekan (fct)	MPa	-25,6500	-25,6500	-25,6500
	- serat tarik (fti)	MPa	1,6346	1,6346	1,6346
	b saat ijin				
	- serat tekan (fcs)	MPa	-20,2500	-20,2500	-20,2500
	- serat tarik (fts)	MPa	3,3541	3,3541	3,3541
	- serat tekan (fcs) seluruh		-27,0000	-27,0000	-27,0000
	- LOP = 20% --> rasio kehilangan prategang (R = 1 - LOP)		0,8000	0,8000	0,8000
	- Modulus elastisitas				
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
	- Beton (Eci)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
	- Modulus ruptur (fr)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957
	- Angka perbandingan modular				
	a saat transfer				
	- ncs		6,4432	6,4432	6,4432
	- smp				
	- ncs		6,2800	6,2800	6,2800
	- ns		6,3435	6,3435	6,3435

5	Beban dan berat isi					
	- beban berguna auditorium (WL)	kN/m <sup>2</sup>	25,0000	25,0000	25,0000	
	- Beban mati (wD)	kN/m <sup>2</sup>	24,7970	24,7970	24,7970	25,0000
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	kN/m <sup>2</sup>	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
	- Total beban	kN/m <sup>2</sup>	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917
	- Saat transfer beban mati yang telah bekerja	%	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000
	Baa prategang ASTM strand type 13 mm					
	- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- diameter selubung	mm	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000
	- luas selubung	mm <sup>2</sup>	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650
	- jumlah kabel yang dipakai ( 100% )	big	72	72	72	72
	- luas kabel yang dipakai ( 100% )	mm <sup>2</sup>	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000
	Tulangan Non-Prategang					
	- tegangan leleh	MPa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- diameter	mm	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- regangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
	Momen-momen yang bekerja					
	- saat transfer	kNm	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654
	- saat layan / momen total	kNm	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131
	- momen terfaktor (Mu)	kNm	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457
	- momen nominal (Mn)	kNm	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321
	- ukuran balok					
	- tinggi penampang (h)	mm	1,875,3605	1,875,3605	1,875,3605	1,875,3605
	- lebar penampang (b)	mm	833,4936	833,4936	833,4936	833,4936
	- Tinggi Flens (hf)	mm	375,0721	375,0721	375,0721	375,0721
	- Tinggi Web (hw)	mm	1,500,2884	1,500,2884	1,500,2884	1,500,2884
	- Lebar Flens (bf)	mm	833,4936	833,4936	833,4936	833,4936
	- Lebar Web (bw)	mm	333,3974	333,3974	333,3974	333,3974
	PRATEGANG PARSIAL					
	Tendon yang digunakan					
	- jumlah tendon	big	64,6000	64,6000	64,6000	64,6000
	- jumlah tendon digunakan	big		57,5000	57,5000	57,5000

	- luas tendon	mm <sup>2</sup>	6.415.5000	5.724.6000	5.329.8000
2	Gaya Prategang				
	- gaya prategang awal (Pi)	kN	8.830.2942	7.879.3394	7.335.9367
	- gaya prategang efektif (Pe)	kN	7.064.2354	6.303.4716	5.868.7494
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	mm	635.7905	635.7905	635.7905
	- tinggi Efektif Penampang (dp)	mm	1.239.5701	1.239.5701	1.239.5701
iii.	<b>TUL. NON-PRATEGANG dan KAPASITAS PENAMPANG</b>				
1	Tinggi Efektif Penampang Prategang (dp)	mm	1.239.5701	1.239.5701	1.239.5701
2	Tinggi efektif non-prategang ( d )	mm	1.775.3605	1.775.3605	1.775.3605
3	Koefisien Beton karena $f_c > 30 \text{ Mpa}$ ( $\beta_1$ )		0.7300	0.7300	0.7300
4	Tegangan leleh pengganti baja prategang (fps)	MPa	1.570.2477	1.570.2477	1.570.2477
5	Gaya-gaya dalam				
	- Gaya tekan $C = 0.85 f_c b a$	a N	31.881.1292	31.881.1292	31.881.1292
	- Gaya tarik				
	- baja prategang $T_{ps} = A_{ps} f_{ps}$	N	10.073.924.4343	8.989.040.2644	8.369.106.4531
	- baja non-prategang				
	- di coba ( D25 )	big			
	- luas	mm <sup>2</sup>	2.453.1250	4.415.6250	5.887.5000
	- $T_s = A_s f_y$	N	981.250.0000	1.766.250.0000	2.355.000.0000
6	Keseimbangan Gaya-gaya dalam ( $C = T_{ps} + T_s$ )				
	- tinggi blok tekan a	mm	349.7623	337.3560	336.3779
	- letak garis netral (x)	mm	475.0169	462.1315	460.7916
	- regangan tulangan non-prategang		0.0082	0.0085	0.0086
			(leleh)	(leleh)	(leleh)
	- rasio tulangan prategang		0.0062	0.0055	0.0052
	- syarat batas ( $0.35 \beta_1$ )		0.2628	0.2628	0.2628
	- rasio prategang		0.2167	0.1933	0.1800
	- kapasitas dihitung berdasarkan		T (Tarik)	T (Tarik)	T (Tarik)
	Momen Nominal				
	- lengan gaya dalam :				
	- z1	mm	1.029.1839	1.011.9291	1.071.9811
	- z2	mm	1.601.9794	1.626.9825	1.607.1716

- Momen nominal (Mn)	kNm	12.312,6487	12.464,0949	12.751,3919
- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )	kNm	(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)
<b>IV. KONTROL TEGANGAN</b>				
<b>1. Saat Transfer</b>				
tampang bruto, tulangan non-prategang belum bekerja )				
a. Proses penampang				
- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
- Jarak garis netral ke serat atas (c)	mm	764.5701	764.5701	764.5701
- Jarak garis netral ke serat bawah (cp)	mm	1.110.7905	1.110.7905	1.110.7905
- Momen inerti (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	266.637.529.539.6880	266.637.529.589.6880	266.637.529.539.6880
- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	348.741.784.4596	348.741.784.4596	348.741.784.4596
- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	240.043.046.4462	240.043.046.4462	240.043.046.4462
- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	328.043.0968	328.043.0968	328.043.0968
- e ditengah bentang	mm	475.0000	475.0000	475.0000
b. Tegangan yang terjadi				
- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
<b>2. Saat Layan</b>				
tampang transformasi, tulangan non-prategang sudah bekerja )				
- Gaya Prategang efektif (Pe)	kN	6.937.8380	6.310.6207	5.929.7186
- baja non-prategang sudah bekerja dan leleh				
- Momen total prategang	kN	4.615.5218	4.280.7305	4.013.1648
- Momen total non-prategang	kN	535.0913	1.070.1826	1.337.7383
a. Prategang				
- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	843.038.5065	843.038.5065	840.983.9543
- Jarak garis netral ke serat atas (c)	mm	781.6006	781.6006	780.4653
- Jarak garis netral ke serat bawah (cp)	mm	1.093.7600	1.093.7600	1.094.8952
- Modulus penampang	mm <sup>4</sup>	453.3050	453.3050	453.1647
- Momen inerti (I trans)	mm <sup>4</sup>	273.974.573.302.8880	273.212.759.649.4400	272.774.470.108.0700

- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	349.647.475.0890	349.555.485.2297	349.502.350.4905
- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	250.941.454.9784	249.792.241.1516	249.132.948.1101
- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	323.584.4461	324.080.9969	324.363.1458
- Tegangan serat atas	MPa	-12,9170	-11,4639	-10,7445
- Tegangan serat bawah	MPa	-1,6701	-1,9183	-1,8699
<b>b</b>				
Beton Bertulang				
- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	825.920.6637	836.407.1946	844.272.0928
- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	760.6123	793.0640	802.2345
- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	1.054.7482	1.082.2765	1.073.1260
- e prategang	mm	458.9578	446.4860	437.3355
- Momen Inertia (I <sub>trans</sub> )	mm <sup>4</sup>	279.817.552.922.6580	250.064.129.264.2700	297.582.018.820.6620
- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	358.459.054.6317	365.741.982.4021	370.941.422.7789
- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	255.599.909.3790	268.012.960.5066	277.303.691.6811
- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	338.794.7114	346.797.7453	352.471.6988
- Tegangan serat atas	MPa	-1,4928	-2,9261	-3,6063
- Tegangan serat bawah	MPa	2,0935	3,9930	4,8241
<b>c</b>				
Tegangan yang terjadi				
- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
<b>VI</b>				
Lendutan Jangka Pendek				
- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	KN	7.936.6515	7.081.9352	6.593.5259
- Lendutan Ke Atas Chamber (δ <sub>pi</sub> )	mm	-29,9538	-26,7280	-24,8847
- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	KN.m <sup>2</sup>	27,3736	27,3736	27,3736
- Lendutan Ke Bawah (δ <sub>D</sub> )	mm	16,9920	16,9920	16,9920
- Total Lendutan Jangka Pendek (δ <sub>T</sub> )	mm	-12,9619	-9,7361	-7,8927
<b>VII</b>				
Lendutan Jangka Panjang				
- Mcr	KNm	6.413.2735	5.932.8684	5.648.9076
- Momen beban yang disebabkan oleh Mia	KNm	5.350.9131	5.350.9131	5.350.9131
- Kondisi Penampang		(belum retak)	(belum retak)	(belum retak)
- Analisis lendutan berdasarkan penampang		(bruto)	(bruto)	(bruto)



Beban-beban :					
- Prategang					
- akibat beban mati	KN/m'	24.7970	24.7970	24.7970	24.7970
- akibat beban gelagar	KN/m'	18.6947	18.6947	18.6947	18.6947
- akibat beban hidup	KN/m'				
- Beton bertulang					
- akibat beban hidup	KN/m'				
- endapan dasar					
- lendutan Akibat Beban Mati (M)	mm	15.0023	15.0026	15.0023	15.0023
- lendutan Akibat Berat Gelagar (M)	mm	11.3106	11.3106	11.3106	11.3106
- lendutan Akibat Beban Hidup (M)	mm				
Metode Pengali PCI					
<b>Faktor pengali PCI</b>					
- Akibat Chamber		1.5787	1.4516	1.3801	1.3801
- Akibat beban mati		1.6149	1.4799	1.4339	1.4339
- Akibat beban sendiri		2.4468	2.1291	1.9503	1.9503
- Lendutan Total (M)	mm (L)				
- Batas Lendutan < L/240	mm	104.1667	104.1667	104.1667	104.1667
<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>					
- Koefisien Kerasi Rangkak (K)		0.7234	0.5645	0.4751	0.4751
a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan					
- Kembangan Prategang Total (ΔP)	KN	1.872.4562	1.588.7137	1.406.2132	1.406.2132
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	KN	6.957.8380	6.310.6207	5.929.7136	5.929.7136
- ΔC	%	21.2049	19.9093	19.1559	19.1559
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang (λ)		0.8940	0.9005	0.9142	0.9142
- Waktu (t)	Hari	90	90	90	90
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2.3500	2.3500	2.3570	2.3570
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1.4054	1.4054	1.4054	1.4054
- Faktor Berkurutan Umur Beton (Ka)		0.7350	0.7350	0.7350	0.7350
- lendutan yang terjadi					
- lendutan akibat mati	mm	43.4006	39.1786	36.3012	36.3012
- lendutan akibat berat gelagar	mm	12.9066	12.9066	12.9066	12.9066
- lendutan akibat beban hidup	mm	26.2140	23.7592	22.3556	22.3556
- akibat beban hidup	mm	15.1256	15.1256	15.1256	15.1256

- Lendutan Total ( $\delta_t$ )	mm (t)		104,1667	104,1667	104,1667
- Batas Lendutan < = 240	mm		104,1667	104,1667	104,1667
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>					
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	kN		2.137,6257	1.806,4809	1.628,2075
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun ( $P_e$ )	kN		6.692,8665	6.072,8585	5.707,7292
- LCF	%		21,2079	22,9268	22,1949
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )			0,8790	0,8854	0,8890
- Waktu (t)	Hari		365	365	365
- Koefisien Rangka Limit (Cu)			2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangka Waktu T (Ct)			1,8215	1,8215	1,8215
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)			0,6231	0,6231	0,6231
- Lendutan yang terjadi					
- akibat chamber	mm		-45,5689	-36,2829	-31,3859
- akibat beban geser	mm		26,2144	22,9417	21,0998
- akibat beban mati	mm		27,3206	24,6158	23,0934
- akibat beban hidup	mm		15,1256	15,1256	15,1256
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )	mm (t)		104,1667	104,1667	104,1667
- Batas Lendutan < = 240	mm		104,1667	104,1667	104,1667
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>					
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	kN		2.229,6940	1.889,6483	1.706,0936
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun ( $P_e$ )	kN		6.830,4002	5.989,6912	5.629,8431
- LCF	%		26,2528	23,9823	23,2567
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )			0,8737	0,8801	0,8837
- Waktu (t)	Hari		1.095	1.095	1.095
- Koefisien Rangka Limit (Cu)			2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangka Waktu T (Ct)			2,0433	2,0433	2,0433
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)			0,5473	0,5473	0,5473
- Lendutan yang terjadi					
- akibat chamber	mm		-47,5475	-37,5462	-32,2876
- akibat beban geser	mm		26,0294	24,3582	22,2920
- akibat beban mati	mm		27,1407	24,4753	22,9752
- akibat beban hidup	mm		15,1256	15,1256	15,1256
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )	mm (t)		104,1667	104,1667	104,1667
- Batas Lendutan < = 240	mm		104,1667	104,1667	104,1667

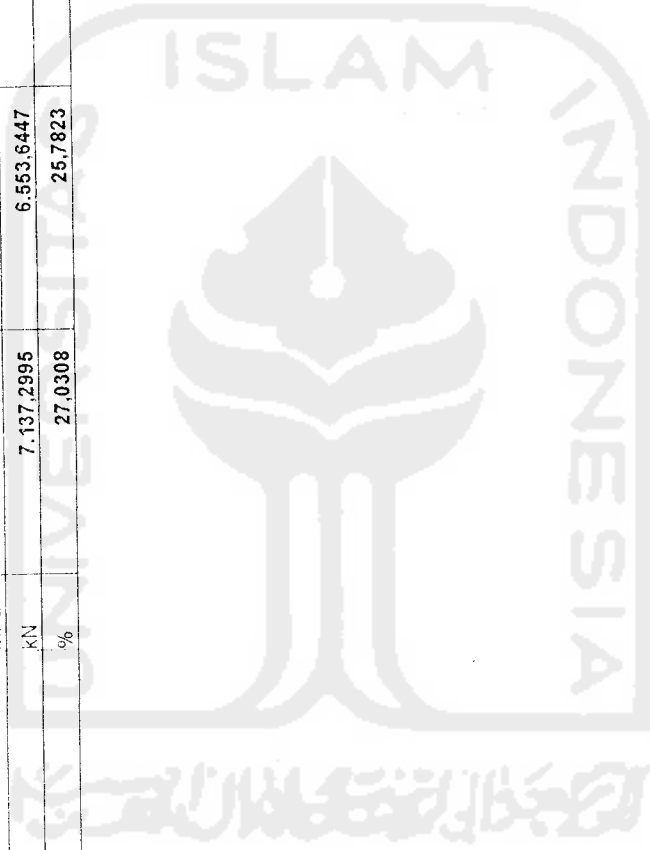
Tabel B.3.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 2,50$

No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
<b>1 Data</b>						
<b>1. Tendon</b>						
	- Tegangan Utitasi Tendon (fpu)	MPa	1.860.000	1.860.000	1.860.000	1.860.000
	- Tegangan leleh (0,55 fpu)	MPa	1.581.000	1.581.000	1.581.000	1.581.000
	- Tegangan lina saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376.400	1.376.400	1.376.400	1.376.400
<b>2. Beton</b>						
	- Tegangan tekuk (fct)	MPa	45.000	45.000	45.000	45.000
	- Tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fct)	MPa	42.750	42.750	42.750	42.750
	- modulus ruptur (fr)	MPa	4.695	4.695	4.695	4.695
<b>3. Modulus Elastisitas</b>						
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000.000	198.000.000	198.000.000	198.000.000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000.000	200.000.000	200.000.000	200.000.000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
<b>4. Angka perbandingan modular</b>						
	- saat transfer		6,4432	6,4432	6,4432	6,4432
	- nps					
	- saat ayan		6,2800	6,2800	6,2800	6,2800
	- nps		6,3435	6,3435	6,3435	6,3435
<b>5. Baja prategang -STY strand type 13 mm</b>						
	- Jais 1 rabel	mm <sup>2</sup>	98.7000	98.7000	98.7000	98.7000
	- jumlah kabel yang digunakan	btg	72	65	58	54
<b>6. Jais baja prategang yang digunakan</b>						
	- Jais Prategang awal (Pi)	mm <sup>2</sup>	7.106.400	6.415.5000	5.724.6000	5.329.8000
	- Jais Prategang akhir (Pf)	KN	9.781.249	8.830.2942	7.873.3394	7.335.9367
<b>7. Jais Non-Prategang D25</b>						
	- Tegangan leleh	MPa	400.0000	400.0000	400.0000	400.0000
	- Tegangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
	- Jais Prategang	mm <sup>2</sup>	400.6250	400.6250	400.6250	400.6250
	- jumlah jais non-prategang yang dipakai	btg	6	6	9	12
	- Jais Non-Prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	2.453.1250	4.415.6250	5.887.5000	5.887.5000

<b>7 Data Struktur</b>						
- bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
- luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000
- momen inertiya bruto (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	296.263.921.766,3200	296.263.921.766,3200	296.263.921.766,3200	296.263.921.766,3200	296.263.921.766,3200
- radius girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	364.492,3297	364.492,3297	364.492,3297	364.492,3297	364.492,3297
- eksentrisitas ditengah bentang (ec)	mm	490,0000	490,0000	490,0000	490,0000	490,0000
<b>II Kehilangan Tegangan Sesaat</b>						
<b>1 Kehilangan akibat Pergeseran Angkur</b>						
- pergeseran angkur	mm	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000
- Δf <sub>pa</sub>	MPa	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800
<b>2 Kehilangan Akibat Perpindahan Elastis Beton</b>						
<b>3 Kehilangan Akibat Gesekan</b>						
- tendon parabola (σ)	rad	0,1568	0,1568	0,1568	0,1568	0,1568
- koefisien Wobble (K)		0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
- koefisien kelengkungan (μ)		0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
- Δf <sub>pf</sub>	MPa	88,8053	88,8053	88,8053	88,8053	88,8053
<b>4 Keadaan setelah Kehilangan sesaat</b>						
- Total Kehilangan Tegangan (Δf <sub>PT</sub> )	MPa	140,2853	140,2853	140,2853	140,2853	140,2853
- Tegangan tendon (f <sub>pi</sub> )	MPa	1.236,1147	1.236,1147	1.236,1147	1.236,1147	1.236,1147
- Gaya Prategang (P <sub>i</sub> )	kN	8.784,3253	7.930,2937	7.076,2621	6.222,2305	5.368,1989
<b>III Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>						
<b>1 Akibat Relaksasi baja</b>						
- waktu (hari)	hari	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>pR</sub>	MPa	21,2368	21,2368	21,2368	21,2368	21,2368
<b>2 Akibat Rangkak</b>						
- pasca tarik (Kcr)		1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
- momen akibat beban mati saat transfer (M <sub>D</sub> )	kNm	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654
- momen akibat beban total selain yg. bly saat transfer	kNm	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477
- f <sub>cs</sub>	MPa	12,6455	12,6455	10,0035	10,0035	9,3475
- f <sub>esc</sub>	MPa	5,3130	5,3130	5,3130	5,3130	5,3130
- Δf <sub>pCR</sub>	MPa	91,1992	73,6871	56,1750	46,1681	36,1591

	- tambahan tegangan $\Delta \sigma_D$	MPa	34.2325	34.2325	34.2325	34.2325
3	<b>Akibat Susut</b>					
	- regangan susut utimix perawatan basah 7 hari		8.00E-04	8.00E-04	8.00E-04	8.00E-04
	- $\Delta f_pSH$	MPa	98.3172	98.3172	98.3172	98.3172
4	<b>Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_pT</math></b>	MPa	176.5208	159.0086	141.4965	131.4896
5	- keadaan setelah tes kehilangan tegangan	MPa	1.059.5939	1.077.1060	1.094.6132	1.104.6251
	- tegangan efektif $f_{pe}$	kN	7.529.8981	6.910.1737	6.266.2511	5.887.4308
	- gaya prategang efektif $P_e$	%	23.0170	21.7447	20.4724	19.7453
	- LOF					
IV	<b>Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun</b>					
	<b>Akibat Relaksasi baja</b>					
	- waktu (hari)	hari	365	365	365	365
	- waktu (jam)	jam	8.760	8.760	8.760	8.760
	- $\Delta f_pR$	MPa	1.7210	1.9107	2.1056	2.2193
2	<b>Akibat Rangkak</b>					
	stabil, tidak teras: tambahan kehilangan tegangan)					
3	<b>Akibat Susut</b>					
	- regangan susut utimix perawatan basah 7 hari		8.00E-04	8.00E-04	8.00E-04	8.00E-04
	- $\Delta f_pSH$	MPa	137.6571	137.6571	137.6571	137.6571
	- $\Delta f_pSH$	MPa	39.3399	39.3399	39.3399	39.3399
4	<b>Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_pT</math></b>	MPa	41.0609	41.2506	41.4455	41.5592
5	- keadaan setelah tes kehilangan tegangan	MPa	1.018.5330	1.035.8554	1.053.1727	1.063.0659
	- tegangan efektif $f_{pe}$	kN	7.238.1027	6.645.5306	6.028.9923	5.636.9285
	- gaya prategang efektif $P_e$	%	26.0002	24.7417	23.4835	22.7648
	- LOF					
IV	<b>Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun</b>					
	<b>Akibat Relaksasi baja</b>					
	- waktu (hari)	hari	1095	1095	1095	1095
	- waktu (jam)	jam	26.280	26.280	26.280	26.280
	- $\Delta f_pR$	MPa	1.0176	1.1553	1.2969	1.3793

2	<b>Akibat Rangkak</b> ( stabil, tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan )							
3	<b>Akibat Susut</b>							
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- ΔfpSHI	MPa	150,8243	150,8243	150,8243	150,8243	150,8243	150,8243
	- ΔfpSH	MPa	13,1672	13,1672	13,1672	13,1672	13,1672	13,1672
	- Kehilangan Tegangan total ΔfpT	MPa	14,1848	14,3225	14,4641	14,4641	14,4641	14,5468
Σ	keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan							
	- tegangan efektif fpe	MPa	1.004,3481	1.021,5330	1.038,7086	1.038,7086	1.038,7086	1.048,5191
	- gaya prategang efektif Pe	KN	7.137,2995	6.553,6447	5.946,1910	5.946,1910	5.946,1910	5.588,3968
	- LOF	%	27,0308	25,7823	24,5344	24,5344	24,5344	23,8216



Tabel B.3.2 Prategang Penuh  $h/b = 2,50$ 

No.	Data		
1	Bentang balok	25,0000	m
2	Jarak antar balok	5,0000	m
3	Baja Prategang		
	- Tegangan Ullimit Tendon (fpu)	1.860,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	1.581,0000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	1.376,4000	Mpa
4	Beton		
	- tegangan tekan (fc)	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer fci = 0,95 fc	42,7500	Mpa
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer		
	- serat tekan (fci)	-25,6500	Mpa
	- serat tarik (fti)	1,6346	Mpa
	b. saat layan		
	- serat tekan (fcs)	-20,2500	Mpa
	- serat tarik (fts)	3,3541	Mpa
	- serat tekan (fcs) seluruh	-27,0000	Mpa
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang $R = 1 - LOF$	0,8000	
6	Baja Non-Prategang (fpy)	400,0000	Mpa
7	Modulus elastisitas		
	- Baja Prategang (Eps)	193.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang (Es)	200.000,0000	Mpa
	- Beton (Ec)	31.528,5585	Mpa
	- Beton saat transfer (Eci)	30.730,2376	Mpa
8	Modulus ruptur (fr)	4,6957	Mpa
9	Angka perbandingan modular		
	a. saat transfer		
	- nps	6,4432	
	b. saat layan		
	- nps	6,2800	
	- ns	6,3435	
10	Beban dan berat isi		
	- beban berguna auditorium (WL)	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- berat isi :		
	- beton	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- speci per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	35,0000	%
12	Baja prategang ASI <sup>®</sup> strand type 13 mm		
	- luas 1 kabel	98,7000	mm <sup>2</sup>
	- diameter selubung	127,0000	mm
	- luas selubung	12.661,2650	mm <sup>2</sup>

II. Beban dan Momen Balok			
1	Beban mati (wD)	24,7970	kN/m'
	- pelat 20 cm	20,2400	kN/m'
	- traso 3 cm	0,0360	kN/m'
	- spesi 2 cm	0,0210	kN/m'
	- pasir 5 cm	4,5000	kN/m'
2	Beban Hidup (wL)	25,0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan	17,9572	kN/m'
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.328,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.006,1680	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5156	kNm
<b>III. Besaran Penampang T untuk h/b = 2,50</b>			
1	Luas penampang Persegi h/b = 2 (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- h/b	2,5000	
	- Tinggi Penampang ( $h = (Ac \text{ persegi} / (0,52/2,50))^{0,5}$ )	1.976,8036	mm
	- Tinggi Flens (hf)	395,3607	mm
	- Tinggi Web (hw)	1.581,4429	mm
	- lebar Penampang (b)	790,7214	
	- Lebar Flens (bf)	790,7214	mm
	- Lebar Web (bw)	316,2886	mm
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6947	kN/m'
3	Jarak garis netral :		
	- ke serat atas (ct)	805,9276	mm
	- ke serat bawah (cb)	1.170,8760	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-9,4891	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	7.712,8828	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	5.603.6638	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	56,7747	btg
	- jumlah kabel yang digunakan		btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg)		bh
	- luas tendon yang digunakan	7.106.4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	Inersia penampang (I) yang digunakan	296.263.921.766.3200	mm <sup>4</sup>
	- Serat Atas (St)	367.606.118.0546	mm <sup>3</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	253.027.587.7519	mm <sup>3</sup>



9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang	492,8589	mm
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	702,122	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)	680,8760	mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	1.295,9276	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)		
<b>IV. Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>			
<b>IV.1. Saat Transfer (Pakai penampang bruto )</b>			
1	Propertis Penampang :	812.812.5000	mm <sup>2</sup>
	- Luas penampang (Ac)	805.9276	mm
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	1.170,8760	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	490,0000	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	296.263.921.766,3200	mm <sup>4</sup>
	- Momen Inertia bruto (I <sub>g</sub> )	364.492.3297	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	367.606.118,0546	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (S <sub>t</sub> )	253.027.587,7519	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (S <sub>b</sub> )		
2	Momen yang bekerja	1.460,5225	kNm
	- Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	2.138,5654	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (Mo)		
3	Tegangan yang terjadi :		MPa
	- serat atas (ft)		aman
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>IV.2. Saat Layan (Pakai penampang transformasi )</b>			
	- Gaya prategang efektif (Pe)	7.529,8981	
1	Propertis Penampang :	650.334,4391	mm <sup>2</sup>
	- Luas penampang (Ac)	827,5494	mm
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	1.149,2542	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	463,3782	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	304.875.406.574,4900	mm <sup>4</sup>
	- Momen Inertia transformasi	358.535,8802	mm <sup>2</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	265.281.094,1235	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (S <sub>t</sub> )	325.407.500,5480	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (S <sub>b</sub> )		
2	Momen yang bekerja	5.350,9131	kNm
	- Momen Total (MT)		
3	Tegangan yang terjadi :		MPa
	- serat atas (ft)		aman
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>V. Momen Kapasitas Penampang</b>			
1	Koefisien Beton karena f <sub>c</sub> = 30 Mpa (β <sub>1</sub> )	0,7300	

2	Tegangan baja (fps)		
	- tegangan leleh ( $f_{py} = 0,85 f_{pu}$ )	1.581,0000	MPa
	- rasio tulangan prategang	0,0069	
	- koefisien jenis baja prategang	0,4000	
	- tegangan pengganti tegangan leleh (fps)	1.567,8567	MPa
	- Dipakai fps		MPa
3	Beton Tekan		
	- luas beton tekan	291.289,3333	
	- tinggi blok tekan (a)	368,3843	mm
	- Garis netral pada	Sayap	
	- lengan beton tekan (z)	1.111,7355	mm
4	Periksa rasio prategang :		
	- syarat batas 0,36 B1	0,2628	
	- rasio prategang	0,2416	
	- kapasitas dihitung berdasarkan	T (Tarik)	
5	Momen Nominal penampang ( $M_n$ tersedia)		kNm
6	Momen yang bekerja		
	- Momen terfaktor ( $M_u$ )	7.202,3457	kNm
	- Momen Nominal perlu ( $M_n$ perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( $M_n$ tersedia - $M_n$ perlu )		kNm
<b>VI.</b>	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
<b>VI.1.</b>	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>		
	- Gaya Prategang efektif sesaat ( $P_e$ )	8.784,3253	kN
	- Lendutan Ke Atas/Chamber ( $\delta_{pi}$ )	-30,7800	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3736	kN/m'
	- Lendutan Ke Bawah ( $\delta_D$ )	15,2928	mm
	- <b>Total Lendutan Jangka Pendek (<math>\delta_T</math>)</b>		mm (t)
<b>VI.2.</b>	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	<b>Lendutan dasar</b>		
	- Lendutan Akibat Beban Mati ( $\delta_D$ )	13,5025	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar ( $\delta_G$ )	10,1797	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup ( $\delta_L$ )	13,6131	mm
1	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	<b>Faktor pengali PCI</b>		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,8500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	- <b>Lendutan Total (<math>\delta_t</math>)</b>		mm (t)
	- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm
2	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>		
	- Koefisien Koreksi Rangkak (Kr)	1,0000	
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.251,3508	kN

- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	7.529,8981	kN
- LOF	23,0170	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8849	
- Waktu (t)	90	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2.3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,4054	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,7350	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-51,7796	mm
- akibat beban gelagar	24,4861	mm
- akibat beban mati	27,4508	mm
- akibat beban hidup	13,6131	mm
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )		mm (l)
- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>		
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.292,4118	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	7.238,1027	kN
- LOF	26,0002	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8828	
- Waktu (t)	365	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2.3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,8215	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,6231	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-56,9448	mm
- akibat beban gelagar	28,7219	mm
- akibat beban mati	28,8276	mm
- akibat beban hidup	13,6131	mm
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )		mm (l)
- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>		Bulan
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.306,5966	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	7.137,2995	kN
- LOF	27,0308	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8821	
- Waktu (t)	1.095	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2.3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	2,0433	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,5473	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	60,5421	mm
- akibat beban gelagar	30,9800	mm
- akibat beban mati	28,6037	mm
- akibat beban hidup	13,6131	mm
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )		mm (l)
- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm

*Prategang Kembali*

Tabel B.3.3 Prategang Parsial  $h/b = 2,50$

1.	DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000
2	Jarak antar balok	m	5,0000	5,0000	5,0000
3	Baja Prategang	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- Tegangan Uji: mit Tendon (fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)				
4	Beton	MPa	45,0000	45,0000	45,0000
	- tegangan tekan (fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)				
	- tegangan ijin				
	a. saat transfer	MPa	-25,6500	-25,6500	-25,6500
	- serat tekan (fci)	MPa	1,6346	1,6346	1,6346
	- serat tarik (fti)				
	b. saat layan	MPa	-20,2500	-20,2500	-20,2500
	- serat tekan (fcs)	MPa	3,3541	3,3541	3,3541
	- serat tarik (fts)		-27,0000	-27,0000	-27,0000
	- serat tekan (fcs) seluruh		0,8000	0,8000	0,8000
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang (R = 1 - LOF)				
6	Modulus elastisitas	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
	- Beton (Ec)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957
	Modulus ruptur (fr)				
7	Angka perbandingan modular				
	a. saat transfer		6,4432	6,4432	6,4432
	- nps				
	b. saat layan		6,2600	6,2600	6,2600
	- nps		6,3435	6,3435	6,3435
	- ns				

9	Beban dan berat isi						
	- beban berguna auditorium (WL)	kN/m <sup>2</sup>	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- Beban mati (wD)	kN/m <sup>2</sup>	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970
	- Berat gagar sebenarnya (wG)	kN/m <sup>2</sup>	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
	- Total beban	kN/m <sup>2</sup>	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917
	- %	%	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000
10	Saat transfer beban mati yang telah bekerja						
11	Baja prategang ASTM strand type 13 mm						
	- luas tampang	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- diameter sebulung	mm	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000
	- luas sebulung	mm <sup>2</sup>	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650
	- jumlah kawat yang dipakai (100%)	btg	72	72	72	72	72
	- luas kawat yang dipakai (100%)	mm <sup>2</sup>	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000
12	Tulangan torsi-Prategang						
	- tegangan torsi	MPa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- diameter	mm	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- luas tampang	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
	- regangan torsi						
13	Momen-momen yang bekerja						
	- saat transfer	kNm	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654
	- saat tahanan momen total	kNm	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131
	- momen torsi faktor (Mu)	kNm	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457
	- momen torsi aktual (M <sub>u</sub> )	kNm	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321
14	ukuran torsi						
	- tinggi	mm	1,976,8036	1,976,8036	1,976,8036	1,976,8036	1,976,8036
	- lebar bentang (b)	mm	790,7214	790,7214	790,7214	790,7214	790,7214
	- lebar bentang (b <sub>1</sub> )	mm	395,3607	395,3607	395,3607	395,3607	395,3607
	- Tinggi Efektif (h <sub>1</sub> )	mm	1,581,4429	1,581,4429	1,581,4429	1,581,4429	1,581,4429
	- Tinggi Efektif (h <sub>2</sub> )	mm	790,7214	790,7214	790,7214	790,7214	790,7214
	- Lebar Efektif (b <sub>1</sub> )	mm	316,2886	316,2886	316,2886	316,2886	316,2886
	- Lebar Efektif (b <sub>2</sub> )	mm					
II	PRATEGANG PARSIAL						
	- tahanan torsi digunakan	btg	64,8000	64,8000	64,8000	64,8000	64,8000
	- jumlah torsi	btg	57,6000	57,6000	57,6000	57,6000	57,6000
	- jumlah torsi don digunakan	btg					

	- luas tendon	mm <sup>2</sup>	6.415,5000	5.724.6000	5.329.8360
2	Gaya Prategang				
	- Gaya Prategang awal (Pi)	kN	8.830,2942	7.879,3394	7.335,9367
	- Gaya Prategang efektif (Pe)	kN	7.064,2354	6.303,4716	5.868,7494
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	mm	680,8760	680,8760	680,8760
	- Jarak Efektif Penampang (dp)	mm	1.295,9276	1.295,9276	1.295,9276
III.	TULANGAN PRATEGANG dan KAPASITAS PENAMPANG				
1	Tinggi Efektif Penampang Prategang (dp)	mm	1.295,9276	1.295,9276	1.295,9276
2	Tinggi efektif non-prategang ( d )	mm	1.876,6036	1.876,6036	1.876,6036
3	Koefisien Beton karena $f_c > 30$ Mpa ( $\beta_1$ )		0,7300	0,7300	0,7300
4	Tegangan leleh pengganti baja prategang (fps)	MPa	1.567,8567	1.567,8567	1.567,8567
5	Gaya-gaya dalam	a N	30.245,0948	30.245,0948	30.245,0948
	- Gaya tarik	N	10.058.584,7912	8.975.352,5829	8.356.362,7496
	- Gaya prategang $T_{ps} = A_{ps} \cdot f_{ps}$				
	- Gaya non-prategang	btg			
	- a. coba ( D25 )	mm <sup>2</sup>	2.453,1250	4.415,6250	5.887,5000
	- as	N	961.250,0000	1.766.250,0000	2.355.000,0000
	- as fy				
6	Kesetimbangan Gaya-gaya dalam (C = Tps + Ts)				
	- Gaya blok tekan a	mm	365,0124	355,1519	354,1521
	- Jarak garis netral (x)	mm	500,0170	466,5094	485,1398
	- Tegangan tulangan non-prategang	(leleh)	0,0083	0,0086	0,0086
	- luas tulangan prategang	(leleh)	0,0063	0,0056	0,0052
	- luas tulangan prategang		0,2628	0,2628	0,2628
	- luas tulangan (0,36 $\beta_1$ )		0,2181	0,1946	0,1812
	- luas tulangan dihitung berdasarkan	T (Tarik)			
	- luas tulangan nominal	T (Tarik)			
7	Momen Nominal				
	- Momen gaya dalam	mm	1.113,4214	1.113,4214	1.112,9316
	- Momen	mm	1.694,2974	1.699,2276	1.699,7276

	- Momen nominal (Mn)	kNm	12.861,9730 (memenuhi)	13.038,8614 (memenuhi)	13.352,3881 (memenuhi)
	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )	kNm	3.456,6499	4.038,9344	4.038,9344
<b>IV.</b>	<b>KONTROL TEGANGAN</b>				
<b>1.</b>	<b>Saat Transfer</b>				
	( tamping bruto, tulangan non-prategang belum bekerja )				
<b>a.</b>	- Peramping penampang	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000
	- luas tampang (Ac)	mm	805,9276	805,9276	805,9276
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	1.170,8760	1.170,8760	1.170,8760
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm <sup>4</sup>	296.263.921.766,3200	296.263.921.766,3200	296.263.921.766,3200
	- Momen inerti (I <sub>g</sub> )	mm <sup>3</sup>	367.606.118,0546	367.606.118,0546	367.606.118,0546
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	253.027.587,7519	253.027.587,7519	253.027.587,7519
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>2</sup>	364.492,3297	364.492,3297	364.492,3297
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm	490,0000	490,0000	490,0000
	- e ditengah bentang				
<b>b.</b>	Tegangan yang terjadi	MPa	4,6333	4,6333	4,6333
	- serat atas		(aman)	(aman)	(aman)
	- serat bawah		(aman)	(aman)	(aman)
<b>2.</b>	<b>Saat Layan</b>				
	( tamping transformasi, tulangan non-prategang sudah bekerja )				
	- Gaya Prategang efektif (Pe)	KN	6.910,1737	6.266,2511	5.887,4308
	- baja non-prategang sudah bekerja dan leleh	KN	4.815,8218	4.280,7305	4.013,1848
	- Momen total prategang	KN	535,0913	1.070,1826	1.337,7283
	- Momen total non-prategang				
<b>a.</b>	Prategang	mm <sup>2</sup>	846.666,4728	843.038,5065	840.953,9543
	- luas tampang (Ac)	mm	825,5314	823,4959	822,3248
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	1.151,2722	1.153,3077	1.154,4787
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	470,3962	472,4317	473,6020
	- e prategang				
	- Momen inerti (I <sub>trans</sub> )	mm <sup>4</sup>	304.071.674.433,5300	303.260.966.530,1820	302.794.578.468,6520

- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah ( $d'$ )	mm	262.5350	262.5350	262.5350	262.5350
- tinggi Efektif Penampang (dp)	mm	1.232.5350	1.232.5350	1.232.5350	1.232.5350
<b>III. TUL NON-PRATEGANG dan KAPASITAS PENAMPANG</b>					
- Tinggi Efektif Penampang Prategang (dp)	mm	1.232.5350	1.232.5350	1.232.5350	1.232.5350
- Tinggi efektif non-prategang ( $d$ )	mm	1.395.0700	1.395.0700	1.395.0700	1.395.0700
- Koefisien Beton karena $f_c > 30$ Mpa ( $\beta_1$ )		0.7300	0.7300	0.7300	0.7300
- Tegangan leleh pengganti baja prategang (fps)	MPa	1.413.2423	1.413.2423	1.413.2423	1.413.2423
- Gaya-gaya dalam:					
- Gaya tekan (C = 0.55 f <sub>c</sub> b a)	a N	20.795.0649	20.795.0649	20.795.0649	20.795.0649
- Gaya tarik	N	9.066.655.9512	8.090.246.8488	8.090.246.8488	8.090.246.8488
- baja prategang ( $T_{ps} = A_{ps} fps$ )					
- baja non-prategang	big				
- uji coba (D25)	mm <sup>2</sup>	2.453.1250	4.415.6250	4.415.6250	5.887.5000
- jais	N	981.250.0000	1.766.250.0000	1.766.250.0000	2.355.000.0000
- $T_s = A_s f_y$					
- Keseimbangan Gaya-gaya dalam (C = $T_{ps} + T_s$ )					
- tinggi blok tekan (a)	mm	483.1870	473.9825	473.9825	475.4637
- letak garis netral (x)	mm	661.9001	649.2911	649.2911	651.3202
- regangan tulangan non-prategang		0.0033	0.0034	0.0034	0.0034
		(leleh)	(leleh)	(leleh)	(leleh)
- rasio tulangan prategang		0.0096	0.0085	0.0085	0.0080
- syarat batas (0,36 $\beta_1$ )		0.2628	0.2628	0.2628	0.2628
- rasio prategang		0.3007	0.2683	0.2683	0.2498
- kapasitas ditingkat berdasarkan					
- Momen Nominal					
- letakan gaya dalam:					
- z	mm	990.9415	995.5438	995.5438	994.8032
- z	mm	1.153.4765	1.153.0768	1.153.0768	1.157.3382
- Momen nominal (Mn)	kNm	10.116.3744	10.099.6514	10.099.6514	10.216.6860
		(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)
- Kebutuhan kapasitas (Mn tersedia - Mn perlu)	kNm				



Beban-beban :				
- Prategang				
- akibat beban mati	KN.m'	24,7970	24,7970	24,7970
- akibat beban gelagar	KN.m'	18,6947	18,6947	18,6947
- akibat beban hidup	KN.m'	18,6947	18,6947	18,6947
- Beton bertulang				
- akibat beban hidup	KN			
Lendutan dasar				
- Lendutan Akibat Beban Mati (δD)	mm	13,5025	13,5025	13,5025
- Lendutan Akibat Berat Gelagar (δG)	mm	10,1797	10,1797	10,1797
- Lendutan Akibat Beban Hidup (δL)	mm			
Metode Pengali PCI				
Faktor pengali PCI				
- Akibat Chamber		1,5787	1,4516	1,3801
- Akibat beban mati		1,6149	1,4799	1,4039
- Akibat beban sendiri		2,4488	2,1291	1,9503
- Lendutan total (δT)	mm (.)	33,5561	30,1115	28,2843
- Batas Lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
Metode Langkah Waktu Pendekatan				
- Koefisien Deksi Rangkak (Kt)		0,7234	0,5545	0,4751
a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan				
- Kehilangan Prategang Total (ΔP)	KN	1,920,1205	1,613,0883	1,448,5059
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	KN	6,910,1737	6,266,2511	5,887,4308
- LOF	%	21,7447	20,4724	19,7453
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang (λ)		0,8913	0,8976	0,9013
- Waktu t	har	90	90	90
- Koefisien Rangkak Ullimit (Cul)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,4054	1,4054	1,4054
- Faktor Serangan Umur Beton (Ka)		0,7350	0,7350	0,7350
- Lendutan yang terjadi				
- akibat beban mati	mm	13,5025	13,5025	13,5025
- akibat beban gelagar	mm	18,6947	18,6947	18,6947
- akibat beban mati	mm	23,5996	21,3770	20,1298
- akibat beban hidup	mm	18,6131	13,6131	13,6131

- Lendutan Total ( $\delta_T$ )	mm (L)	104.1667	104.1667	104.1667
- Batas Lendutan < L/240	mm	104.1667	104.1667	104.1667
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	KN	2.184.7636	1.850.3471	1.670.0082
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun ( $P_e$ )	KN	6.645.5306	6.028.9923	5.665.9285
- $\Delta F$	%	24.7417	23.4835	22.7848
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0.8763	0.8926	0.8862
- $\delta_{t=1}$	mm	365	365	365
- Efisiensi Rangkak Utitmt (Cu)		2.3500	2.3500	2.3500
- Efisiensi Rangkak Waktu 1 (Ct)		1.8215	1.8215	1.8215
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0.6231	0.6231	0.6231
- Lendutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-41.7264	-33.1977	-28.7026
- akibat beban gelagar	mm	23.5930	20.6476	18.9898
- akibat beban mati	mm	24.5886	22.1542	20.7841
- akibat beban hidup	mm	13.6131	13.6131	13.6131
- Lendutan Total ( $\delta_T$ )	mm (L)	104.1667	104.1667	104.1667
- Batas Lendutan < L/240	mm	104.1667	104.1667	104.1667
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	KN	2.276.6495	1.933.1464	1.747.5940
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun ( $P_e$ )	KN	6.563.6447	5.946.1910	5.565.3939
- $\Delta F$	%	25.7623	24.5344	23.6216
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0.8711	0.8773	0.8679
- $\delta_{t=3}$	mm	1.095	1.095	1.095
- Efisiensi Rangkak Utitmt (Cu)		2.3500	2.3500	2.3500
- Efisiensi Rangkak Waktu 1 (Ct)		2.0433	2.0433	2.0433
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0.5473	0.5473	0.5473
- Lendutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-43.5334	-34.3483	-29.5218
- akibat beban gelagar	mm	25.2265	21.9224	20.0628
- akibat beban mati	mm	24.4266	22.0276	20.6737
- akibat beban hidup	mm	13.6131	13.6131	13.6131
- Lendutan Total ( $\delta_T$ )	mm	104.1667	104.1667	104.1667
- Batas Lendutan < L/240	mm	104.1667	104.1667	104.1667

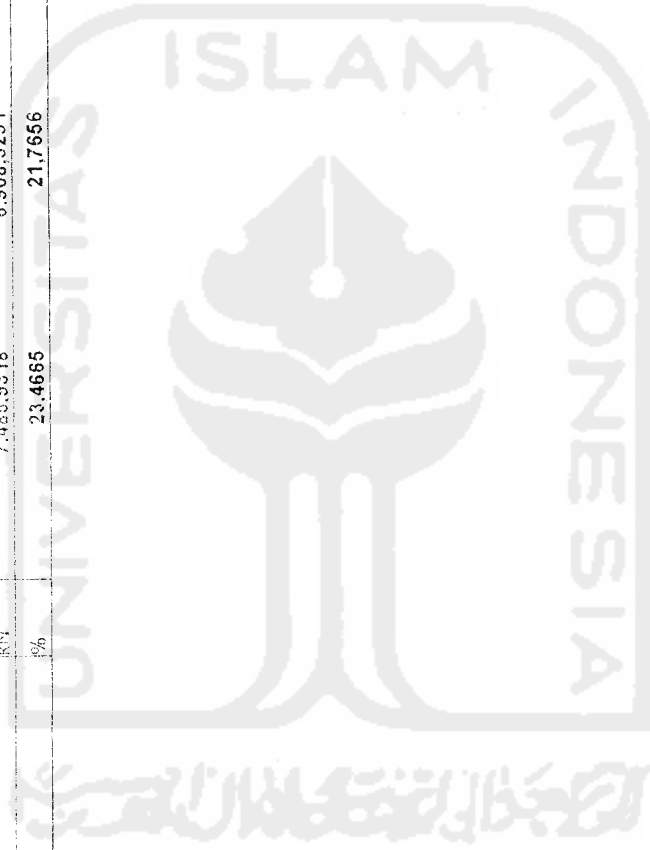
Tabel B.4.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 2,75$ 

No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
<b>1 Data</b>						
<b>1.1 Tendon :</b>						
-	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000
-	- tegangan leleh (C 85 fpu)	MPa	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000
-	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000
<b>2 Beton</b>						
-	- tegangan tekan (f <sub>c</sub> )	MPa	45.0000	45.0000	45.0000	45.0000
-	- tegangan tekan saat transfer (f <sub>ci</sub> = 0,95 f <sub>c</sub> )	MPa	42.7500	42.7500	42.7500	42.7500
-	- modulus ruptur (fr)	MPa	4.6957	4.6957	4.6957	4.6957
<b>3 Modulus Elastisitas</b>						
-	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000
-	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000
-	- Beton (Ec)	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
-	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
<b>4 Angka perbandingan modular</b>						
a.	saat transfer					
-	- nps		6.4432	6.4432	6.4432	6.4432
b.	saat layan					
-	- nps		6.2800	6.2800	6.2800	6.2800
-	- ns		6.3435	6.3435	6.3435	6.3435
<b>5 Baja prategang ASTM strand type 13 mm</b>						
-	- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98.7000	98.7000	98.7000	98.7000
-	- jumlah kabel yang digunakan	bg	72	65	58	54
-	- luas baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106.4000	6.415.5000	5.724.6000	5.329.8000
-	- Gaya Prategang awal (P <sub>i</sub> )	kN	9.781.0490	8.830.2942	7.879.3384	7.335.3337
<b>6 Tulangan Non-Prategang D25</b>						
-	- tegangan leleh	MPa	400.0000	400.0000	400.0000	400.0000
-	- regangan leleh		0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
-	- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>	490.6250	490.6250	490.6250	490.6250
-	- jumlah tulangan non-prategang yang dipakai	bg	5	5	9	12
-	- luas tulangan non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	2.453.1250	4.415.6250	4.415.6250	6.337.5000

<b>~ Data Struktur</b>						
- bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
- tinggi balok (h)	mm	1.495,0700	1.495,0700	1.495,0700	1.495,0700	1.495,0700
- lebar balok (b)	mm	543,6618	543,6618	543,6618	543,6618	543,6618
- luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
- momen inertiya bruto (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	151.402.203.369.1410	151.402.203.369.1410	151.402.203.369.1410	151.402.203.369.1410	151.402.203.369.1410
- radius girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	186.269.5313	186.269.5313	186.269.5313	186.269.5313	186.269.5313
- eksentrisitas ditengah bentang (e <sub>s</sub> )	mm	485.0000	485.0000	485.0000	485.0000	485.0000
<b>1 Kehilangan Tegangan Sesaat</b>						
<b>Kehilangan akibat Pergeseran Angkur</b>						
- pergeseran angkur	mm	6.5000	6.5000	6.5000	6.5000	6.5000
- Δf <sub>p</sub>	MPa	51.4800	51.4800	51.4800	51.4800	51.4800
<b>2 Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton</b>						
<b>Kehilangan Akibat Gesekan</b>						
- tendon parabola (σ)	rad	0,1552	0,1552	0,1552	0,1552	0,1552
- koefisien Webbie (K)		0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
- koefisien kelengkungan (μ)		0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
- Δf <sub>p</sub>	MPa	88.4750	88.4750	88.4750	88.4750	88.4750
<b>Kesediaan setelah Kehilangan sesaat</b>						
- Total Kehilangan Tegangan (Δf <sub>p</sub> )	MPa	139.9550	139.9550	139.9550	139.9550	139.9550
- Tegangan tendon (f <sub>pi</sub> )	MPa	1.236.4450	1.236.4450	1.236.4450	1.236.4450	1.236.4450
- Gaya Protegang (P <sub>i</sub> )	kN	8.786.6728	7.932.4128	7.078.1531	6.590.0046	6.590.0046
<b>Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>						
<b>Akibat Relaksasi baja</b>						
- waktu (hari)	hari	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>p</sub>	MPa	21.2618	21.2616	21.2616	21.2616	21.2616
<b>Akibat Rangkak</b>						
- waktu (hari)	hari	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>p</sub>	MPa	21.2618	21.2616	21.2616	21.2616	21.2616
<b>3 Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>						
- Total Kehilangan Tegangan (Δf <sub>p</sub> )	MPa	186.269.5313	186.269.5313	186.269.5313	186.269.5313	186.269.5313
- Tegangan tendon (f <sub>ps</sub> )	MPa	1.050.1832	1.050.1830	1.050.1830	1.050.1830	1.050.1830
- Gaya Protegang (P <sub>s</sub> )	kN	7.078.1531	6.590.0046	6.590.0046	6.590.0046	6.590.0046
<b>Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>						
<b>Akibat Relaksasi baja</b>						
- waktu (hari)	hari	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>p</sub>	MPa	21.2618	21.2616	21.2616	21.2616	21.2616
<b>Akibat Rangkak</b>						
- waktu (hari)	hari	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>p</sub>	MPa	21.2618	21.2616	21.2616	21.2616	21.2616
<b>4 Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>						
- Total Kehilangan Tegangan (Δf <sub>p</sub> )	MPa	213.832.3477	213.832.3477	213.832.3477	213.832.3477	213.832.3477
- Tegangan tendon (f <sub>ps</sub> )	MPa	836.3513	836.3511	836.3511	836.3511	836.3511
- Gaya Protegang (P <sub>s</sub> )	kN	7.078.1531	6.590.0046	6.590.0046	6.590.0046	6.590.0046
<b>Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>						
<b>Akibat Relaksasi baja</b>						
- waktu (hari)	hari	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>p</sub>	MPa	21.2618	21.2616	21.2616	21.2616	21.2616
<b>Akibat Rangkak</b>						
- waktu (hari)	hari	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>p</sub>	MPa	21.2618	21.2616	21.2616	21.2616	21.2616
<b>5 Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>						
- Total Kehilangan Tegangan (Δf <sub>p</sub> )	MPa	235.094.1654	235.094.1654	235.094.1654	235.094.1654	235.094.1654
- Tegangan tendon (f <sub>ps</sub> )	MPa	601.2897	601.2895	601.2895	601.2895	601.2895
- Gaya Protegang (P <sub>s</sub> )	kN	7.078.1531	6.590.0046	6.590.0046	6.590.0046	6.590.0046
<b>Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>						
<b>Akibat Relaksasi baja</b>						
- waktu (hari)	hari	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>p</sub>	MPa	21.2618	21.2616	21.2616	21.2616	21.2616
<b>Akibat Rangkak</b>						
- waktu (hari)	hari	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>p</sub>	MPa	21.2618	21.2616	21.2616	21.2616	21.2616
<b>6 Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>						
- Total Kehilangan Tegangan (Δf <sub>p</sub> )	MPa	256.355.3301	256.355.3301	256.355.3301	256.355.3301	256.355.3301
- Tegangan tendon (f <sub>ps</sub> )	MPa	570.0280	570.0278	570.0278	570.0278	570.0278
- Gaya Protegang (P <sub>s</sub> )	kN	7.078.1531	6.590.0046	6.590.0046	6.590.0046	6.590.0046

	- fcsd	MPa	10,2904	10,2904	10,2904	10,2904	10,2904
	- $\Delta$ fPCR	MPa	73,5567	49,6504	25,7641	12,1091	
	- tambahan tegangan ( $\Delta$ fSD)	MPa	66,3027	66,3027	66,3027	66,3027	
<b>3</b>	<b>Akibat Susut</b>						8,00E-04
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )	MPa	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	
	- $\Delta$ fPSH	MPa	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172	
<b>4</b>	<b>Kehilangan Tegangan total <math>\Delta</math>fPI</b>	MPa	126,8329	102,9366	79,0403	65,3853	
<b>5</b>	<b>Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan</b>						
	- tegangan efektif fpe	MPa	1,109,6121	1,133,6084	1,157,4047	1,171,0597	
	- gaya prategang efektif Pe	KN	7,885,3474	7,272,0231	6,625,6790	6,241,5142	
	- LOF	%	19,3830	17,8469	15,9107	14,9186	
<b>IV</b>	<b>Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun</b>						
<b>1</b>	<b>Akibat Relaksasi baja</b>						
	- waktu ( hari )	hari	365	365	365	365	
	- waktu ( jam )	jam	8,760	8,760	8,760	8,760	
	- $\Delta$ fPR	MPa	2,2766	2,5571	2,8474	3,0177	
<b>2</b>	<b>Akibat Rangkak</b>						
	( stabil, tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan )						
<b>3</b>	<b>Akibat Susut</b>						
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )	MPa	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	
	- $\Delta$ fPSH	MPa	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571	
	- $\Delta$ fPSH	MPa	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399	
<b>4</b>	<b>Kehilangan Tegangan total <math>\Delta</math>fPI</b>	MPa	41,6165	41,6970	42,1873	42,3576	
<b>5</b>	<b>Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan</b>						
	- tegangan efektif fpe	MPa	1,067,9958	1,091,6114	1,116,2174	1,128,7021	
	- gaya prategang efektif Pe	KN	7,589,6037	7,003,2326	6,384,1734	6,015,7567	
	- LOF	%	22,4066	20,6908	18,9758	17,9961	
<b>IV</b>	<b>Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun</b>						
	<b>Akibat Relaksasi baja</b>						
	- waktu ( hari )	hari	1095	1095	1095	1095	
	- waktu ( jam )	jam	26,280	26,280	26,280	26,280	
	- $\Delta$ fPR	MPa	1,4213	1,6256	1,8373	1,9616	

2	<b>Akibat Rangkaian</b>					
	- stabil tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan					
3	<b>Akibat Susut</b>					
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- $\Delta f_{pSH}$	MPa	150,8243	150,8243	150,8243	150,8243
	- $\Delta f_{pSH}$	MPa	13,1672	13,1672	13,1672	13,1672
	- Kehilangan Tegangan total $\Delta f_{pT}$	MPa	14,5885	14,7928	15,0046	15,1788
5	- eadeg - setelah terjadi kehilangan tegangan					
	- tegangan efektif fpe	MPa	1,053,4070	1,076,8185	1,100,2128	1,113,5733
	- Gaya Prategang efektif Pe	kN	7,425,9318	6,908,3291	6,298,2783	5,935,1230
	- LOF	%	23,4665	21,7656	20,0659	19,0952



Tabel B.4.2 Prategang Penuh  $h/b = 2,75$ 

i.	Data		
1	Bentang balok (L)	25,0000	m
2	Jarak antar balok (B)	5,0000	m
3	Baja Prategang		
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	1.860,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	1.581,0000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	1.376,4000	Mpa
4	Beton		
	- tegangan tekan (f'c)	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer fci = 0,95 f'c	42,7500	Mpa
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer		
	- serat tekan (fci)	-25,6500	Mpa
	- serat tarik (fti)	1,6346	Mpa
	b. saat layan		
	- serat tekan (fcs)	-20,2500	Mpa
	- serat tarik (fts)	3,3541	Mpa
	- serat tekan (fcs) seluruh	-27,0000	Mpa
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang $R = 1 - LOF$	0,8000	
6	Baja Non-Prategang (fpy)	400,0000	Mpa
7	Modulus elastisitas		
	- Baja Prategang (Eps)	198.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang (Es)	200.000,0000	Mpa
	- Beton (Ec)	31.528.5585	Mpa
	- Beton saat transfer (Eci)	30.730,2376	Mpa
8	Modulus ruptur (fr)	4,6957	Mpa
9	Angka perbandingan modular		
	a. saat transfer		
	- nps	6,4432	
	b. saat layan		
	- nps	6,2800	
	- ns	6,3435	
10	Beban dan berat isi		
	- beban berguna auditorium (WL)	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- berat isi :		
	- beton	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- speci per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	35,0000	%
12	Baja prategang ASTM strand type 13 mm		
	- luas 1 kabel	93,7000	mm <sup>2</sup>
	- diameter selubung	127,0000	mm
	- luas selubung	12.651,2350	mm <sup>2</sup>

<b>II. Beban dan Momen Balok</b>			
1	Beban mati (wD)	24,7970	kN/m'
	- pelat 20 cm	20,2400	kN/m'
	- traso 3 cm	0,0360	kN/m'
	- spesi 2 cm	0,0210	kN/m'
	- pasir 5 cm	4,5000	kN/m'
2	Beban Hidup (wL)	25,0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan		kN/m'
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.328,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.006,1680	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5156	kNm
<b>III. Besaran Penampang Persegi untuk <math>h/b = 2,75</math></b>			
1	Luas penampang Persegi $h/b = 2$ (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- h/b	2,75	
	- Tinggi Penampang $h = (2,75 Ac)^{0,5}$	1.495,0700	mm
	- Dipakai Tinggi Penampang (h)	1.495,0700	mm
	- lebar Penampang (b)	543,6618	mm
	- dipakai lebar Penampang (b)		mm
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6947	kN/m'
3	Jarak garis netral :		
	- ke serat atas (ct)	747,5350	mm
	- ke serat bawah (cb)	747,5350	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-12,0077	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	9.760,0139	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	7.090,9720	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	71,8437	btg
	- jumlah kabel yang digunakan		btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg )		bh
	- luas tendon yang digunakan	7.106,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	- Serat Atas (St)	202.535.267,2384	mm <sup>4</sup>
	- Serat Bawah (sb)	300.535.267,2384	mm <sup>4</sup>
9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	487,5674	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)		mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	362,5350	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)	1.232,5350	mm



<b>IV.</b>	<b>Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>		
<b>IV.1.</b>	<b>Saat Transfer (Pakai penampang bruto)</b>		
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	747,5350	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	747,5350	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	485,0000	mm
	- Momen Inertia bruto (I <sub>g</sub> )	151.402.203.369,1410	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	186.269,5313	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (S <sub>t</sub> )	202.535.267,2384	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (S <sub>b</sub> )	202.535.267,2384	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.460,5225	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.138,5654	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>IV.2.</b>	<b>Saat Layan (Pakai penampang transformasi)</b>		
	- Gaya prategang efektif (P <sub>e</sub> )	7.885,3474	
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	850.334,4391	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	768,9362	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	726,1339	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	463,5968	mm
	- Momen Inertia transformasi	159.838.840.245,4500	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	187.971,7355	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (S <sub>t</sub> )	220.123.106,9353	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (S <sub>b</sub> )	207.870.102,6629	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Total (MT)	5.350,9131	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>V.</b>	<b>Momen Kapasitas Penampang</b>		
1	Koefisien Beton karena f <sub>c</sub> > 30 Mpa (β <sub>1</sub> )	0,7300	
2	Tegangan baja (f <sub>ps</sub> )		
	- tegangan leleh (f <sub>py</sub> = 0,85 f <sub>pu</sub> )	1.581,0000	MPa
	- rasio tulangan prategang	0,0106	
	- koefisien jenis baja prategang	0,4000	
	- tegangan pengganti tegangan leleh (f <sub>ps</sub> )	1.413,2423	MPa
	- Dipakai f <sub>ps</sub>	1.413,2423	MPa

*Prategang Pemih*

3	Beton Tekan		
	- luas beton tekan	292.563,7923	mm <sup>2</sup>
	- tinggi blok tekan (a)	482,9543	mm
	- gaya tekan	10.043,0651	kN
4	Periksa rasio prategang :		
	- syarat batas (0,36 β <sub>1</sub> )	0,2628	
	- rasio prategang	0,3331	
	- kapasitas dihitung berdasarkan	C (Tekan)	
5	lengan gaya dalam (z)	991,0579	mm
6	Momen Nominal penampang (Mn tersedia)		kNm
7	Momen yang bekerja		
	- Momen terfaktor (Mu)	7.202,3457	kNm
	- Momen Nominal perlu (Mn perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )		kNm
VI.	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
VI.1.	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>		
	- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	8.786,6728	kN
	- Lendutan Ke Atas/Chamber (δ <sub>pi</sub> )	-59,6317	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3735	kN/m'
	- Lendutan Ke Bawah (δ <sub>D</sub> )	29,9249	mm
	- <b>Total Lendutan Jangka Pendek (δ<sub>T</sub>)</b>		
VI.2.	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	<b>Lendutan dasar</b>		
	- Lendutan Akibat Beban Mati (δ <sub>D</sub> )	26,4218	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar (δ <sub>G</sub> )	19,9196	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup (δ <sub>L</sub> )	26,6331	mm
1	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	<b>Faktor pengali PCI</b>		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,8500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	- <b>Lendutan Total (δ<sub>T</sub>)</b>		mm (↓)
	- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
2	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>		
	- Koefisien Koreksi Rangkak (Kr)	1,0000	
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total (ΔP)	1.895,9016	kN
	- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	7.585,3474	kN
	- LOF	19,3930	%
	- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang (λ)	0,9031	
	- Waktu (t)	90	Hari
	- Koefisien Rangkak Ultimat (Cu)	2,3500	
	- Koefisien Rangkak Waktu 1 (C <sub>1</sub> )	1,4054	
	- Faktor Berkaitan Ujung Beton (Ka)	0,7350	

*Prategang Pemih*

Tabel B.4.3 Prategang Parsial  $h/b = 2,75$

i.	DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Bentang balok (L)	m	25,0000	25,0000	25,0000
2	Jarak antar balok (B)	m	5,0000	5,0000	5,0000
3	Baja Prategang				
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
4	Beton				
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45,0000	45,0000	45,0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500
	- tegangan ijin				
	a. saat transfer				
	- serat tekan (fci)	MPa	-25,6500	-25,6500	-25,6500
	- serat tarik (fti)	MPa	1,6346	1,6346	1,6346
	b. saat layan				
	- serat tekan (fcs)	MPa	-20,2500	-20,2500	-20,2500
	- serat tarik (fti)	MPa	3,3541	3,3541	3,3541
	- serat tekan (fos) seluruh		-27,0000	-27,0000	-27,0000
5	LCF = 20% --> rasio kehilangan prategang (R = 1 - LCF)		0,8000	0,8000	0,8000
6	Modulus elastisitas				
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
	- Modulus ruptur (fr)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957
7	Angka perbandingan modular				
	a. saat transfer				
	- nps		6,4432	6,4432	6,4432
	b. saat layan				
	- nps		6,3435	6,3435	6,3435

9	Beban dan berat isi							
	- beban berguna auditorium (WL)	kN/m'	25,0000	25,0000	25,0000			25,0000
	- Beban mati (wD)	kN/m'	24,7970	24,7970	24,7970			24,7970
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	kN/m'	18,6947	18,6947	18,6947			18,6947
	- Total beban	kN/m'	68,4917	68,4917	68,4917			68,4917
		%	35,0000	35,0000	35,0000			35,0000
10	Saat transfer beban mati yang telah bekerja							
11	Baja prategang ASTM strand type 13 mm							
	- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000			98,7000
	- diameter selubung	mm	127,0000	127,0000	127,0000			127,0000
	- luas selubung	mm <sup>2</sup>	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650			12,661,2650
	- jumlah kabel yang dipakai ( 100% )	btg	72	72	72			72
	- luas kabel yang dipakai ( 100% )	mm <sup>2</sup>	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000			7,106,4000
12	Tulangan Non-Prategang							
	- tegangan leleh	MPa	400,0000	400,0000	400,0000			400,0000
	- diameter	mm	25,0000	25,0000	25,0000			25,0000
	- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250			490,6250
	- regangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020			0,0020
13	Momen-momen yang bekerja							
	- saat transfer	kNm	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654			2,138,5654
	- saat layan momen total	kNm	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131			5,350,9131
	- momen taktor (Mu)	kNm	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457			7,202,3457
	- momen nominal (Mn)	kNm	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321			9,002,9321
14	ukuran balok							
	- tinggi (c)	mm	1,495,0700	1,495,0700	1,495,0700			1,495,0700
	- lebar (b)	mm	543,6618	543,6618	543,6618			543,6618
II.	FRATEGANG PARSIAL							
1	Tendon yang digunakan							
	- jumlah tendon	btg	64,8000	64,8000	64,8000			64,8000
	- jumlah tendon digunakan	btg						
	- luas tendon	mm <sup>2</sup>	6,415,5000	6,415,5000	6,415,5000			6,415,5000
2	Gaya Prategang							
	- gaya prategang awal (Pi)	kN	8,830,2942	8,830,2942	8,830,2942			8,830,2942
	- gaya prategang efektif (Pe)	kN	7,064,2354	7,064,2354	7,064,2354			7,064,2354

	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	mm	262,5350	262,5350	262,5350
	- tinggi Efektif Penampang (dp)	mm	1.232,5350	1.232,5350	1.232,5350
<b>III.</b>	<b>TUL. NON-PRATEGANG dan KAPASITAS PENAMPANG</b>				
1	Tinggi Efektif Penampang Prategang (dp)	mm	1.232,5350	1.232,5350	1.232,5350
2	Tinggi efektif non-prategang (d')	mm	1.395,0700	1.395,0700	1.395,0700
3	Koefisien Beton karena $f_c > 30$ Mpa ( $\beta_1$ )		0,7300	0,7300	0,7300
4	Tegangan leleh pengganti baja prategang (fps)	MPa	1.413,2423	1.413,2423	1.413,2423
5	Gaya-gaya dalam				
	- Gaya tekan (C = 0,85 f <sub>c</sub> b.a)	a N	20.795,0649	20.795,0649	20.795,0649
	- Gaya tarik	N	9.066.655,9512	8.090.246,8488	7.532.298,7903
	- baja prategang (T <sub>ps</sub> = A <sub>ps</sub> fps)				
	- baja non-prategang	big			
	- di coba ( D25 )	mm <sup>2</sup>	2.453,1250	4.415,6250	5.887,5000
	- luas	N	981.250,0000	1.766.250,0000	2.355.000,0000
	- T <sub>s</sub> = A <sub>s</sub> f <sub>y</sub>				
6	Keseimbangan Gaya-gaya dalam (C = T <sub>ps</sub> + T <sub>s</sub> )	mm	483,1870	473,9825	475,4637
	- tinggi blok tekan (a)	mm	661,9001	649,2911	651,3202
	- letak garis netral (x)		0,0033	0,0034	0,0034
	- regangan tulangan non-prategang	(leleh)	(leleh)	(leleh)	(leleh)
	- rasio tulangan prategang		0,0096	0,0085	0,0080
	- syarat batas (0,36 β <sub>1</sub> )		0,2628	0,2628	0,2628
	- rasio prategang		0,3007	0,2683	0,2496
	- kapasitas dihitung berdasarkan	C (Tekan)	C (Tekan)	C (Tekan)	T (Tarik)
	Momen Nominal				
	- letak gaya dalam :	mm	990,9415	995,5438	994,8032
	- z <sub>1</sub>	mm	1.153,4765	1.158,0788	1.157,3382
	- z <sub>2</sub>	kNm	10.116,3744	10.099,6514	10.218,6860
	- Momen nominal (M <sub>n</sub> )		(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)
	- Kahanan kapasitas ( M <sub>n</sub> tersedia - M <sub>n</sub> perlu )	kNm			

IV. KONTROL TEGANGAN									
1.	Saat Transfer								
	(tampang bruto, tulangan non-prategang belum bekerja)								
a.	Propertis penampang	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000				812.812,5000
	- luas tampang (Ac)	mm	747,5350	747,5350	747,5350				747,5350
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	747,5350	747,5350	747,5350				747,5350
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm <sup>4</sup>	151.402.203.369,1410	151.402.203.369,1410	151.402.203.369,1410				151.402.203.369,1410
	- Momen inertia (I <sub>g</sub> )	mm <sup>3</sup>	202.535.267.2384	202.535.267.2384	202.535.267.2384				202.535.267.2384
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>2</sup>	202.535.267.2384	202.535.267.2384	202.535.267.2384				202.535.267.2384
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>2</sup>	202.535.267.2384	202.535.267.2384	202.535.267.2384				202.535.267.2384
	- radius giras, pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	186.269,5313	186.269,5313	186.269,5313				186.269,5313
	- e ditengah bentang	mm	485,0000	485,0000	485,0000				485,0000
2.	Tegangan yang terjadi	MPa	(aman)	(aman)	(aman)				(aman)
	- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)				(aman)
	- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)				(aman)
2.	Saat Layan								
	(tampang transformasi, tulangan non-prategang sudah bekerja)	kN	7.272,0231	6.625,6790	6.241,5142				6.241,5142
	- Gaya Prategang efektif (P <sub>e</sub> )	kN	4.815,8218	4.280,7305	4.013,1848				4.013,1848
	- baja non-prategang sudah bekerja dan leleh	kN	535,0913	1.070,1626	1.337,7263				1.337,7263
	- Momen total prategang								
	- Momen total non-prategang								
3.	Prategang	mm <sup>2</sup>	846.686,4728	843.036,5065	840.953,9543				840.953,9543
	- luas tampang (Ac)	mm	766,9367	754,9240	763,7649				763,7649
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	726,1313	730,1460	731,3051				731,3051
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	465,5963	467,6110	468,7701				468,7701
	- e prategang	mm <sup>4</sup>	159.051,427,114,0150	158.257,199,450,2710	157.800,261,356,6700				157.800,261,356,6700
	- Momen inertia (I <sub>trans</sub> )	mm <sup>3</sup>	207.384,786,0216	206.892,701,7045	206.608,417,4214				206.608,417,4214
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	218.437,844,0968	216.747,337,0665	215.778,969,0855				215.778,969,0855
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	187,851,6218	187,722,3654	187,644,3538				187,644,3538
	- radius giras pangkat dua (r <sup>2</sup> )	MPa	15,4842	-13,5748	-12,6848				-12,6848
	- Tegangan serat atas	MPa	-2,0423	-2,4037	-2,3828				-2,3828
	- Tegangan serat bawah								

D	Beton Bertulang								
	- Jarak tumpang (Ac)	mm <sup>2</sup>	825.920,6637	836.407,1946				844.272,0928	
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	757,8120	765,8017				771,6637	
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	737,2580	729,2883				723,4063	
	- e prategang	mm	474,7230	466,7333				460,8713	
	- Momen inerti (I trans)	mm <sup>4</sup>	156.811.246,049,0910	161.016.410.740,7560				164.101.730.428,4670	
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	206.926.310,9515	210.256.622,3043				212.659.644,3463	
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	212.695.210,7435	220.791.724,9669				226.845.864,7707	
	- Jarak gesir pangkat dua (f)	mm <sup>2</sup>	189.862,3596	192.509,5955				194.370,6677	
	- Tegangan serat atas	MPa	-2,5859	-5,0898				-6,2905	
	- Tegangan serat bawah	MPa	2,5158	4,8470				5,8971	
	- Tegangan yang terjadi								
	- serat atas	MPa		(aman)					(aman)
	- serat bawah	MPa		(aman)					(aman)
									(tidak aman)
VI.1.	Lendutan Jangka Pendek								
	- Gaya Prategang efektif sesuai (Pe)	kN	7.032,4139	7.033,1531				6.550,0046	
	- Lendutan Ke Atas Chamber (lc)	mm	-53,8841	-43,0366				-44,7237	
	- Serat gelagar dan beban mati yang telah bekerja	kNm <sup>2</sup>	27,3736	27,3736				27,3736	
	- Lendutan Ke Bawah (ld)	mm	29,9249	29,9249				29,9249	
	- Total Lendutan Jangka Pendek (lt)	mm (")							
VI.2.	Lendutan Jangka Panjang								
	- M <sub>cr</sub>	kNm	6,287,6743	5,819,5088				5,540,5774	
	- Momen beban hidup maks tek. faktor Ma	kNm	5,350,9131	5,350,9131				5,350,9131	
	- Kondisi Penampang		(belum retak)	(belum retak)				(belum retak)	
	- Analisis lendutan berdasarkan penampang		(bruto)	(bruto)				(efektif)	
	- Rasio penguat prategang (pg)								
	- Rasio momen penampang								
	- Inersia Kritis (I <sub>cr</sub> )	mm <sup>4</sup>		56.577,584.539,9669				61.282.690.716,0952	
	- (M <sub>cr</sub> /M <sub>t</sub> )			1,0876				1,0354	
	- Inersia efektif (I <sub>e</sub> )	mm <sup>4</sup>		178.559.770.655,8560				161.328.804.703,1360	

Beban-beban :					
- Prategang	KN/m'	24.7970	24.7970	24.7970	24.7970
- akibat beban mati	KN/m'	18.6947	18.6947	18.6947	18.6947
- akibat beban gelagar	KN/m'				
- akibat beban hidup	KN/m'				
- Beton bertulang	KN/m'				
- akibat beban hidup	KN/m'				
Lendutan dasar	mm	26.4218	26.4218	26.4218	26.4218
- Lendutan Akibat Beban Mati (δD)	mm	19.9196	19.9196	19.9196	19.9196
- Lendutan Akibat Berat Gelagar (δG)	mm				
- Lendutan Akibat Beban Hidup (δL)	mm				
<b>Metode Pengali PCI</b>					
<b>Faktor pengali PCI</b>					
- Akibat Chamber		1.5787	1.4516	1.3801	1.3801
- Akibat beban mati		1.6149	1.4799	1.4039	1.4039
- Akibat beban sendiri		2.4468	2.1291	1.9503	1.9503
- Lendutan Total (δT)	mm (↓)	33.0564	36.4176	37.9490	37.9490
- Batas Lendutan < L/240	mm	104.1667	104.1667	104.1667	104.1667
<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>					
- Koefisien Koreksi Rangkak (Kr)		0.7234	0.5645	0.4751	0.4751
<b>2. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>					
- Kehilangan Prategang Total (ΔP)	KN	1.856.2711	1.253.6605	1.094.4225	1.094.4225
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	KN	7.272.0231	6.625.6790	6.241.5142	6.241.5142
- LOF	%	17.6469	15.9107	14.9186	14.9186
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang (λ)		0.9118	0.9204	0.9254	0.9254
- Waktu (t)	Hari	90	90	90	90
- Koefisien Rangkak Ultime (Cu)		2.3500	2.3500	2.3500	2.3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1.4054	1.4054	1.4054	1.4054
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0.7350	0.7350	0.7350	0.7350
- Lendutan yang terjadi	mm	-31.2027	-35.8905	-60.6395	-60.6395
- akibat chamber	mm	45.1709	50.7159	51.1770	51.1770
- akibat beban gelagar	mm	45.1661	41.8305	39.3903	39.3903
- akibat beban mati	mm	26.6381	26.6381	26.1216	26.1216
- akibat beban hidup	mm				



- <b>Lendutan Total (<math>\delta_t</math>)</b>	mm (l)	104,1667	104,1667	104,1667
- Batas Lendutan < L/240	mm			1.320.1800
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P_i$ )	kN	1.827.0616	1.495.1661	6.015.7567
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun ( $P_e$ )	kN	7.003.2326	6.384.1734	17.9961
- LOF	%	20.6908	18.9758	0.9100
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	Hari	0.8965	0.8051	385
- Waktu (t)	Hari	365	365	2.3500
- Koefisien Rangkak Ultime ( $C_u$ )		2.3500	2.3500	1.8215
- Koefisien Rangkak Waktu T ( $C_t$ )		1.8215	1.8215	0.6231
- Faktor Berkaitan Umur Beton ( $K_a$ )		0.6231	0.6231	
- Lendutan yang terjadi	mm	-89.4110	-72.0054	-62.7164
- akibat chamber	mm	46.1668	40.4032	34.8729
- akibat beban gelagar	mm	48.1149	43.3513	40.8703
- akibat beban mati	mm	26.6381	26.6381	26.1216
- akibat beban hidup	mm (l)			
- <b>Lendutan Total (<math>\delta_t</math>)</b>	mm	104,1667	104,1667	104,1667
- Batas Lendutan < L/240	mm			1.490.6137
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P_i$ )	kN	1.921.9551	1.551.0611	5.935.1230
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun ( $P_e$ )	kN	6.939.3291	6.298.2783	12.0952
- LOF	%	21.7656	20.0659	0.9045
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	Hari	0.8912	0.8997	1.095
- Waktu (t)	Hari	1.095	1.095	2.3500
- Koefisien Rangkak Ultime ( $C_u$ )		2.3500	2.3500	2.0433
- Koefisien Rangkak Waktu T ( $C_t$ )		2.0433	2.0433	0.5473
- Faktor Berkaitan Umur Beton ( $K_a$ )		0.5473	0.5473	
- Lendutan yang terjadi	mm	-93.3507	-74.5807	-64.5940
- akibat chamber	mm	49.3632	42.8977	36.8432
- akibat beban gelagar	mm	44.7597	41.1466	36.8432
- akibat beban mati	mm	25.6381	26.6381	26.1216
- akibat beban hidup	mm (l)			
- <b>Lendutan Total (<math>\delta_t</math>)</b>	mm (l)	104,1667	104,1667	104,1667
- Batas Lendutan < L/240	mm			

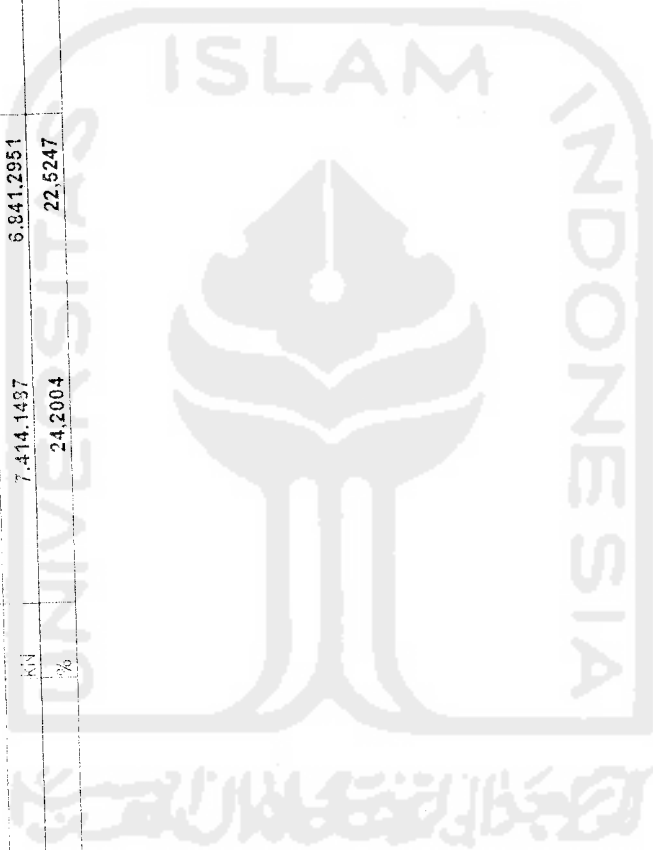
Tabel B.5.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 3,00$

No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Data					
	- Tendon :					
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000
	- Beton					
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45.0000	45.0000	45.0000	45.0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42.7500	42.7500	42.7500	42.7500
	- modulus ruptur (fr)	MPa	4.6957	4.6957	4.6957	4.6957
	- Modulus Elastisitas					
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
4	Angka perbandingan modular					
	a saat transfer		6.4432	6.4432	6.4432	6.4432
	- nps					
	- saat layah		6.2800	6.2800	6.2800	6.2800
	- nps		6.3435	6.3435	6.3435	6.3435
	- ns					
5	Baja prategang ASTM strand type 13 mm	mm <sup>2</sup>	98.7000	98.7000	98.7000	98.7000
	- Jais 1 Kabel		72	65	58	54
	- Jumlah kabel yang digunakan	btg				
	- Jais baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106.4000	6.415.5000	5.724.6000	5.329.8000
	- Gaya Prategang awal (Pi)	kN	9.781.2400	8.830.2942	7.879.3394	7.335.9367
6	Gangan Non-Prategang D25	MPa		400.0000	400.0000	400.0000
	- tegangan leleh			0.0020	0.0020	0.0020
	- tegangan leleh			490.6250	490.6250	490.6250
	- Jais 1 batang	mm <sup>2</sup>		5	9	12
	- Jumlah batang non-prategang yang dipakai	btg				
	- Jais tulangan non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>		2.453.1250	4.415.6250	5.887.5000

<b>Data Struktur</b>						
- bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
- tinggi balok (h)	mm	1.561.5497	1.561.5497	1.561.5497	1.561.5497	1.561.5497
- lebar balok (b)	mm	520.5166	520.5166	520.5166	520.5166	520.5166
- luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
- momen inertiya bruto (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	165.166.040.039.0630	165.166.040.039.0630	165.166.040.039.0630	165.166.040.039.0630	165.166.040.039.0630
- luas girasi kuadrat (i <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	203.203.1250	203.203.1250	203.203.1250	203.203.1250	203.203.1250
- eksentrisitas dengah bentang (e)	mm	500.0000	500.0000	500.0000	500.0000	500.0000
<b>1) Kehilangan Tegangan Sesaat</b>						
<b>Kehilangan akibat Pergeseran Angkur</b>						
- pergeseran angkur	mm	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000
- Δf <sub>p</sub>	MPa	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800
<b>2) Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton</b>						
<b>3) Kehilangan Akibat Gesekan</b>						
- tencan parabola (c)	rad	0,1600	0,1600	0,1600	0,1600	0,1600
- koefisien Wobble (K)		0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
- koefisien kelengkungan (μ)		0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
- Δf <sub>e</sub>	MPa	89,4660	89,4660	89,4660	89,4660	89,4660
<b>Keadahan setelah Kehilangan sesaat</b>						
- Total kehilangan Tegangan (Δf <sub>T</sub> )	MPa	140,9460	140,9460	140,9460	140,9460	140,9460
- Tegangan tendon (f <sub>ps</sub> )	MPa	1.235,4540	1.235,4540	1.235,4540	1.235,4540	1.235,4540
- Gaya Prategang (P <sub>i</sub> )	kN	8.779,6303	7.926,0551	7.072,4800	6.584,7227	
<b>1) Kehilangan Tegangan setelah 2 bulan</b>						
<b>Akibat Relaksasi baja</b>						
- Δf <sub>r</sub> (hari)	hari	90	90	90	90	90
- Δf <sub>r</sub> (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>s</sub>	MPa	21,1872	21,1872	21,1872	21,1872	21,1872
<b>Akibat Rangkak</b>						
- Δf <sub>c</sub>	MPa	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
- Momen akibat beban mati saat transfer (M <sub>D</sub> )	kNm	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654
- Momen akibat beban total selain yg bklj saat transfer	kNm	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477
- Δf <sub>c</sub>	MPa	-17,6167	-15,2745	-12,9324	-11,5940	

- fcsd	MPa	9,7246	9,7246	9,7246	9,7246	9,7246
- $\Delta$ fPCR	MPa	79,2996	55,7657	32,2317	18,7837	18,7837
- tambahan tegangan ( $\Delta$ fSD)	MPa	62,6572	62,6572	62,6572	62,6572	62,6572
<b>3 Akibat Susut</b>						
- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- $\Delta$ fPSH	MPa	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172
- Kehilangan Tegangan total $\Delta$ fPT	MPa	136,1469	112,6129	89,0790	75,6310	75,6310
<b>4 Keadaan setelah taras: kehilangan tegangan</b>						
- tegangan efektif fpe	MPa	1,099,3671	1,122,8411	1,146,3750	1,159,8230	1,159,8230
- gaya prategang efektif Pe	kN	7,812,1161	7,203,5870	6,562,5385	6,181,6247	6,181,6247
- LOF	%	20,1317	18,4219	16,7121	15,7350	15,7350
<b>IV Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun</b>						
<b>* Akibat Relaksasi baja</b>						
- waktu ( hari )	hari	365	365	365	365	365
- waktu (jam)	jam	8,760	8,760	8,760	8,760	8,760
- $\Delta$ fPR	MPa	2,1587	2,4307	2,7122	2,8774	2,8774
<b>2 Akibat Rangkak</b>						
( stabil, tidak terjadi pembebanan kehilangan tegangan )						
<b>3 Akibat Susut</b>						
- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- $\Delta$ fPSH	MPa	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571
- $\Delta$ fPSH	MPa	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399
- Kehilangan Tegangan total $\Delta$ fPT	MPa	41,4986	41,7706	42,0521	42,2173	42,2173
<b>4 Keadaan setelah taras: kehilangan tegangan</b>						
- tegangan efektif fpe	MPa	1,057,8086	1,081,0705	1,104,3229	1,117,6058	1,117,6058
- gaya prategang efektif Pe	kN	7,517,2108	6,935,6076	6,321,3069	5,956,6152	5,956,6152
- LOF	%	23,1467	21,4567	19,7673	18,8023	18,8023
<b>IV Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun</b>						
<b>* Akibat Relaksasi baja</b>						
- waktu ( hari )	hari	1095	1095	1095	1095	1095
- waktu (jam)	jam	26,280	26,280	26,280	26,280	26,280
- $\Delta$ fPR	MPa	1,3055	1,5335	1,7397	1,8592	1,8592

2	Δ kibat Rangkak (sebab tidak terdapat tambahan kehilangan tegangan)								
3	Δ kibat Susut - regangan susut ultimit (perawatan basah 7 hari) - Δf <sub>FSH</sub> - Δf <sub>SSH</sub>	MPa MPa MPa	8,00E-04 150,8243 13,1672 14,5027	8,00E-04 150,8243 13,1672 14,7007	8,00E-04 150,8243 13,1672 14,9053	8,00E-04 150,8243 13,1672 15,0264			
4	Δ kehilangan Tegangan total Δf <sub>PT</sub>								
5	Δ f <sub>residu</sub> setelah terjadi kehilangan tegangan - tegangan efektif f <sub>pe</sub>	MPa KN	1,043,3059 7,414,1497	1,066,3697 6,841,2951	1,089,4170 6,236,4765	1,102,5794 5,876,5275			
	• gaya prategang efektif P <sub>e</sub>	%	24,2004	22,5247	20,8503	19,8940			
	• L <sub>OF</sub>								



Tabel B.5.2 Prategang Penuh  $h/b = 3,00$ 

I.	Data		
1	Bentang balok (L)	25,0000	m
2	Jarak antar balok (B)	5,0000	m
3	Baja Prategang		
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	1.860,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	1.581,0000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	1.376,4000	Mpa
4	Beton		
	- tegangan tekan (f'c)	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer $f_{ci} = 0,95 f_c$	42,7300	Mpa
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer		
	- serat tekan (fci)	-25,6500	Mpa
	- serat tarik (fti)	1,6346	Mpa
	b. saat layan		
	- serat tekan (fcs)	-20,2500	Mpa
	- serat tarik (fts)	3,3541	Mpa
	- serat tekan (fcs) seluruh	-27,0000	Mpa
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang $R = 1 - LOF$	0,8000	
6	Baja Non-Prategang (fpy)	400,0000	Mpa
7	Modulus elastisitas		
	- Baja Prategang (Eps)	198.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang (Es)	200.000,0000	Mpa
	- Beton (Ec)	31.528,5585	Mpa
	- Beton saat transfer (Eci)	30.730,2376	Mpa
		4,6957	Mpa
8	Modulus ruptur (fr)		
9	Angka perbandingan modular		
	a. saat transfer		
	- nps	6,4432	
	b. saat layan		
	- nps	6,2800	
	- ns	6,3435	
10	Beban dan berat isi		
	- beban berguna auditorium (WL)	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- berat isi :		
	- beton	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- spesi per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	35,0000	%
12	Baja prategang ASTM strand type 13 mm		
	- luas 1 kabel	98,7000	mm <sup>2</sup>
	- diameter selubung	127,0000	mm
	luas selubung	12.661,2650	mm <sup>2</sup>

II.	<b>Beban dan Momen Balok</b>		
1	Beban mati (wD)	24,7970	kN/m'
	- pelat 20 cm	20,2400	kN/m'
	- traso 3 cm	0,0360	kN/m'
	- spesi 2 cm	0,0210	kN/m'
	- pasir 5 cm	4,5000	kN/m'
2	Beban Hidup (wL)	25,0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan		kN/m'
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.328,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.906,1680	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5156	kNm
III.	<b>Besaran Penampang Persegi untuk <math>h/b = 3,00</math></b>		
1	Luas penampang Persegi $h/b = 2$ ( $A_c$ )	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- $h/b$		
	- Tinggi Penampang $h = (3,00 A_c)^{0,5}$	1.561,5497	mm
	- Dipakai Tinggi Penampang (h)	1.561,5497	mm
	- lebar Penampang (b)	520,5166	mm
	- dipakai lebar Penampang (b)		mm
	- Luas penampang ( $A_c$ )	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	19,6947	kN/m'
3	Jarak garis netral :		
	- ke serat atas (ci)	780,7749	mm
	- ke serat bawah (ch)	780,7749	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-12,0077	MPa
5	Gaya prategang awal ( $P_i$ )	9.760,0139	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	7,090.9720	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	71,8437	btg
	- jumlah kabel yang digunakan		btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg )		bh
	- luas tendon yang digunakan	7.106,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal ( $P_i$ )	9.761,2490	kN
	- Efektif ( $P_e$ )	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	- Serat Atas ( $S_i$ )	211.541.187,4153	mm <sup>4</sup>
	- Serat Bawah ( $S_b$ )	211.541.187,4153	mm <sup>4</sup>
9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	500,1483	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (eoc)		mm
	- jarak titik tangkap tumpuan ke tepi bawah (d')	290,7749	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)	1.280,7749	mm

<b>IV.</b>	<b>Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>		
<b>IV.1.</b>	<b>Saat Transfer (Pakai penampang bruto )</b>		
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	780,7749	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	780,7749	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	500,0000	mm
	- Momen Inertia bruto (I <sub>g</sub> )	165.166.040.039,0630	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	203.203,1250	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	211.541.187,4153	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	211.541.187,4153	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.460,5225	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.138,5654	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>IV.2.</b>	<b>Saat Layan (Pakai penampang transformasi )</b>		
	- Gaya prategang efektif (P <sub>e</sub> )	7.812,1161	
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	850.334,4391	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	802,8379	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	758,7118	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	477,9370	mm
	- Momen Inertia transformasi	174.132.600.647,3200	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	204.781,3103	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	229.510.861,6041	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	216.896.337,2031	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Total (MT)	5.350,9131	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>		aman
<b>V.</b>	<b>Momen Kapasitas Penampang</b>		
1	Koefisien Beton karena f' <sub>c</sub> > 30 Mpa (β <sub>1</sub> )	0,7300	
2	Tegangan baja (f <sub>ps</sub> )		
	- tegangan leleh (f <sub>py</sub> = 0,85 f <sub>pu</sub> )	1.581,0000	MPa
	- rasio tulangan prategang	0,0167	
	- koefisien jenis baja prategang	0,4000	
	- tegangan pengganti tegangan leleh (f <sub>ps</sub> )	1.410,9520	MPa

*Prategang Pemih*



	- Dipakai fps		MPa
3	Beton Tekan	262.138,2752	mm <sup>2</sup>
	- luas beton tekan	503,6118	mm
	- tinggi blok tekan (a)	10.026,7890	kN
	- gaya tekan		
4	Periksa rasio prategang	0,2628	
	- syarat batas (0,36 β <sub>1</sub> )	0,3342	
	- rasio prategang		
	- kapasitas dihitung berdasarkan	<b>C (Tekan)</b>	
5	lengan gaya dalam (z)	1.028,9690	mm
6	Momen Nominal penampang (M <sub>n</sub> tersedia)		kNm
7	Momen yang bekerja	7.202,3457	kNm
	- Momen terfaktor (M <sub>u</sub> )		kNm
	- Momen Nominal perlu (M <sub>n</sub> perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( M <sub>n</sub> tersedia - M <sub>n</sub> perlu )		
<b>VI.</b>	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
<b>VI.1.</b>	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>	8.779,6303	kN
	- Gaya Prategang efektif sesaat (P <sub>e</sub> )	-56,3078	mm
	- Lendutan Ke Atas/Chamber (δ <sub>pi</sub> )	27,3736	kN/m <sup>2</sup>
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,4312	mm
	- Lendutan Ke Bawah (δ <sub>D</sub> )		
	- <b>Total Lendutan Jangka Pendek (δ<sub>T</sub>)</b>		
<b>VI.2.</b>	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	<b>Lendutan dasar</b>		
	- Lendutan Akibat Beban Mati (δ <sub>D</sub> )	24,2199	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar (δ <sub>G</sub> )	18,2596	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup (δ <sub>L</sub> )	24,4182	mm
1	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	<b>Faktor pengali PCI</b>		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,8500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	- <b>Lendutan Total (δ<sub>r</sub>)</b>		mm (I)
	- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
2	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>	1,0000	
	- Koefisien Koreksi Rangkak (K <sub>r</sub> )		
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total (ΔP)	1.969,1329	kN
	- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (P <sub>e</sub> )	7.012,1161	kN
	- LOF	20,1317	%
	- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang (λ)	0,8993	
	- Waktu (t)	90	Hari
	- Koefisien Rangkak Ultimit (C <sub>u</sub> )	2,3500	
	- Koefisien Rangkak Waktu t (C <sub>t</sub> )	1,4054	

*Prategang Pemb*

- Faktor Berkaitan Umur Beton ( $K_a$ )	0,7350	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-100,7256	mm
- akibat beban gelagar	43,9216	mm
- akibat beban mati	49,2395	mm
- akibat beban hidup	24,4182	mm
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )		mm (l)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>		
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.010,6314	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun ( $P_e$ )	7.517,2108	kN
- LOF	23,1467	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8972	
- Waktu (t)	365	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit ( $C_u$ )	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T ( $C_t$ )	1,8215	
- Faktor Berkaitan Umur Beton ( $K_a$ )	0,6231	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-111,6921	mm
- akibat beban gelagar	51,5194	mm
- akibat beban mati	51,7090	mm
- akibat beban hidup	24,4182	mm
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )		mm (l)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>		Bulan
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.025,1341	kN
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun ( $P_e$ )	7.414,1487	kN
- LOF	24,2004	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8965	
- Waktu (t)	1.095	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit ( $C_u$ )	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T ( $C_t$ )	2,0433	
- Faktor Berkaitan Umur Beton ( $K_a$ )	0,5473	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-118,7574	mm
- akibat beban gelagar	55,5699	mm
- akibat beban mati	51,3074	mm
- akibat beban hidup	24,4182	mm
- Lendutan Total ( $\delta_t$ )		mm (l)
- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm

Table B.5.3 Prategang Parsial  $h/b = 3.00$

DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
Bentang balok (L)	m	25.0000	25.0000	25.0000
Jarak antar balok (B)	m	5.0000	5.0000	5.0000
Baja Prategang				
- Tegangan saat Tendon (fpu)	MPa	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000
- tegangan leleh (0.85 fpu)	MPa	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000
- tegangan ijin saat transfer (0.74 f <sub>y</sub> )	MPa	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000
Seton				
- tegangan tekan (fc)	MPa	45.0000	45.0000	45.0000
- tegangan tekan saat transfer (fc = 0.95 fc)	MPa	42.7500	42.7500	42.7500
- tegangan ijin				
a. saat transfer				
- serat tekan (ftc)	MPa	-25.6500	-25.6500	-25.6500
- serat tarik (ftt)	MPa	1.6346	1.6346	1.6346
b. saat layan				
- serat tekan (fcs)	MPa	-20.2500	-20.2500	-20.2500
- serat tarik (fts)	MPa	3.3541	3.3541	3.3541
- serat tekan (fcs) seluruh		-27.0000	-27.0000	-27.0000
- CF = 20% → rasio kehilangan prategang (R = 1 - LOF)		0.0000	0.0000	0.0000
Modulus elastisitas				
- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000
- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000
- Beton (Ec)	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
- Modulus ruptur (fr)	MPa	4.6957	4.6957	4.6957
Angka perbandingan modular				
- saat transfer		6.4432	6.4432	6.4432
- nps				
mp		6.2800	6.2800	6.2800
ms		6.3435	6.3435	6.3435

9	Beban dan berat isi	kN/m <sup>3</sup>	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000
	- beban berguna auditorium (WL)	kN/m <sup>3</sup>	24.7970	24.7970	24.7970	24.7970
	- Beban mati (wD)	kN/m <sup>3</sup>	18.6947	18.6947	18.6947	18.6947
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	kN/m <sup>3</sup>	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917
	- Berat beban	%	35.0000	35.0000	35.0000	35.0000
10	Saat transfer beban mati yang telah bekerja					98.7000
11	11.1 Prategang 4-STM strand type 13 mm	mm <sup>2</sup>	68.7000	68.7000	68.7000	127.0000
	- luas 1 kabe	mm <sup>2</sup>	127.0000	127.0000	127.0000	12.661.2650
	- Luas meter selubung	mm <sup>2</sup>	12.661.2650	12.661.2650	12.661.2650	72
	- Luas selubung	big	72	72	72	7.106.4000
	- Jumlah kabe yang dipakai ( 100% )	mm <sup>3</sup>	7.106.4000	7.106.4000	7.106.4000	400.0000
	- Luas kabe yang dipakai ( 100% )	MPa	400.0000	400.0000	400.0000	25.0000
12	12.1 Momen Non-Prategang	mm	25.0000	25.0000	25.0000	490.6250
	- Tegangan leleh	mm <sup>2</sup>	490.6250	490.6250	490.6250	0.0020
	- Luas 1 batang		0.0020	0.0020	0.0020	
	- Tegangan leleh					
13	13.1 Momen-momen yang bekerja	kNm	2.138.5654	2.138.5654	2.138.5654	5.350.9131
	- Saat transfer	kNm	5.350.9131	5.350.9131	5.350.9131	7.202.3457
	- Saat layanan - momen total	kNm	7.202.3457	7.202.3457	7.202.3457	9.002.9321
	- Momen transfer (Mu)	kNm	9.002.9321	9.002.9321	9.002.9321	
	- Momen nominal (Mn)					
14	14.1 Momen balok	mm	1.561.5497	1.561.5497	1.561.5497	520.5166
	- Tinggi (h)	mm	520.5166	520.5166	520.5166	
	- lebar (b)					
15	15.1 PRATEGANG PARSIAL					
	- Momen yang digunakan	big	64.8000	64.8000	64.8000	54.0000
	- Luas tendon	big	64.8000	64.8000	64.8000	5.205.9131
	- Jumlah tendon digunakan	mm <sup>2</sup>	5.205.9131	5.205.9131	5.205.9131	
	- Luas tendon					
16	16.1 Prategang	kN	8.330.2942	8.330.2942	8.330.2942	7.335.9367
	- Prategang awal (Pe)	kN	7.335.9367	7.335.9367	7.335.9367	5.868.7494
	- Prategang efektif (Pe)					



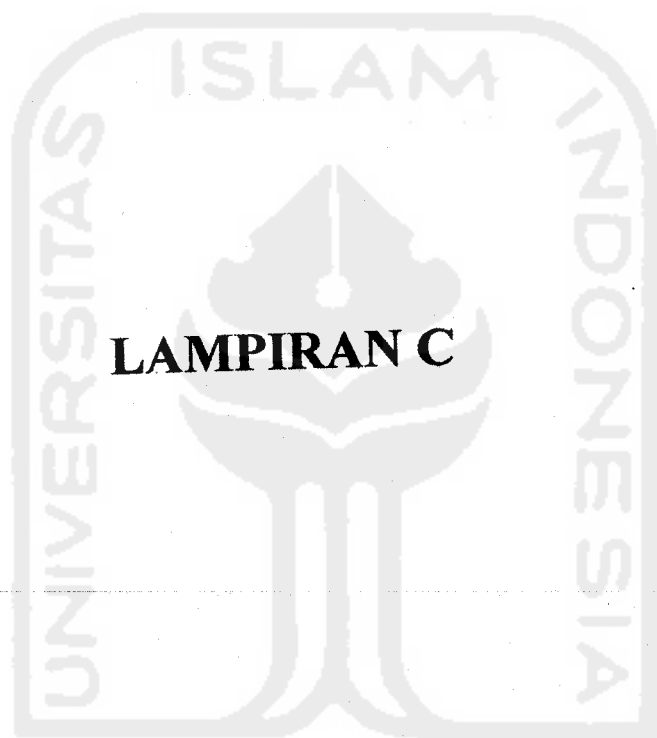
IV. KONTROL TEGANGAN										
1.	Saat Transfer (tampang bruto, tulangan non-prategang belum bekerja)									
3	Propertis penampang - luas tampang (Ac) - Jarak garis netral ke serat atas (ct) - Jarak garis netral ke serat bawah (cb) - Momen inertia (I <sub>g</sub> ) - Modulus penampang bagian atas (st) - Modulus penampang bagian bawah (sb) - radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> ) - e ditengah bentang	mm <sup>2</sup> mm <sup>2</sup> mm <sup>2</sup> mm <sup>4</sup> mm <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> mm <sup>2</sup> mm	812.812.5000 780.7749 780.7749 165.166.040.039.0630 211.541.187.4153 211.541.187.4153 203.203.1250 500.0000	812.812.5000 780.7749 780.7749 165.166.040.039.0630 211.541.187.4153 211.541.187.4153 203.203.1250 500.0000	812.812.5000 780.7749 780.7749 165.166.040.039.0630 211.541.187.4153 211.541.187.4153 203.203.1250 500.0000	812.812.5000 780.7749 780.7749 165.166.040.039.0630 211.541.187.4153 211.541.187.4153 203.203.1250 500.0000	812.812.5000 780.7749 780.7749 165.166.040.039.0630 211.541.187.4153 211.541.187.4153 203.203.1250 500.0000	812.812.5000 780.7749 780.7749 165.166.040.039.0630 211.541.187.4153 211.541.187.4153 203.203.1250 500.0000	812.812.5000 780.7749 780.7749 165.166.040.039.0630 211.541.187.4153 211.541.187.4153 203.203.1250 500.0000	812.812.5000 780.7749 780.7749 165.166.040.039.0630 211.541.187.4153 211.541.187.4153 203.203.1250 500.0000
c	Tegangan yang terjadi - serat atas - serat bawah	MPa MPa	(aman) (aman)	(aman) (aman)	(aman) (aman)	(aman) (aman)	(aman) (aman)	(aman) (aman)	(aman) (aman)	(aman) (aman)
2.	Saat Layan (tampang transformasi tulangan non-prategang sudah bekerja) - Gaya Prategang efektif (Pe) - baja non-prategang sudah bekerja dan leleh - Momen total prategang - Momen total non-prategang	KN KN KN	7.203.5870 4.815.8218 535.0913	7.203.5870 4.815.8218 535.0913	7.203.5870 4.815.8218 535.0913	7.203.5870 4.815.8218 535.0913	7.203.5870 4.815.8218 535.0913	7.203.5870 4.815.8218 535.0913	7.203.5870 4.815.8218 535.0913	7.203.5870 4.815.8218 535.0913
a	Prategang - luas tampang (Ac) - Jarak garis netral ke serat atas (ct) - Jarak garis netral ke serat bawah (cb) - e prategang - Momen inertia (I <sub>trns</sub> ) - Modulus penampang bagian atas (st) - Modulus penampang bagian bawah (sb) - radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> ) - Tegangan serat atas - Tegangan serat bawah	mm <sup>2</sup> mm <sup>2</sup> mm <sup>2</sup> mm <sup>4</sup> mm <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> mm <sup>2</sup> MPa MPa	845.686.4728 800.7787 760.7710 479.9962 173.295.728.363.9370 216.409.012.7324 207.789.696.0151 204.675.2061 -14.7837 -2.5468	845.686.4728 800.7787 760.7710 479.9962 173.295.728.363.9370 216.409.012.7324 207.789.696.0151 204.675.2061 -14.7837 -2.5468	845.686.4728 800.7787 760.7710 479.9962 173.295.728.363.9370 216.409.012.7324 207.789.696.0151 204.675.2061 -14.7837 -2.5468	845.686.4728 800.7787 760.7710 479.9962 173.295.728.363.9370 216.409.012.7324 207.789.696.0151 204.675.2061 -14.7837 -2.5468	845.686.4728 800.7787 760.7710 479.9962 173.295.728.363.9370 216.409.012.7324 207.789.696.0151 204.675.2061 -14.7837 -2.5468	845.686.4728 800.7787 760.7710 479.9962 173.295.728.363.9370 216.409.012.7324 207.789.696.0151 204.675.2061 -14.7837 -2.5468	845.686.4728 800.7787 760.7710 479.9962 173.295.728.363.9370 216.409.012.7324 207.789.696.0151 204.675.2061 -14.7837 -2.5468	845.686.4728 800.7787 760.7710 479.9962 173.295.728.363.9370 216.409.012.7324 207.789.696.0151 204.675.2061 -14.7837 -2.5468

Beban-beban :

b	Beton Bertulang	mm <sup>2</sup>	825.920,6637	836.407,1946	844.272,0928
	- luas tampang (Ac)	mm	791,5794	799,9792	806,1422
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	769,9703	761,5705	755,4076
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	489,1954	480,7956	474,6327
	- e prategang	mm <sup>4</sup>	171.144.659,491.6840	175.792.631.584.8360	179.202.838.047.2230
	- Momen inerti (Itrans)	mm <sup>3</sup>	216,215.556.7081	219.746.495.3636	222.296.821.7179
	- Modulus penampang bagian atas (s <sub>u</sub> )	mm <sup>3</sup>	222,214.365.8662	230.829.102,9719	237.226.693,8854
	- Modulus penampang bagian bawah (s <sub>b</sub> )	mm <sup>3</sup>	207.216.8273	210.175.8950	212.257,2390
	- Modulus geser/bangkit rusa (s <sub>r</sub> )	MPa	-2,4749	-4,8701	-6,0178
	- Tegangan serat atas	MPa	2,4073	4,6363	5,6390
	- Tegangan serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- Tegangan yang terjadi	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- serat bawah				
VI.1	Lendutan Jangka Pendek	KN	7.926,0551	7.072,4800	6.584,7227
	- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	mm	-49,5463	-44,2105	-41,1615
	- Berat Jangka Atas-Chamber (W <sub>1</sub> )	KN/m <sup>3</sup>	27,3736	27,3736	27,3736
	- Berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	mm	27,4312	27,4312	27,4312
	- Lendutan Ke Bawah (w <sub>D</sub> )	mm (↓)			
	- Total Lendutan Jangka Pendek (δ <sub>T</sub> )				
VI.2	Lendutan Jangka Panjang	KN/m	5.405,3636	5.984,9179	5.698,7261
	- M <sub>0</sub>	KN/m	5.350,9131	5.350,9131	5.350,9131
	- Momen beban hidup maks tak terfaktor (M <sub>3</sub> )	(belum retak)	(belum retak)	(bruto)	(bruto)
	- Koreksi Penampang		0,0086	0,0086	0,0030
	- Analisis lendutan berdasarkan penampang		0,0058	0,0058	0,0077
	- Rasio penguat prategang (np)	mm	61.544,637	66.111,118	69.564,118
	- Rasio penguat beton (n <sub>b</sub> )	mm	1,1185	1,1185	1,0850
	- Rasio krus (k <sub>r</sub> )	mm <sup>4</sup>	206.535.732.341,0550	185.826.033.044,9700	
	- Momen				
	- Momen efektif (I <sub>e</sub> )				

Beban-beban :					
- Prategang	kN/m'	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970
- akibat beban mati	kN/m'	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
- akibat beban gelagar	kN/m'	13,3017	13,3017	13,3017	13,3017
- akibat beban hidup	kN/m'	13,3017	13,3017	13,3017	13,3017
- Beton bertulang	kN/m'	13,3017	13,3017	13,3017	13,3017
- akibat beban hidup	kN/m'	13,3017	13,3017	13,3017	13,3017
Lendutan dasar	mm				
- Lendutan Akibat Beban Mati (δD)	mm	24,2199	24,2199	24,2199	24,2199
- Lendutan Akibat Berat Gelagar (δG)	mm	18,2596	18,2596	18,2596	18,2596
- Lendutan Akibat Beban Hidup (δL)	mm	13,3017	13,3017	13,3017	13,3017
- Lendutan Akibat Beban Hidup (δL)	mm	13,3017	13,3017	13,3017	13,3017
Metode Pengali PCI					
<b>Faktor pengali PCI</b>					
- Akibat Chamber		1,5787	1,4516	1,3801	1,3801
- Akibat beban mati		1,6149	1,4799	1,4039	1,4039
- Akibat beban sendiri		2,4468	2,1291	1,9503	1,9503
- Lendutan Total (δT)	mm (L)	29,9886	34,9592	37,2238	37,2238
- Lendutan Total (δT)	mm	104,1667	104,1667	104,1667	104,1667
- Batas Lendutan < L/240	mm				
<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>					
- Koefisien Koreksi Rangkak (Kr)		0,7234	0,5645	0,4751	0,4751
a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan					
- Kehilangan Prategang Total (ΔP)	kN	1,626,7072	1,316,8009	1,154,3120	1,154,3120
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	kN	7,203,5870	6,562,5385	6,181,6247	6,181,6247
- LOF	%	18,4219	16,7121	15,7350	15,7350
- Faktor Pengal Lendutan Jangka Panjang (λ)		0,9079	0,9164	0,9213	0,9213
- Waktu (t)	Hari	90	90	90	90
- Koefisien Rangkak Ulimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,4054	1,4054	1,4054	1,4054
- Faktor Bersihan Umur Beton (Ka)		0,7350	0,7350	0,7350	0,7350
Lendutan yang terjadi					
- akibat chamber	mm	78,2978	-63,9951	-56,3347	-56,3347
- akibat beban gelagar	mm	38,5253	30,7409	30,4527	30,4527
- akibat beban mati	mm	42,3189	38,3446	36,1078	36,1078
- akibat beban hidup	mm	24,4182	24,4182	24,4182	24,4182





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

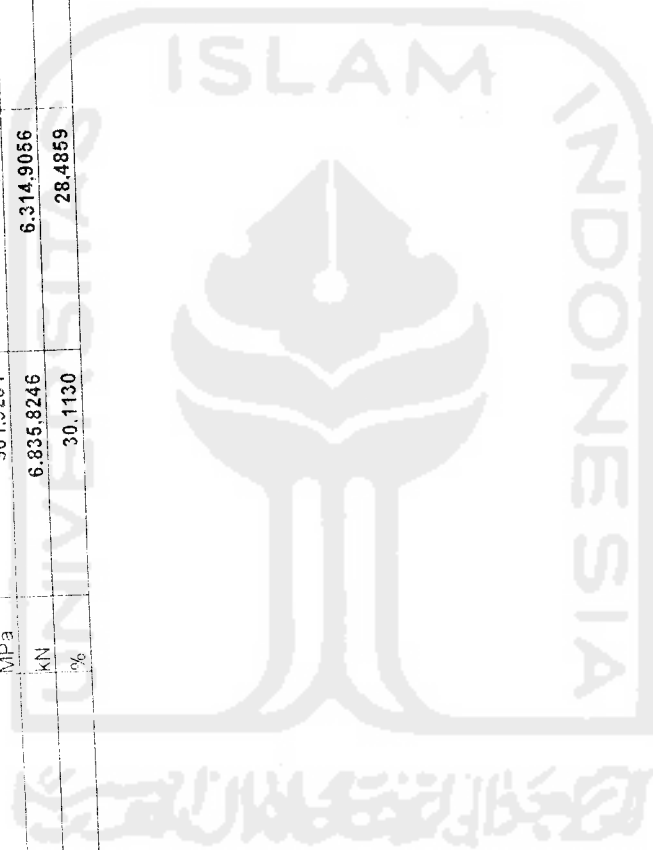
Tabel C.1.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 2,00$

No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
<b>I Data</b>						
1	Tendon :					
	- Tegangan Ulimit Tendon (fpu)	MPa	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000
2	Beton					
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45.0000	45.0000	45.0000	45.0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42.7500	42.7500	42.7500	42.7500
	- modulus ruptur (fr)	MPa	4.6957	4.6957	4.6957	4.6957
3	Modulus Elastisitas					
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
4	Angka perbandingan modular					
	a. saat transfer		6.4432	6.4432	6.4432	6.4432
	- nps					
	b. saat layan					
	- nps		6.2800	6.2800	6.2800	6.2800
	- ns		6.3435	6.3435	6.3435	6.3435
5	Baja prategang ASTM strand type 13 mm					
	- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98.7000	98.7000	98.7000	98.7000
	- jumlah kabel yang digunakan	btg				
	- luas baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106.4000	6.415.5000	5.724.6000	5.329.8000
	- Gaya Prategang awal (Pi)	kN	9.781.2400	8.650.2942	7.879.3394	7.335.9367
6	Tulangan Non-Prategang D25					
	- tegangan leleh	MPa		400.0000	400.0000	400.0000
	- regangan leleh			0.0020	0.0020	0.0020
	- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>		492.6350	492.6350	492.6350
	- jumlah tulangan non-prategang yang dipakai	btg				
	- luas tulangan non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>		2.453.1260	4.415.6250	5.657.5500

ii Data Struktur									
- bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
- luas penampang (A <sub>o</sub> )	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000
- momen inertiya bruto (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	364.912.297.827,3500	364.912.297.827,3500	364.912.297.827,3500	364.912.297.827,3500	364.912.297.827,3500	364.912.297.827,3500	364.912.297.827,3500	364.912.297.827,3500
- radius girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	448.950,1550	448.950,1550	448.950,1550	448.950,1550	448.950,1550	448.950,1550	448.950,1550	448.950,1550
- eksentrisitas ditengah bentang (e <sub>c</sub> )	mm	730,0000	730,0000	730,0000	730,0000	730,0000	730,0000	730,0000	730,0000
iii Kehilangan Tegangan Sesaat									
- Kehilangan akibat Pergeseran Angkur	mm	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000	6,5000
- pergeseran angkur	MPa	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800	51,4800
- Δf <sub>p</sub>	MPa	-	-	-	-	-	-	-	-
iv Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton									
3. Kehilangan Akibat Gesekan									
- tendon parabola (α)	rad	0,2336	0,2336	0,2336	0,2336	0,2336	0,2336	0,2336	0,2336
- koefisien Wobble (K)		0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
- koefisien kelengkungan (μ)		0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
- Δf <sub>pF</sub>	MPa	104,6615	104,6615	104,6615	104,6615	104,6615	104,6615	104,6615	104,6615
v Keadaan setelah Kehilangan sesaat									
- Total Kehilangan Tegangan (Δf <sub>pT</sub> )	MPa	156,1415	156,1415	156,1415	156,1415	156,1415	156,1415	156,1415	156,1415
- Tegangan tendon (f <sub>pi</sub> )	MPa	1.220,2585	1.220,2585	1.220,2585	1.220,2585	1.220,2585	1.220,2585	1.220,2585	1.220,2585
- Gaya Prestegang (P <sub>i</sub> )	kN	8.671,6463	7.828,5687	7.828,5687	6.985,4921	6.985,4921	6.503,7340	6.503,7340	6.503,7340
vi Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan									
- Akibat Relaksasi baja									
- var <sub>1</sub> (hari)	hari	90	90	90	90	90	90	90	90
- var <sub>2</sub> (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>pR</sub>	MPa	20,0576	20,0576	20,0576	20,0576	20,0576	20,0576	20,0576	20,0576
vii Akibat Rangkak									
- pasca tarik (K <sub>cr</sub> )		1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
- momen akibat beban mati saat transfer (M <sub>D</sub> )	kNm	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654	2.138,5654
- momen akibat beban tumpul sebelum yg dapat transfer	kNm	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477
- f <sub>cr</sub>	MPa	16,0542	16,0542	16,0542	16,0542	16,0542	16,0542	16,0542	16,0542
- f <sub>cs</sub>	MPa	6,4262	6,4262	6,4262	6,4262	6,4262	6,4262	6,4262	6,4262

- $\Delta f_pCR$	MPa	126,8859	104,0928	81,2996	68,2749
- tambahan tegangan ( $\Delta fSD$ )	MPa	41,4053	41,4053	41,4053	41,4053
<b>3 Akibat Susut</b>					
- regangan susut ultimit (perawatan basah 7 hari)	MPa	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- $\Delta f_pSH$	MPa	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172
<b>4 Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_pT</math></b>					
- keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	203,8354	181,0623	158,2691	145,2444
- tegangan efektif fpe	MPa	1,016,4031	1,039,1963	1,061,9895	1,075,0141
- gaya prategang efektif Pe	kN	7,222,9571	6,666,9638	6,079,4649	5,729,6103
- LOF	%	26,1560	24,4990	22,8430	21,8967
<b>IV Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun</b>					
<b>Akibat Relaksasi baja</b>					
- waktu (hari)	hari	365	365	365	365
- waktu (jam)	jam	8,760	8,760	8,760	8,760
- $\Delta f_pR$	MPa	1,2757	1,5067	1,7467	1,8878
<b>2 Akibat Rangkak</b>					
(stabil, tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan)					
<b>3 Akibat Susut</b>					
- regangan susut ultimit (perawatan basah 7 hari)	MPa	3,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- $\Delta f_pSHi$	MPa	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571
- $\Delta f_pSH$	MPa	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399
<b>4 Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_pT</math></b>					
- keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	40,6156	40,8466	41,0866	41,2277
- tegangan efektif fpe	MPa	975,7875	998,3496	1,020,9029	1,033,7865
- gaya prategang efektif Pe	kN	6,934,3364	6,404,9122	5,844,2607	5,509,8752
- LOF	%	29,1058	27,4666	25,8280	24,8920
<b>IV Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun</b>					
<b>Akibat Relaksasi baja</b>					
- waktu (hari)	hari	1095	1095	1095	1095
- waktu (jam)	jam	26,280	26,280	26,280	26,280
- $\Delta f_pR$	MPa	0,6352	0,8623	1,0302	1,1386

2. Akibat Rangkak						
stabil tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan)						
		8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	
3. Akibat Susut		150,8243	150,8243	150,8243	150,8243	
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari)	MPa				
	- $\Delta f_{csH}$	13,1672	13,1672	13,1672	13,1672	
	- $\Delta f_{cs}$	13,8624	14,0296	14,0296	14,3058	
	- Kehilangan Tegangan total $\Delta f_{pT}$					
	- sebaran setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	961,9251	984,3201	1,006,6996	1,019,4806
	- regangan efektif $f_{pe}$	KN	6,835,8246	6,314,9056	5,762,9517	5,433,6279
	- gaya prategang efektif $P_e$	%	30,1130	28,4859	26,8600	25,9314
	- LOF					



Tabel C.1.2 Prategang Penuh  $h/b = 2,00$

I.	Data		
1	Bentang balok	25,0000	m
2	Jarak antar balok	5,0000	m
3	Baja Prategang		
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	1.860,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	1.581,0000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	1.376,4000	Mpa
4	Beton		
	- tegangan tekan ( $f_c$ )	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer $f_{ci} = 0,95 f_c$	42,7500	Mpa
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer		
	- serat tekan ( $f_{ct}$ )	-25,6500	Mpa
	- serat tarik ( $f_{ti}$ )	1,6346	Mpa
	b. saat layan		
	- serat tekan ( $f_{cs}$ )	-20,2500	Mpa
	- serat tarik ( $f_{ts}$ )	3,3541	Mpa
	- serat tekan ( $f_{cs}$ ) seluruh	-27,0000	Mpa
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang $R = 1 - LOF$	0,8000	
6	Baja Non-Prategang (fpy)	400,0000	Mpa
7	Modulus elastisitas		
	- Baja Prategang (Eps)	198.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang (Es)	200.000,0000	Mpa
	- Beton ( $E_c$ )	31.528,5585	Mpa
	- Beton saat transfer ( $E_{ci}$ )	30.730,2376	Mpa
8	Modulus ruptur (fr)	4,6957	Mpa
9	Angka perbandingan modular		
	a. saat transfer		
	- nps	6,4432	
	b. saat layan		
	- nps	6,2800	
	- ns	6,3435	
10	Beban dan berat isi		
	- beban berguna auditorium (WL)	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- berat isi :		
	- beton	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- spesi per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	35,0000	%
12	Baja prategang ASTM strand type 13 mm		
	- luas 1 kabel	98,7000	mm <sup>2</sup>
	- diameter selubung	127,0000	mm
	- luas selubung	12.661,2650	mm <sup>2</sup>
II.	Beban dan Momen Balok		
1	Beban mati (wD)	24,7970	kN/m'
	- pelat 20 cm	20,2400	kN/m'
	- traso 3 cm	0,0360	kN/m'
	- spesi 2 cm	0,0210	kN/m'
	- pasir 5 cm	4,5000	kN/m'

2	Beban Hidup (wL)	25.0000	kN/m <sup>2</sup>
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan		kN/m <sup>2</sup>
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.320,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.006,1680	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5156	kNm
<b>III. Besaran Penampang I Simetris untuk h/b = 2</b>			
1	Luas penampang Persegi h/b = 2 (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- h/b		
	- Tinggi Penampang (h = ( Ac persegi / 0,22 ) <sup>1/2</sup> )	1.922,1348	mm
	- Tinggi Flens atas (hf1)	192,2135	mm
	- Tinggi Flens bawah (hf2)	192,2135	mm
	- Tinggi Web (hw)	1.537,7079	mm
	- lebar Penampang (b)	961,0674	mm
	- Lebar Flens atas (bf1)	961,0674	mm
	- Lebar Flens bawah (bf2)	961,0674	mm
	- Lebar Web (bw)	286,3202	mm
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6947	kN/m <sup>2</sup>
3	Jarak garis netral :		
	- ke serat atas (ct)	961,0674	mm
	- ke serat bawah (cb)	961,0674	mm
4	Tegangan tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-12,0077	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	9.760,0139	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	7.090,9720	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	71,6437	btg
	- jumlah kabel yang digunakan		btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg )		bh
	- luas tendon yang digunakan	7.106,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	Inersia penampang (I) yang digunakan	364.912.297.627,3500	mm <sup>4</sup>
	- Serat Atas (St)	379.694.799,4603	mm <sup>3</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	379.694.799,4603	mm <sup>3</sup>
9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	734,6788	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)		mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	231,0674	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dip)	1.691,0674	mm
<b>IV. Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>			
<b>IV.1. Saat Transfer (Pakai penampang bruto )</b>			
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	961,0674	mm

*Prategang Puncuk*

	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	961,0674	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	730,0000	mm
	- Momen Inertia bruto (I <sub>g</sub> )	364.912.297.827,3500	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	448.950,1550	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	379.694.799,4603	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	379.694.799,4603	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja	1.460,5225	kNm
	- Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	2.138,5654	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (Mo)		
3	Tegangan yang terjadi :		MPa
	- serat atas (ft)	aman	
	Cek tegangan (ft) < fti		MPa
	- serat bawah (fb)	aman	
	Cek tegangan (fb) < fci		
IV.2.	Saat Layan (Pakai penampang transformasi)	7.222,9671	
	- Gaya prategang efektif (Pe)		
1	Propertis Penampang :	650.334,4391	mm <sup>2</sup>
	- Luas penampang (Ac)	993,2795	mm
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	928,8554	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	697,7879	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)		
	- Momen Inertia transformasi	256.074.411.581,1990	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	301.145,5256	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	273.638.145,2223	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	257.807.013,6849	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja	5.350,9131	kNm
	- Momen Total (MT)		
3	Tegangan yang terjadi :		MPa
	- serat atas (ft)	aman	
	Cek tegangan (ft) < fti		MPa
	- serat bawah (fb)	aman	
	Cek tegangan (fb) < fci		
V.	Momen Kapasitas Penampang	0,7300	
1	Koefisien Beton karena $f_c > 30 \text{ Mpa}$ ( $\beta_1$ )		
2	Tegangan baja (fps)	1.581,0000	MPa
	- tegangan leleh (fpy = 0,85 fpu)	0,0044	
	- rasio tulangan prategang	0,4000	
	- koefisien jenis baja prategang		
	- tegangan pengganti tegangan leleh (fps)	1.675,8018	MPa
	- Dipakai fps		MPa
3	Beton Tekan	570,2691	mm
	- tinggi blok tekan (a)	Badan	
	- Garis netral pada :		
	- lengan beton tekan bagian sayap (z1)	1.594,9607	mm
	- lengan beton tekan bagian badan (z2)	1.405,9329	mm
	- Luas Blok Tekan Bagian Sayap (Apf)	129.311,0795	mm <sup>2</sup>
	- Luas Blok Tekan bagian badan (Apw)	164.420,1205	mm <sup>2</sup>
		4.946,1488	kN
	- gaya tekan bagian sayap (c1)		



	- Gaya Tekan Bagian Total (C2)	6.289,0696	kN
4	Periksa rasio prategang		
	- syarat batas 0,36 B1	0,2628	
	- Rasio Tulangan Bagian Badan ( $\rho_{pw}$ )	0,3372	
	- rasio prategang	11,8478	
	- kapasitas dihitung berdasarkan	C (Tekan)	
5	Momen Nominal penampang (Mn tersedia)		kNm
6	Momen yang bekerja		
	- Momen terfaktor (Mu)	7.202,3457	kNm
	- Momen Nominal perlu (Mn perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )		kNm
VI.	Analisis Lendutan Penampang		
VI.1.	Lendutan Jangka Pendek		
	- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	8.671,6453	kN
	- Lendutan Ke Atas/Chamber ( $\delta_{pi}$ )	-36,7518	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3736	kN/m'
	- Lendutan Ke Bawah ( $\delta_{D}$ )	12,4159	mm
	- Total Lendutan Jangka Pendek ( $\delta_T$ )		mm (↓)
VI.2.	Lendutan Jangka Panjang		
	Lendutan dasar		
	- Lendutan Akibat Beban Mati ( $\delta_D$ )	10,9624	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar ( $\delta_G$ )	8,2646	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup ( $\delta_L$ )	11,0521	mm
1	Metode Pengali PCI		
	Faktor pengali PCI		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,8500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	- Lendutan Total ( $\delta_T$ )	-10,9267	mm (↑)
	- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
2	Metode Langkah Waktu Pendekatan		
	- Koefisien Koreksi Rangkak (Kr)	1,0000	
	a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan		
	- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.558,2819	kN
	- Gaya Prategang efektif Pe	7.222,9671	kN
	- LOF	26,1550	%
	- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8692	
	- Waktu (t)	90	Hari
	- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
	- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,4054	
	- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,7350	
	- Lendutan yang terjadi		
	- akibat chamber	-58,4520	mm
	- akibat beban gelagar	19,8797	mm
	- akibat beban mati	22,2867	mm
	- akibat beban hidup	11,0521	mm
	- Lendutan Total ( $\delta_T$ )		mm (↓)
	- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
	b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun		

*Prategang Pondasi*

- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.598,8975	kN
- Gaya Prategang efektif $P_e$	6.934,3364	kN
- LOF	29,1058	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8671	
- Waktu (t)	365	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2.3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,8215	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,6231	
- Lendutan yang terjadi	-63,5824	mm
- akibat chamber	23,3186	mm
- akibat beban gelagar	23,4044	mm
- akibat beban mati	11,0521	mm
- akibat beban hidup		mm (i)
- Lendutan Total ( $\delta_{\Sigma}$ )	104,1667	mm
- Batas Lendutan < L/240		Bulan
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>		
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.612,7599	kN
- Gaya Prategang efektif $P_e$	6.835,8246	kN
- LOF	30,1130	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8664	
- Waktu (t)	1.095	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	2,0433	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,5473	
- Lendutan yang terjadi	-67,5906	mm
- akibat chamber	25,1520	mm
- akibat beban gelagar	23,2227	mm
- akibat beban mati	11,0521	mm
- akibat beban hidup		mm
- Lendutan Total ( $\delta_{\Sigma}$ )	104,1667	mm
- Batas Lendutan < L/240		

Prategang Pem-h

9	Beban dan berat isi							
	- beban berguna auditorium (WL)	kN/m <sup>2</sup>	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- Beban mati (wD)	kN/m <sup>2</sup>	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	kN/m <sup>2</sup>	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
	- Total beban	kN/m <sup>2</sup>	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917
10	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	%	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000
11	Baja prategang ASTM strand type 13 mm							
	- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- diameter selubung	mm	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000
	- luas selubung	mm <sup>2</sup>	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650
	- jumlah kabel yang dipakai ( 100% )	brg	72	72	72	72	72	72
	- luas kabel yang dipakai ( 100% )	mm <sup>2</sup>	7,105,4000	7,105,4000	7,105,4000	7,105,4000	7,105,4000	7,105,4000
12	Tulangan Non-Prategang							
	- tegangan leleh	MPa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- diameter	mm	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- tegangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
13	Momen-momen yang bekerja							
	- saat transfer	kNm	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654
	- saat layan / momen total	kNm	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131
	- momen terfaktor (Mu)	kNm	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457
	- momen nominal (Mn)	kNm	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321
14	ukuran balok							
	- tinggi penampang (h)	mm	1,922,1348	1,922,1348	1,922,1348	1,922,1348	1,922,1348	1,922,1348
	- lebar penampang (b)	mm	961,0674	961,0674	961,0674	961,0674	961,0674	961,0674
	- Tinggi Flens atas (hf1)	mm	192,2135	192,2135	192,2135	192,2135	192,2135	192,2135
	- Tinggi Flens bawah (hf2)	mm	192,2135	192,2135	192,2135	192,2135	192,2135	192,2135
	- Tinggi Web (hw)	mm	1,537,7079	1,537,7079	1,537,7079	1,537,7079	1,537,7079	1,537,7079
	- lebar Flens atas (bf1)	mm	961,0674	961,0674	961,0674	961,0674	961,0674	961,0674
	- Lebar Flens bawah (bf2)	mm	961,0674	961,0674	961,0674	961,0674	961,0674	961,0674
	- lebar Web (bw)	mm	288,3202	288,3202	288,3202	288,3202	288,3202	288,3202

<b>II. PRATEGANG PARSIAL</b>					
- tendon yang digunakan					
- jumlah tendon	btg	64,8000	57,6000		54,0000
- jumlah tendon digunakan	btg				
- luas tendon	mm <sup>2</sup>	6,415,5000	5,724,6000		5,329,8000
<b>III. Gaya Prategang</b>					
- gaya prategang awal (P <sub>0</sub> )	KN	3,830,2942	7,879,3394		7,335,9367
- gaya prategang efektif (P <sub>e</sub> )	KN	7,064,2354	6,303,4716		5,868,7494
- defleksi tangkap tahanan (δ <sub>1</sub> )	mm	231,0674	231,0674		231,0674
- tinggi Efektif Penampang (d <sub>p</sub> )	mm	1,551,0674	1,691,0674		1,591,0674
<b>III. TULUHAN PRATEGANG dan KAPASITAS PENAMPANG</b>					
- Tinggi Efektif Penampang Prategang (d <sub>p</sub> )	mm	1,691,0674	1,691,0674		1,691,0674
- Tinggi efektif non-prategang (d <sub>n</sub> )	mm	1,822,1348	1,822,1348		1,822,1348
- modulus Beton karena f <sub>ck</sub> > 30 MPa (β <sub>1</sub> )		0,7300	0,7300		0,7300
- Tegangan leleh pengganti baja prategang (f <sub>ps</sub> )	MPa	1,581,0000	1,581,0000		1,581,0000
<b>IV. Gaya-gaya dalam</b>					
- Gaya tekan C1 = 0,85 f <sub>c</sub> β <sub>1</sub> - b <sub>w</sub> d <sub>n</sub> <sup>2</sup>	N	4,946,148,7926	4,946,148,7926		4,946,148,7926
- teggi blok tekan sayap a	mm	230,2185	218,7667		217,4465
- Gaya tekan C2 = 0,85 f <sub>c</sub> b <sub>w</sub> a	N	2,538,608,6660	2,412,613,8934		2,398,054,1125
<b>V. Resultan gaya tekan</b>					
- gaya-gaya tekan	N	7,485,055,6587	7,358,762,6861		7,344,202,9052
- lengan dari atas	mm	102,5523	100,4596		100,2263
<b>VI. Gaya tarik</b>					
- gaya prategang (T <sub>ps</sub> = A <sub>ps</sub> f <sub>ps</sub> )	N	10,142,925,5000	9,050,592,6000		8,426,413,6000
- gaya non-prategang					
- uji coba (D25)	btg				
- luas	mm <sup>2</sup>	2,453,1260	4,415,6250		5,887,5100
- T <sub>s</sub> = A <sub>s</sub> f <sub>y</sub>	N	601,250,0000	1,766,250,0000		2,365,000,0000
<b>VII. Keseimbangan Gaya-gaya dalam (C = T<sub>ps</sub> + T<sub>s</sub>)</b>					
- gaya tekan	KN	315,2070	399,6805		307,8719
- gaya tarik	KN	6,0145	6,0752		6,0145
				(tekn)	(tekn)

	- rasio tulangan prategang		0,0035	0,0033	
	- syarat batas (0,36 β <sub>1</sub> )		0,2628	0,2628	
	- rasio prategang		0,1387	0,1238	
	- kapasitas dihitung berdasarkan		T (Tarik)	T (Tarik)	
7	Momen Nominal				
	- lengan gaya e balam :	mm	1.598.5151	1.590.6078	1.590.8411
	- z <sub>1</sub>	mm	1.719.5825	1.721.5753	1.721.9085
	- z <sub>2</sub>	kNm	17.799.4987	17.436.8526	17.460.1798
	- Momen nominal (Mn)		(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)
	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )	kNm			
IV.	<b>KONTROL TEGANGAN</b>				
1.	<b>Saat Transfer</b>				
	(tampang beton tulangan non-prategang belum bekerja )				
a.	Propertis penampang	mm <sup>2</sup>	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
	- luas tampang (Ac)	mm	961.0674	961.0674	961.0674
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	961.0674	961.0674	961.0674
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm <sup>4</sup>	364.912.297.827.3500	364.912.297.827.3500	364.912.297.827.3500
	- Momen Inersia (I <sub>g</sub> )	mm <sup>3</sup>	379.694.799.4603	379.694.799.4603	379.694.799.4603
	- Modulus serampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	379.694.799.4603	379.694.799.4603	379.694.799.4603
	- Modulus serampang bagian bawah (sb)	mm <sup>2</sup>	448.950.1550	448.950.1550	448.950.1550
	- radius giras bingkai dua (r <sup>2</sup> )	mm	730.0000	730.0000	730.0000
	- e ditengan bentang	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
5.	Tegangan yang terjadi	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- serat bawah		(aman)	(aman)	(aman)
2.	<b>Saat Layan</b>				
	- Jarak antara tulangan non-prategang sudah bekerja	mm	6.226.2222	6.226.2222	6.226.2222
	- Gaya Prategang efektif (P <sub>e</sub> )				
	- baja non-prategang sudah bekerja dan laah				

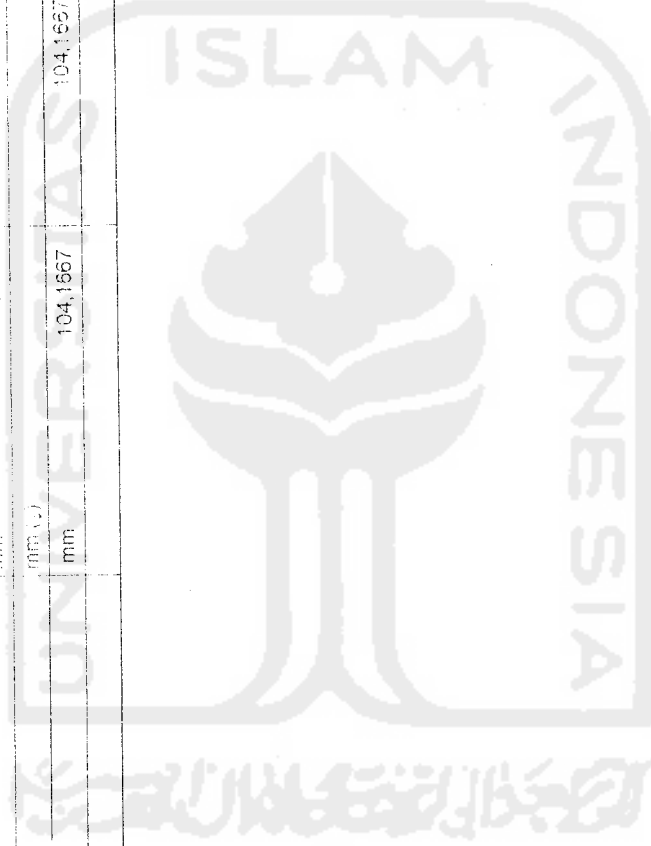
	- Momen total prategang	KN	4.815,8218	4.260,7305	4.013,1848
	- Momen total non-prategang	KN	535,0913	1.070,1826	1.337,7283
a	Prategang				
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	846.686,4728	843.038,5065	840.953,9543
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	990,2730	987,2406	985,4959
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	931,8618	934,8942	936,6389
	- e prategang	mm	700,7944	703,6268	705,5715
	- Momen inerti (I trans)	mm <sup>4</sup>	562.665.034.230,0990	562.222.426.144,5530	561.967.763.169,9370
	- Momen penampang bagian atas (st)	mm <sup>4</sup>	568.191.820,7116	569.486.775,7629	570.233.561,9108
	- Momen penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>4</sup>	603.807,395,8794	601.375.425,9438	599.983,397,5651
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	664,549,4552	666,900,0547	668,250,3605
	- Tegangan serat atas	MPa	-8,1270	-7,2146	-6,7616
	- Tegangan serat bawah	MPa	-7,6363	-7,2083	-6,8623
b	Beton Bertulang				
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	825,920,6637	836,407,1946	844,272,0928
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	974,7334	985,3578	993,1528
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	947,4014	936,7771	928,9820
	- e prategang	mm	716,3340	705,7097	697,9146
	- Momen inerti (I trans)	mm <sup>4</sup>	561.832.793,640,6430	564.535.345,237,0250	566.503.527,189,5690
	- Momen penampang bagian atas (st)	mm <sup>4</sup>	576.416,895,9589	572.924,333,6397	570.409,211,8776
	- Momen penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>4</sup>	593,046,171,7701	602,635,747,3063	609,811,101,5106
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	680,374,5328	674,952,7609	670,996,3909
	- Tegangan serat atas	MPa	-0,9283	-1,8679	-2,3452
	- Tegangan serat bawah	MPa	0,9023	1,7758	2,1937
c	Tegangan yang terjadi				
	- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
VI.	Lendutan Jangka Pendek				
	- lendutan akibat beban merata	mm	1,037,5697	1,037,5697	1,037,5697
	- lendutan akibat beban titik	mm	1,037,5697	1,037,5697	1,037,5697
	- lendutan Ke Atas/Chamber	mm	1,037,5697	1,037,5697	1,037,5697

- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	kN/m'	27.3736	27.3736	27.3736	27.3736
- Lentutan Ke Bawah (SD)	mm	12.4159	12.4159	12.4159	12.4159
- Total Lentutan Jangka Pendek (δT)	mm (%)				
<b>VI.2. Lentutan Jangka Panjang</b>					
- M <sub>cr</sub>	kNm	12.261.9844	11.439.5371	10.947.8405	
- Momen beban hidup maks tak terfaktor Ma	kNm	5.350.9131	5.350.9131	5.350.9131	(belum retak)
- Kondisi Penampang		(belum retak)	(bruto)	(bruto)	
- Analisis lentutan berdasarkan penampang					
Beban-beban:					
- Prategang	kN/m	24.7970	24.7970	24.7970	24.7970
- akibat beban mati	kN/m'	18.6947	18.6947	18.6947	18.6947
- akibat beban gelagar					
- akibat beban hidup					
- Beton bertulang					
- akibat beban hidup					
Lentutan dasar					
- Lentutan Akibat Beban Mati (δD)	mm	10.9624	10.9624	10.9624	10.9624
- Lentutan Akibat Berat Gelagar (δG)	mm	8.2646	8.2646	8.2646	8.2646
- Lentutan Akibat Beban Hidup (δL)	mm				
Metode Pengalah PCI					
Faktor pengali PCI		1.5787	1.4516	1.3801	
- Akibat Chamber		1.5149	1.4759	1.4039	
- Akibat beban mati		2.4468	2.1291	1.9503	
- Akibat beban sendiri					
- Lentutan Total (δ <sub>tot</sub> )	mm	104.1667	104.1667	104.1667	104.1667
- Batas Lentutan < L/240	mm				
Metode Langkah Waktu Pendekatan					
- Koefisien Koreksi Rangka (K <sub>f</sub> )		0.7234	0.6645	0.4751	
<b>a. Lentutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>					
- Kehilangan Prestressing Total (ΔP <sub>s</sub> )	kN	2.163.3304	1.799.8746	1.606.3264	
- Gaya Prategang efektif waktu t=0 (P <sub>0</sub> )	kN	1.636.6696	1.636.6696	1.636.6696	
- LOF	%	24.4990	22.8430	21.8967	

- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8775	0,8858	0,8905
- Waktu (t)	Har	90	90	90
- Koefisien Rangkap Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkap Waktu T (Ct)		1,4054	1,4054	1,4054
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,7350	0,7350	0,7350
- Lentutan yang terjadi				
- akibat emamber	mm	-45,3622	-37,0260	-32,5590
- akibat beban gelagar	mm	16,6659	14,8219	13,7634
- akibat beban mati	mm	19,1543	17,3655	16,3433
- akibat beban hidup	mm	11,0521	11,0521	11,0521
- Lentutan Total (st)	mm			
- Batas Lentutan $\leq$ L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>b. Lentutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta F$ )	kN	2,425,3820	2,035,0787	1,826,0615
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	kN	6,404,9122	5,844,2607	5,599,8752
- LOF	%	27,4666	25,8280	24,8920
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8627	0,8709	0,8755
- Waktu (t)	Har	365	365	365
- Koefisien Rangkap Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkap Waktu T (Ct)		1,8215	1,8215	1,8215
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,6231	0,6231	0,6231
- Lentutan yang terjadi				
- akibat emamber	mm	-46,9070	-37,6797	-32,7533
- akibat beban gelagar	mm	19,1546	16,7633	15,4114
- akibat beban mati	mm	19,9629	17,9665	16,8741
- akibat beban hidup	mm	11,0521	11,0521	11,0521
- Lentutan Total (st)	mm			
- Batas Lentutan $\leq$ L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>c. Lentutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta F$ )	kN	2,515,3886	2,116,3878	1,902,3089
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	kN	5,769,5190	5,369,5190	5,169,5190
- LOF	%	21,0050	20,6600	20,3314
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8576	0,8657	0,8703



	Hari	1.095	1.095	1.095
- Waktu (t)				1.095
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		2,0433	2,0433	2,0433
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,5473	0,5473	0,5473
- Lendutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-48,9076	-33,9581	-33,6622
- akibat beban gelagar	mm	20,4808	17,7963	16,2885
- akibat beban mati	mm	19,8314	17,6639	16,7676
- akibat beban hidup	mm	11,0521	11,0521	11,0521
- Lendutan Total (st)	mm (st)			
- Batas Lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667



Tabel C.2.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 2,25$

No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Data					
2	Tendon					
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	MPa	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000
3	Beton					
	- tegangan tekan (fci)	MPa	45.0000	45.0000	45.0000	45.0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fci)	MPa	42.7500	42.7500	42.7500	42.7500
	- modulus ruptur (fr)	MPa	4.6957	4.6957	4.6957	4.6957
3	Modulus Elastisitas					
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
4	Angka perbandingan modular					
	a. saat transfer		6,4432	6,4432	6,4432	6,4432
	- nps					
	b. saat awal		6,2600	6,2600	6,2600	6,2600
	- npi		6,3435	6,3435	6,3435	6,3435
	- n3					
5	Baja prategang ASTM strand type 13 mm					
	- luas kawat	mm <sup>2</sup>	98.7000	98.7000	98.7000	98.7000
	- jumlah kawat yang digunakan	btg				
	- luas baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106.4000	6.415.5000	5.724.6000	5.329.5000
	- gaya prategang awal (Pi)	kN	9.781.2400	8.630.2342	7.879.3394	7.335.9367
6	Material Non Prategang D25					
	- tegangan leleh	MPa	400.0000	400.0000	400.0000	400.0000
	- tegangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
	- luas prategang	mm <sup>2</sup>	490.6250	490.6250	490.6250	490.6250
	- luas kawat non-prategang yang dipakai	mm <sup>2</sup>				
	- luas kawat non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	2.453.1250	4.415.6250	5.887.5000	5.887.5000



- $\Delta f_{CR}$	MPa	130,7819	109,3262	85,8705	73,0387
- tambahan tegangan ( $\Delta f_{SD}$ )	MPa	38,5693	38,5693	38,5693	38,5693
<b>3 Akibat Susut</b>					
- regangan susut ultimit (perawatan basah 7 hari)	MPa	3,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- $\Delta f_{SH}$	MPa	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172
- Kehilangan Tegangan total $\Delta f_{PT}$	MPa	210,4174	187,9617	165,5060	152,6741
<b>4</b>					
- keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	1,907,5288	1,029,9845	1,052,4402	1,065,2721
- regangan efektif fpe	MPa	7,153,9025	6,607,8656	6,024,7993	5,677,6870
- gaya prategang efektif Pe	kN	26,7697	25,1682	23,5367	22,6045
- LOF					
<b>5</b>					
- Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun					
- Akibat Relaksasi baja					
- waktu (hari)	hari	365	365	365	365
- waktu (jam)	jam	8,760	8,760	8,760	8,760
- $\Delta f_{PR}$	MPa	1,1881	1,4123	1,6451	1,7819
<b>6 Akibat Rangkak</b>					
- stabil tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan					
<b>7 Akibat Susut</b>					
- regangan susut ultimit (perawatan basah 7 hari)	MPa	3,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- $\Delta f_{SH}$	MPa	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571
- $\Delta f_{CSH}$	MPa	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399
- $\Delta f_{CSH}$	MPa	40,5260	40,7522	40,9550	41,1210
- Kehilangan Tegangan total $\Delta f_{PT}$					
- keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	967,0087	969,2323	1,011,4652	1,024,1502
- regangan efektif fpe	MPa	6,871,8941	6,346,4199	5,790,1767	5,458,5153
- gaya prategang efektif Pe	kN	29,7442	28,1290	26,8144	25,5921
- LOF					
<b>8</b>					
- Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun					
- Akibat Relaksasi baja					
- waktu (hari)	hari	1,095	1,095	1,095	1,095
- waktu (jam)	jam	26,280	26,280	26,280	26,280
- $\Delta f_{PR}$	MPa	0,6920	0,7940	0,9025	1,0018



Tabel C.2.2 Prategang Penuh  $h/b = 2.25$ 

i. Data			
1	Bentang balok	25,0000	m
2	Jarak antar balok	5,0000	m
3	Baja Prategang		
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	1.860.0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	1.531,0000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	1.376,4000	Mpa
4	Beton		
	- tegangan tekan (f'c)	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer fci = 0,95 f'c	42,7500	Mpa
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer		
	- serat tekan (fci)	-25,6500	Mpa
	- serat tarik (fti)	1,6346	Mpa
	b. saat layan		
	- serat tekan (fcs)	-20,2500	Mpa
	- serat tarik (fts)	3,3541	Mpa
	- serat tekan (fcs) seluruh	-27,0000	Mpa
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang R = 1 - LOF	0,8000	
6	Baja Non-Prategang (fpy)	400,0000	Mpa
7	Modulus elastisitas		
	- Baja Prategang (Eps)	198.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang (Es)	200.000,0000	Mpa
	- Beton (Ec)	31.529,5585	Mpa
	- Beton saat transfer (Eci)	30.730,2376	Mpa
8	Modulus ruptur (fr)	4,6957	Mpa
9	Angka perbandingan modular		
	a. saat transfer		
	- nps	6,4432	
	b. saat layan		
	- nps	6,2800	
	- ns	6,3435	
10	Beban dan berat isi		
	- beban berguna auditorium (w/L)	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- berat isi :		
	- beton	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- spesi per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	35,0000	%
12	Baja prategang ASTM strand type 13 mm		
	- luas 1 kabel	96,7000	mm <sup>2</sup>
	- diameter selubung	127,0000	mm
	- luas selubung	12.661,2650	mm <sup>2</sup>
ii. Beban dan Momen Balok			
1	Beban mati (wD)	24,7970	kN/m'
	- pelat 20 cm	20,2400	kN/m'
	- trase 3 cm	0,0360	kN/m'
	- spesi 2 cm	0,0210	kN/m'
	- pasir 5 cm	1,5000	kN/m'

2	Beban Hidup (wL)	25.0000	kN/m <sup>2</sup>
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan		kN/m
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.328,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.006,1660	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5156	kNm
<b>III. Besaran Penampang I Simetris untuk h/b = 2,25</b>			
1	Luas penampang Persegi h/b = 2 (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- h/b		
	- Tinggi Penampang ( $h = (Ac \text{ persegi} / (0,44/2,25))^{1/2}$ )	2.038,7319	mm
	- Tinggi Flens atas (hf1)	203,8732	mm
	- Tinggi Flens bawah (hf2)	203,8732	mm
	- Tinggi Web (hw)	1.630,9855	mm
	- lebar Penampang (b)	906,1030	
	- Lebar Flens atas (bf1)	906,1030	mm
	- Lebar Flens bawah (bf2)	906,1030	
	- Lebar Web (bw)	271,8309	mm
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6947	kN/m
3	Jarak garis netral :		
	- ke serat atas (ct)	1.019,3659	mm
	- ke serat bawah (cb)	1.019,3659	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-12,0077	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	9.760,0138	kN
6	Luas tendon yang diperlukan		
	- jumlah kabel yang diperlukan	71,8437	btg
	- jumlah kabel yang digunakan		btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg)		bh
	- luas tendon yang digunakan	7.106,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	Inersia penampang (I) yang digunakan	410.526.335.055,7690	mm <sup>4</sup>
	- Serat Atas (St)	402.727.151,2195	mm <sup>3</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	402.727.151,2195	mm <sup>3</sup>
9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	766,8029	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)		mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	254,3659	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)	1.784,3659	mm
<b>IV. Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>			
<b>IV.1. Saat Transfer (Pakai penampang bruto )</b>			
1	Propertis Penampang		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	1.019,3659	mm

	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	1 019,3659	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	765,0000	mm
	- Momen Inertia bruto (I <sub>g</sub> )	410.526.335.055,7690	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	505.068,9243	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	402.727.151,2195	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	402.727.151,2195	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.460,5225	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.138,5654	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>	aman	
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>	aman	
IV.2.	Saat Layan (Pakai penampang transformasi)		
	- Gaya prategang efektif (P <sub>e</sub> )	7 159,9023	
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (A <sub>c</sub> )	850.334,4391	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	1.053,1224	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	985,6095	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	731,2435	mm
	- Momen Inertia transformasi	287.427.764.203,3690	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	338.017,3153	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	291.624.396,2737	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	272.929.117,5752	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Total (M <sub>T</sub> )	5.350,9131	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (ft)		MPa
	Cek tegangan (ft) < f <sub>ti</sub>	aman	
	- serat bawah (fb)		MPa
	Cek tegangan (fb) < f <sub>ci</sub>	aman	
V.	Momen Kapasitas Penampang		
1	Koefisien Beton karena f <sub>c</sub> > 30 Mpa (β <sub>1</sub> )	0,7300	
2	Tegangan baja (f <sub>ps</sub> )		
	- tegangan leleh (f <sub>py</sub> = 0,85 f <sub>pu</sub> )	1.581,0000	MPa
	- rasio tulangan prategang	0,0044	
	- koefisien jenis baja prategang	0,4000	
	- tegangan pengganti tegangan leleh (f <sub>ps</sub> )	1.674,8436	MPa
	- Dipakai f <sub>ps</sub>		MPa
3	Beton Tekan		
	- tinggi blok tekan (h)	993,9617	mm
	- Garis netral pada	Badan	
	- lengan beton tekan bagian sayap (z <sub>1</sub> )	1.632,4293	mm
	- lengan beton tekan bagian badan (z <sub>2</sub> )	1.431,9351	mm
	- Luas Blok Tekan Bagian Sayap (A <sub>pf</sub> )	129.311,0795	mm <sup>2</sup>
	- Luas Blok Tekan bagian badan (A <sub>pw</sub> )	164.420,1205	mm <sup>2</sup>
	- gaya tekan bagian sayap (C <sub>1</sub> )	4.946,1488	kN
	- Gaya Tekan Bagian Total (C <sub>2</sub> )	6.269,0896	kN



4	Periksa rasio prategang		
	- syarat batas 0,36 B1	0,2628	
	- Rasio Tulangan Bagian Badan ( $\rho_{pw}$ )	0,3390	
	- rasio prategang	11,9094	
	- kapasitas dihitung berdasarkan	C (Tekan)	
5	Momen Nominal penampang ( $M_n$ tersedia)		kNm
6	Momen yang bekerja		
	- Momen terfaktor ( $M_u$ )	7.202,3457	kNm
	- Momen Nominal perlu ( $M_n$ perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( $M_n$ tersedia - $M_n$ perlu )		kNm
VI.	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
VI.1.	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>		
	- Gaya Prategang efektif sesaat ( $P_e$ )	8.655,2128	kN
	- Lendutan Ke Atas/Chamber ( $\delta_{pi}$ )	-34,1697	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3736	kN/m'
	- Lendutan Ke Bawah ( $\delta_D$ )	11,0363	mm
	- Total Lendutan Jangka Pendek ( $\delta_T$ )		mm (†)
VI.2.	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	<b>Lendutan dasar</b>		
	- Lendutan Akibat Beban Mati ( $\delta_D$ )	9,7443	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar ( $\delta_G$ )	7,3464	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup ( $\delta_L$ )	9,8241	mm
1	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	<b>Faktor pengali PCI</b>		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,8500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	- Lendutan Total ( $\delta_T$ )		mm (†)
	- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
2	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>		
	- Koefisien Koreksi Rangkak ( $K_r$ )	1,0000	
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.621,3464	kN
	- Gaya Prategang efektif $P_e$	7.159,9025	kN
	- LOF	26,7997	%
	- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8660	
	- Waktu (t)	90	Hari
	- Koefisien Rangkak Ultimit ( $C_u$ )	2,3500	
	- Koefisien Rangkak Waktu T ( $C_t$ )	1,4054	
	- Faktor Berkaitan Umur Beton ( $K_a$ )	0,7350	
	- Lendutan yang terjadi		
	- akibat chamber	-53,6983	mm
	- akibat beban gelagar	17,5709	mm
	- akibat beban mati	19,8104	mm
	- akibat beban hidup	9,8241	mm
	- Lendutan Total ( $\delta_T$ )		mm (†)
	- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm
	<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>		
	- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.661,8745	kN

- Gaya Prategang efektif $P_e$	6.871,8941	kN
- LOF	29,7442	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8639	
- Waktu (t)	365	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,8219	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,5231	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-58,2227	mm
- akibat beban gelagar	20,7277	mm
- akibat beban mati	20,8040	mm
- akibat beban hidup	9,8241	mm
- Lendutan Total ( $\delta_s$ )		mm (t)
- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>		Bulan
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.675,6736	kN
- Gaya Prategang efektif $P_e$	6.773,8317	kN
- LOF	30,7468	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8632	
- Waktu (t)	1.095	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	2,0433	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,5473	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-61,8010	mm
- akibat beban gelagar	22,3573	mm
- akibat beban mati	20,6424	mm
- akibat beban hidup	9,8241	mm
- Lendutan Total ( $\delta_s$ )		mm (t)
- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm

Tabel C.2.3 Prategang Parsial  $h/b = 2.25$

i.	DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Bentang balok	m	25.0000	25.0000	25.0000
2	Jarak antar balok	m	5.0000	5.0000	5.0000
3	Baja Prategang				
	- Tegangan Ujimit Tendon (fpu)	MPa	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000
	- tegangan leleh (0.85 fpu)	MPa	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000
	- tegangan ijin saat transfer (0.74 fpu)	MPa	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000
4	Beton				
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45.0000	45.0000	45.0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)	MPa	42.7500	42.7500	42.7500
	- tegangan ijin				
	a. saat transfer				
	- serat tekan (fci)	MPa	-25.6500	-25.6500	-25.6500
	- serat tarik (fti)	MPa	1.6346	1.6346	1.6346
	b. saat layan				
	- serat tekan (fcs)	MPa	-20.2500	-20.2500	-20.2500
	- serat tarik (fts)	MPa	3.3541	3.3541	3.3541
	- serat tekan (fcs) seluruh		-27.0000	-27.0000	-27.0000
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang (R = 1 - LOF)		0.8000	0.8000	0.8000
6	Modulus elastisitas				
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
7	Modulus riptur (fr)	MPa	4.6957	4.6957	4.6957
8	Angka perbandingan modular				
	a. saat transfer				
	- rps		6.4432	6.4432	6.4432
	b. saat layan				
	- rps		6.2699	6.2699	6.2699
	- rps		6.3435	6.3435	6.3435

9	Beban dan berat isi					
	- beban berguna auditorium (WL)	kN/m'	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000
	- Beban mati (wD)	kN/m'	24.7970	24.7970	24.7970	24.7970
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	kN/m'	18.6947	18.6947	18.6947	18.6947
	- Total beban	kN/m'	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917
10	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	%	35.0000	35.0000	35.0000	35.0000
11	Beban prategang ASTM strand type 13 mm					
	- 55 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98.7000	98.7000	98.7000	98.7000
	- 55 1 kabel selubung	mm	127.0000	127.0000	127.0000	127.0000
	- 55 selubung	mm <sup>2</sup>	12.661.2650	12.661.2650	12.661.2650	12.661.2650
	- 55 1 kabel yang dipakai ( 100% )	big	72	72	72	72
	- 55 1 kabel yang dipakai ( 100% )	mm <sup>2</sup>	7.106.4000	7.106.4000	7.106.4000	7.106.4000
12	Tulangan Non-Prategang					
	- tegangan leleh	MPa	400.0000	400.0000	400.0000	400.0000
	- diameter	mm	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000
	- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>	490.6250	490.6250	490.6250	490.6250
	- tegangan leleh		0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
13	Momen-momen yang bekerja					
	- saat transfer	kNm	2.138.5854	2.138.5854	2.138.5854	2.138.5854
	- saat tayan / momen total	kNm	5.350.9131	5.350.9131	5.350.9131	5.350.9131
	- momen terfaktor (Mu)	kNm	7.202.3457	7.202.3457	7.202.3457	7.202.3457
	- momen nominal (Mn)	kNm	9.002.9321	9.002.9321	9.002.9321	9.002.9321
14	Ukuran balok					
	- tinggi penampang (h)	mm	2.038.7319	2.038.7319	2.038.7319	2.038.7319
	- lebar penampang (b)	mm	906.1030	906.1030	906.1030	906.1030
	- 221 Flens atas (hf1)	mm	203.8732	203.8732	203.8732	203.8732
	- 221 Flens bawah (hf2)	mm	203.8732	203.8732	203.8732	203.8732
	- 221 Web (hw)	mm	1.630.9855	1.630.9855	1.630.9855	1.630.9855
	- lebar Flens atas (bf1)	mm	906.1030	906.1030	906.1030	906.1030
	- lebar Flens bawah (bf2)	mm	906.1030	906.1030	906.1030	906.1030
	- lebar Web (hw)	mm	203.8732	203.8732	203.8732	203.8732

II. PRATEGANG PARSIAL					
1	Tendon yang digunakan				
	- jumlah tendon	btg	64.8000	57.6000	54.0000
	- jumlah tendon digunakan	btg			
	- luas tendon	mm <sup>2</sup>	6.415.5000	5.724.6000	5.329.8000
2	Gaya Prategang				
	- gaya prategang awal (P <sub>i</sub> )	kN	8.830.2942	7.879.3394	7.335.9367
	- gaya prategang efektif (P <sub>e</sub> )	kN	7.064.2354	6.303.4716	5.868.7494
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	mm	254.3659	254.3659	254.3659
	- tinggi Efektif Penampang (dp)	mm	1.784.3659	1.784.3659	1.784.3659
iii. TUL. NON-PRATEGANG dan KAPASITAS PENAMPANG					
1	Tinggi Efektif Penampang Prategang (dp)	mm	1.784.3659	1.784.3659	1.784.3659
2	Tinggi efektif non-prategang ( d )	mm	1.938.7319	1.938.7319	1.938.7319
3	Koefisien Beton karena f <sub>c</sub> > 30 Mpa (β <sub>1</sub> )		0.7300	0.7300	0.7300
4	Tegangan leleh pengganti baja prategang (f <sub>ps</sub> )	MPa	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000
5	Gaya-gaya dalam				
	- Gaya tekan C1 = 0,85 f <sub>c</sub> (bf <sub>1</sub> - bw) .hf <sub>1</sub>	N	4.946.148.7926	4.946.148.7926	4.946.148.7926
	- tinggi blok tekan sayap a	mm	244.1836	232.0372	230.6368
	- Gaya tekan C2 = 0,85 f <sub>c</sub> .bw a	N	2.538.906.8660	2.412.613.8934	2.395.054.1126
	- Resultan gaya tekan				
	- besar gaya tekan	N	7.485.055.6587	7.358.762.6861	7.344.202.9052
	- lengan dari atas	mm	108.7732	106.5535	106.3061
	- Gaya tarik				
	- baja prategang (T <sub>ps</sub> = A <sub>ps</sub> f <sub>ps</sub> )	N	10.142.905.5000	9.050.592.9000	8.426.413.8000
	- baja non-prategang				
	- di coba ( D <sub>25</sub> )	btg			
	- luas	mm <sup>2</sup>	2.453.1250	4.415.6250	5.897.5000
	- Ts = A <sub>s</sub> f <sub>y</sub>	N	961.250.0000	1.766.250.0000	2.355.000.0000
6	Keseimbangan Gaya-gaya dalam (C = T <sub>ps</sub> + T <sub>s</sub> )				
	- lelak garis netral (x)	mm	334.4981	317.3304	315.9409
	- regangan tuleran non-prategang		0,0144	0,0133	0,0154
			(leleh)	(leleh)	(leleh)

- rasio tulangan prategang		0,0040	0,0035	0,0033
- syarat batas (0,36 β <sub>1</sub> )		0,2626	0,2626	0,2628
- rasio prategang		0,1394	0,1244	0,1158
- kapasitas dihitung berdasarkan		T (Tarik)	T (Tarik)	T (Tarik)
- Momen Nominal				
- tahanan gaya dalam :				
- z'	mm	1.675,5923	1.677,8133	1.678,0599
- z <sub>2</sub>	mm	1.829,9587	1.832,1714	1.832,4258
- Momen nominal (Min)	kNm	16.791,0252	16.471,1022	16.455,3694
		(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)
- Kelelahan kapasitas ( Min tersedia - Min perlu )	kNm			
<b>IV. KONTROL TEGANGAN</b>				
<b>1. Saat Transfer</b>				
- tahanan bruto, tulangan non-prategang belum bekerja )				
<b>a</b>				
- Propertis penampang	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5090
- luas tampang (Ac)	mm	1.019,3659	1.019,3659	1.019,3659
- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	1.019,3659	1.019,3659	1.019,3659
- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	410.526.335.055.7690	410.526.335.055.7690	410.526.335.055.7690
- Momen inerti (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	402.727.151.2195	402.727.151.2195	402.727.151.2195
- Momen penampang bagian atas (st)	mm <sup>4</sup>	402.727.151.2195	402.727.151.2195	402.727.151.2195
- Momen penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>4</sup>	402.727.151.2195	402.727.151.2195	402.727.151.2195
- Momen torsi pangkat dua (P <sup>2</sup> )	mm <sup>4</sup>	505.068.9243	505.068.9243	505.068.9243
- e - Jarak bentang	mm	765.0000	765.0000	765.0000
- Tegangan yang terjadi	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
- Serat atas	MPa			
- Serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
<b>2. Saat Layan</b>				
- tahanan transformasi ke tahanan non-prategang belum bekerja )				
<b>b</b>				
- Momen nominal efektif (Min)	kNm	6.607,3655	6.024,1317	5.677,6370
- Momen prategang sudah bekerja dan lain				

I - Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )

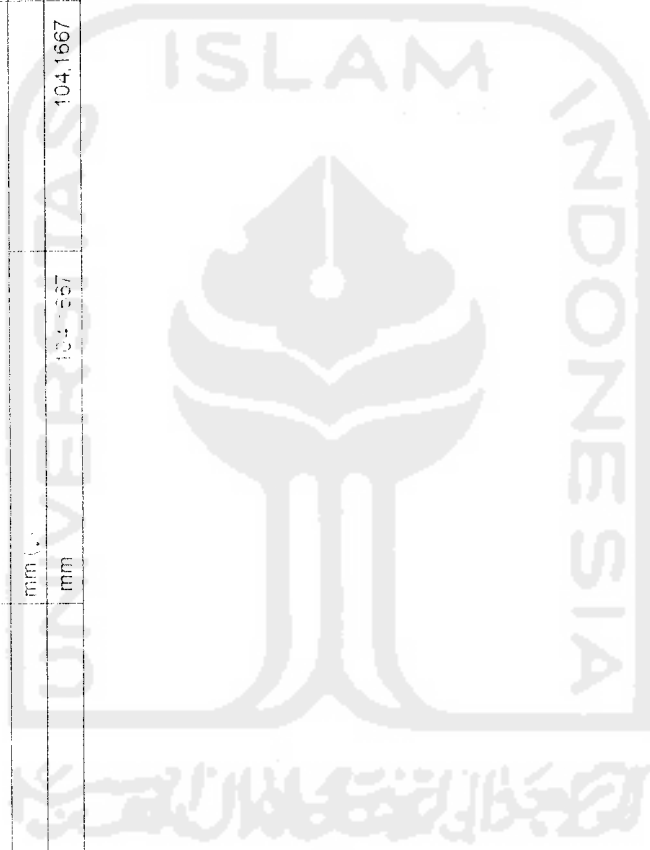
- Momen ( $M$ )

		0,8742	0,8742	4.280,7305	4.013,1848
- Momen total prategang	kN	4.815,8218	4.280,7305		4.013,1848
- Momen total non-prategang	kN	535,0913	1.070,1826		1.337,7283
a Prategang					
- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	846.686,4728	843.038,5065		840.953,9543
- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	1.049,9718	1.046,7940		1.044,9657
- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	988,7600	991,9379		993,7662
- e prategang	mm	734,3941	37,5720		739,4002
- Momen inersia (I trans)	mm <sup>4</sup>	632.709.760.696,9390	632.241.779,51,5990		631.972.534.151,7240
- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	602.596.911,0212	603.979.197,5816		604.778.289,8421
- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	639.902.245,5163	637.389.414,8429		635.936.854,3688
- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	747,277,5224	749,955,9925		751,494,8124
- Tegangan serat atas	MPa	-7,7431	-6,8767		-6,4458
- Tegangan serat bawah	MPa	-7,8621	-7,4023		-7,0422
- Teangan Bertulang					
b Beton Bertulang					
- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	825.920,6637	836.407,1946		844.272,0928
- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	1.033,9572	1.045,3009		1.053,6237
- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	1.004,7747	993,4310		985,1082
- e prategang	mm	750,4088	739,0651		730,7422
- Momen inersia (I trans)	mm <sup>4</sup>	632.182.118.103,8600	635.275.963.425,6080		637.545.910.640,9530
- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	611.430.032,7500	607.744.615,4435		605.098.304,7472
- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	629.177.965,5744	639.478.686,0161		647.163.663,3007
- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	765,427,1723	759,529,5300		755,142,7035
- Tegangan serat atas	MPa	-0,8752	-1,7609		-2,2108
- Tegangan serat bawah	MPa	0,8505	1,6735		2,0670
- Tegangan yang terjadi					
- serat atas	MPa	(aman)	(aman)		(aman)
- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)		(aman)
c					
- lentutan jangka pendek					
- lentutan akibat beban tetap	mm	1013,7309	943,2209		913,7309
- lentutan ke Atas/Chamber (pp)	mm	-30,8479	-27,5256		-25,6279

- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8742	0,8823	0,8870
- Waktu (t)	Hari	90	90	90
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,4054	1,4054	1,4054
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,7350	0,7350	0,7350
- Lentutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-41,6240	-33,9552	-29,8486
- akibat beban gelagar	mm	14,8150	13,1750	12,2520
- akibat beban mati	mm	17,0263	15,4271	14,5271
- akibat beban hidup	mm	9,8241	9,8241	9,8241
- Lentutan Total ( $\delta_T$ )	mm (c)			
- Batas Lentutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>b. Lentutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	KN	2,483,8743	2,089,1627	1,877,4210
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	KN	6,346,4199	5,790,1767	5,458,5158
- LOF	%	28,1290	26,5144	25,5921
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8594	0,8674	0,8720
- Waktu (t)	Hari	365	365	365
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,8215	1,8215	1,8215
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,6231	0,6231	0,6231
- Lentutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-42,5930	-34,4278	-29,9107
- akibat beban gelagar	mm	17,0263	14,9007	13,7044
- akibat beban mati	mm	17,7743	15,9880	14,9992
- akibat beban hidup	mm	9,8241	9,8241	9,8241
- Lentutan Total ( $\delta_T$ )	mm (c)			
- Batas Lentutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>c. Lentutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	KN	2,573,4423	2,170,0500	1,953,2589
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	KN	6,956,3519	5,709,2694	5,382,6779
- LOF	%	30,1413	27,5413	26,0456
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8549	0,8529	0,8510



- Waktu (t)	Hari	1,095	1,095	1,095
- Koefisien Rangsang Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangsang Waktu T (Ct)		2,0433	2,0433	2,0433
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,5473	0,5473	0,5473
- Lendutan yang terjadi				
- akibat own-weight	mm	1146	-35,5876	-30,7321
- akibat beban hidup	mm	18,2052	15,8207	14,4787
- akibat beban mati	mm	17,1279	15,9968	14,9225
- akibat beban angin	mm	9,8241	9,8241	9,8241
- Lendutan Total (st)	mm (%)			
- Batas Lendutan ≤ L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667



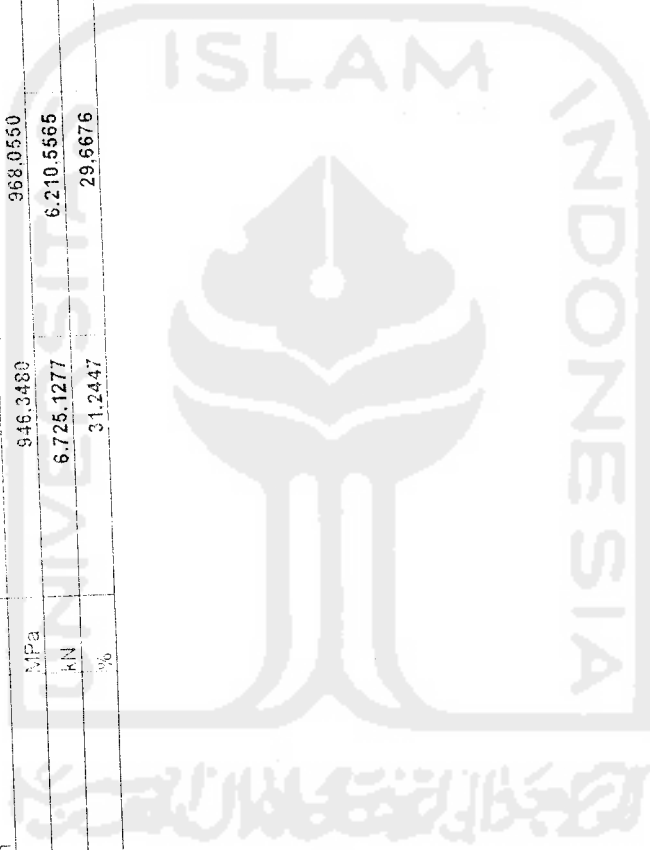
Tabel C.3.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 2,50$

No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
	<b>1 Data</b>					
	<b>1 Tendon :</b>					
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
	- tegangan leleh (0.85 fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
	- tegangan ijin saat transfer (0.74 fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
	<b>2 Beton</b>					
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45,0000	45,0000	45,0000	45,0000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0.95 fc)	MPa	42,7500	42,7500	42,7500	42,7500
	- modulus ruptur (fr)	MPa	4,6957	4,6957	4,6957	4,6957
	<b>3 Modulus Elastisitas</b>					
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
	<b>4 Angka perbandingan modular</b>					
	a. saat transfer					
	- ns		6,4432	6,4432	6,4432	6,4432
	b. saat layan					
	- ns		6,2800	6,2800	6,2800	6,2800
	- ns		6,3435	6,3435	6,3435	6,3435
	<b>5 Baja prategang ASTM strand type 15 mm</b>					
	- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- jumlah kabel yang digunakan	big				
	- luas baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106,4000	6.415,5000	5.724,6000	5.329,8000
	- Gaya Prategang awal (Pu)	kN	9.781,2490	8.830,2942	7.879,3394	7.335,9367
	<b>6 Tulangan Non-Prategang D25</b>					
	- tegangan leleh	MPa		400,0000	400,0000	400,0000
	- tegangan leleh			0,0000	0,0000	0,0000
	- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>		490,6200	490,6200	490,6200
	- jumlah tulangan non-prategang yang dipakai	big				

- luas tumpuan non-prategang yang digunakan		2.453,1250	4.415,6250	5.887,5000
7 Data Struktur				
- bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000
- luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
- momen inertiya bruto (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	456.140.372.284,1880	456.140.372.284,1880	456.140.372.284,1880
- rasio sasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	561.187.6937	561.187.6937	561.187.6937
- eksentrisitas ditengah bentang (ec)	mm	795,0000	795,0000	795,0000
II Kehilangan Tegangan Sesaat				
1 Kehilangan akibat Pergeseran Angkur				
- pergeseran angkur	mm	6,5000	6,5000	6,5000
- Δf <sub>p</sub>	MPa	51,4800	51,4800	51,4800
2 Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton				
3 Kehilangan Akibat Gesekan				
- tendon barabara (δ)	rad	0,2544	0,2544	0,2544
- koefisien Wobble (K)		0,0005	0,0005	0,0005
- koefisien kelengkungan (μ)		0,1500	0,1500	0,1500
- Δf <sub>f</sub>	MPa	108,9558	108,9558	108,9558
4 Keadaan setelah Kehilangan sesaat				
- Tegangan Tarangan (Δf <sub>p</sub> )	MPa	160,4358	160,4358	160,4358
- Tegangan tendon (f <sub>pi</sub> )	MPa	1.215,9642	1.215,9642	1.215,9642
- Gaya Prategang (P <sub>i</sub> )	kN	7.801,0182	6.960,9085	6.480,8459
III Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan				
1 Akibat Relaksasi baja				
- waktu (hari)	hari	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>r</sub>	MPa	19,7423	19,7423	19,7423
2 Akibat Pengkaku				
- pisa tank (K <sub>cr</sub> )		1,60	1,60	1,60
- pisa tank (K <sub>cr</sub> )	MPa	1.138,5654	1.138,5654	1.138,5654
- pisa tank (K <sub>cr</sub> )	MPa	3.212,3477	3.212,3477	3.212,3477
- pisa tank	MPa	-15,6150	-15,6150	-15,6150

- fcsd	MPa	5,5988	5,5988	5,5988	5,5988	5,5988
- $\Delta f_{pCR}$	MPa	133,4199	111,3380	89,2561	76,6379	36,0737
- tambahan tegangan ( $\Delta f_{SD}$ )	MPa	36,0737	36,0737	36,0737	36,0737	36,0737
<b>3 Akibat Susut</b>						
- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )	MPa	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- $\Delta f_{pSH}$	MPa	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172
- Kehilangan Tegangan total $\Delta f_{pT}$	MPa	215,4057	193,3236	171,2419	158,6237	107,3005
- Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	1,000,5585	1,022,6404	1,044,7223	1,057,3405	1,070,0000
- tegangan efektif $f_{pe}$	MPa	7,110,3687	6,560,7493	5,980,6171	5,635,4133	5,289,9000
- gaya prategang efektif $P_e$	kN	27,3061	25,7018	24,0975	23,1807	22,2639
- LOF	%					
<b>IV Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun</b>						
<b>1 Akibat Relaksasi baja</b>						
- waktu ( hari )	hari	365	365	365	365	365
- waktu ( jam )	jam	8,760	8,760	8,760	8,760	8,760
- $\Delta f_{pR}$	MPa	1,1203	1,3380	1,5641	1,6970	1,8300
<b>2 Akibat Rangkak</b>						
( stabil tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan )						
<b>3 Akibat Susut</b>						
- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )	MPa	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- $\Delta f_{pSHi}$	MPa	137,6571	127,6571	137,6571	137,6571	137,6571
- $\Delta f_{pSH}$	MPa	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399
- Kehilangan Tegangan total $\Delta f_{pT}$	MPa	40,4602	40,6779	40,9040	41,0369	41,1700
- Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	960,9983	981,9624	1,003,8183	1,016,3335	1,028,8486
- tegangan efektif $f_{pe}$	MPa	6,822,8423	6,299,7800	5,746,4581	5,416,6948	5,086,9315
- gaya prategang efektif $P_e$	kN	30,2457	28,6572	27,0693	26,1522	25,2351
- LOF	%					
<b>V Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun</b>						
<b>1 Akibat Relaksasi baja</b>						
- waktu ( hari )	hari	1095	1095	1095	1095	1095
- waktu ( jam )	jam	26,280	26,280	26,280	26,280	26,280

- Δf <sub>pR</sub>	MPa	0,5830	0,7403	0,9039	1,0002
<b>2. Akibat Rangkak</b>					
stabil tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan )					
<b>3. Akibat Susut</b>					
- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )	MPa	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- Δf <sub>pS-HI</sub>	MPa	150,8243	150,8243	150,8243	150,8243
- Δf <sub>pS-H</sub>	MPa	13,1672	13,1672	13,1672	13,1672
- Δf <sub>pS</sub>	MPa	13,7502	13,9075	14,0711	14,1574
<b>4. Kehilangan Tegangan total Δf<sub>pT</sub></b>					
- keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	946,3480	968,0560	989,7472	1,002,1352
- tegangan efektif f <sub>pe</sub>	KN	6,725,1277	6,210,5665	5,665,9067	5,341,1853
- gaya prategang efektif P <sub>e</sub>	%	31,2447	29,6676	28,0916	27,1915
- L <sub>OF</sub>					



Tabel C.3.2 Prategang Penuh  $h/b = 2.50$ 

I.	Data		
1	Bentang balok	25,0000	m
2	Jarak antar balok	5,0000	m
3	Baja Prategang		
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	1.860,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	1.581,0000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)	1.376,4000	Mpa
4	Beton		
	- tegangan tekan (fc)	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer $f_{ci} = 0,95 f_c$	42,7500	Mpa
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer		
	- serat tekan (fci)	-25,6500	Mpa
	- serat tarik (fti)	1,6346	Mpa
	b. saat layan		
	- serat tekan (fcs)	-20,2500	Mpa
	- serat tarik (fts)	3,3541	Mpa
	- serat tekan (fcs) seluruh	-27,0000	Mpa
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang $R = 1 - LOF$	0,8000	
6	Baja Non-Prategang (fpy)	400,0000	Mpa
7	Modulus elastisitas		
	- Baja Prategang (Eps)	198.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang (Es)	200.000,0000	Mpa
	- Beton (Ec)	31.528.5585	Mpa
	- Beton saat transfer (Eci)	30.760,2376	Mpa
8	Modulus ruptur (fr)	4,6957	Mpa
9	Angka perbandingan modular		
	a. saat transfer		
	- nps	6,4432	
	b. saat layan		
	- nps	6,2800	
	- ns	6,3435	
10	Beban dan berat isi		
	- beban berguna auditorium (WL)	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- berat isi :		
	- beton	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- spesi per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transter beban mati yang telah bekerja	35,0000	%
12	Baja prategang ASTM strand type 13 mm		
	- luas 1 kabel	96,7000	mm <sup>2</sup>
	- diameter selubung	127,0000	mm
	- luas selubung	12.661,2650	mm <sup>2</sup>
II.	Beban dan Momen Balok		
1	Beban mati (wD)	24,7970	kN/m'
	- pelat 20 cm	20,2400	kN/m'
	- traso 3 cm	0,0360	kN/m'
	- spesi 2 cm	0,0210	kN/m'
	- pasir 5 cm	4,5000	kN/m'

2	Beban Hidup (wL)	25,0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan		kN/m'
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.326,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.006,1680	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5156	kNm
<b>III. Besaran Penampang I Simetris untuk <math>h/b = 2,50</math></b>			
1	Luas penampang Persegi $h/b = 2$ (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- h/b		
	- Tinggi Penampang ( $h = (Ac \text{ persegi} / (0,44/2,50))^{1/2}$ )	2.143,0121	mm
	- Tinggi Flens atas (hf1)	214,9012	mm
	- Tinggi Flens bawah (hf2)	214,9012	mm
	- Tinggi Web (hw)	1.719,2096	mm
	- lebar Penampang (b)	359,6043	mm
	- Lebar Flens atas (bf1)	359,6043	mm
	- Lebar Flens bawah (bf2)	359,6043	mm
	- Lebar Web (bw)	237,8814	mm
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6947	kN/m'
3	Jarak garis netral		
	- ke serat atas (ct)	1.074,5060	mm
	- ke serat bawah (cb)	1.074,5060	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-12,0077	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	9.760,0139	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	7.090,9720	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	71,8417	btg
	- jumlah kabel yang digunakan		btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg)		bb
	- luas tendon yang digunakan	7.106,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	Inersia penampang (I) yang digunakan	450.140.372.384,1860	mm <sup>4</sup>
	- Serat Atas (St)	424.511.691,1482	mm <sup>4</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	424.511.691,1482	mm <sup>4</sup>
9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (eci)	797,1866	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (eci)		mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	279,5060	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dip)	1.369,5060	mm
<b>IV. Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>			
<b>IV.1. Saat Transfer (Pakai penampang bruto)</b>			
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	1.074,5060	mm

	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	1 074,5060	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	795,0000	mm
	- Momen Inertia bruto (I <sub>g</sub> )	456.140.372.284,1860	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	561.187,6937	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (S <sub>t</sub> )	424.511.691,1482	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (S <sub>b</sub> )	424.511.691,1482	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Akibat Berat Sendiri (M <sub>G</sub> )	1.460,5225	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (M <sub>o</sub> )	2.138,5654	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (f <sub>t</sub> )		MPa
	Cek tegangan (f <sub>t</sub> ) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (f <sub>b</sub> )		MPa
	Cek tegangan (f <sub>b</sub> ) < f <sub>ci</sub>		aman
IV.2.	Saat Layan (Pakai penampang transformasi )		
	- Gaya prategang efektif (P <sub>e</sub> )	7.110,3687	
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (A <sub>c</sub> )	850.334,4391	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (c <sub>t</sub> )	1.109,5863	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (c <sub>b</sub> )	1.039,4258	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (e <sub>c</sub> )	759,9198	mm
	- Momen Inertia transformasi	318.528.432.667,7950	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	374.591,9475	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (S <sub>t</sub> )	306.446.538,4046	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (S <sub>b</sub> )	287.069.550,3611	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja		
	- Momen Total (M <sub>T</sub> )	5.350,9131	kNm
3	Tegangan yang terjadi :		
	- serat atas (f <sub>t</sub> )		MPa
	Cek tegangan (f <sub>t</sub> ) < f <sub>ti</sub>		aman
	- serat bawah (f <sub>b</sub> )		MPa
	Cek tegangan (f <sub>b</sub> ) < f <sub>ci</sub>		aman
V.	Momen Kapasitas Penampang		
1	Koefisien Beton karena f <sub>c</sub> > 30 Mpa (β <sub>1</sub> )	0,7300	
2	Tegangan baja (f <sub>ps</sub> )		
	- tegangan leleh (f <sub>py</sub> = 0,85 f <sub>pu</sub> )	1.581.0000	MPa
	- rasio tulangan prategang	0,0044	
	- koefisien jenis baja prategang	0,4000	
	- tegangan pengganti tegangan leleh (f <sub>ps</sub> )	1.673,7165	MPa
	- Dipakai f <sub>ps</sub>		MPa
3	Beton Tekan		
	- tinggi blok tekan (a)	637,5803	mm
	- Garis netral pada :		Badan
	- lengan beton tekan bagian sayap (z <sub>1</sub> )	1.762,0554	mm
	- lengan beton tekan bagian badan (z <sub>2</sub> )	1.550,7159	mm
	- Luas Blok Tekan Bagian Sayap (A <sub>pf</sub> )	129.311,0795	mm <sup>2</sup>
	- Luas Blok Tekan bagian badan (A <sub>pw</sub> )	164.420,1205	mm <sup>2</sup>
	- gaya tekan bagian sayap (C <sub>1</sub> )	4.946,1488	kN
	- Gaya Tekan Bagian Total (C <sub>2</sub> )	6.269,0696	kN



4	Periksa rasio prategang :		
	- syarat batas 0,36 B1		0,2628
	- Rasio Tulangan Bagian Badan (ρ <sub>w</sub> )		0,3410
	- rasio prategang		11,9819
	- kapasitas dihitung berdasarkan		C (Tekan)
5	Momen Nominal penampang (M <sub>n</sub> tersedia)		kNm
6	Momen yang bekerja	7.202,3457	kNm
	- Momen terfaktor (M <sub>u</sub> )		kNm
	- Momen Nominal perlu (M <sub>n</sub> perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( M <sub>n</sub> tersedia - M <sub>n</sub> perlu )		
VI.	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
VI.1.	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>		
	- Gaya Prategang efektif sesaat (P <sub>e</sub> )	8.641,1273	kN
	- Lendutan Ke Atas/Chamber (δ <sub>pi</sub> )	-31,9067	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3736	kN/m <sup>2</sup>
	- Lendutan ke Bawah (δ <sub>D</sub> )	9,9337	mm
	- Total Lendutan Jangka Pendek (δ <sub>T</sub> )		mm (↓)
VI.2.	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	<b>Lendutan dasar</b>		
	- Lendutan Akibat Beban Mati (δ <sub>D</sub> )	8,7659	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar (δ <sub>G</sub> )	6,6117	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup (δ <sub>L</sub> )	8,8417	mm
1	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	<b>Faktor pengali PCI</b>		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,3500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	- Lendutan Total (δ <sub>T</sub> )	-12,5309	mm (↑)
	- Batas Lendutan ≤ L/240	104,1667	mm
2	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>		
	- Koefisien Koreksi Rangkak (k <sub>r</sub> )	1,0000	
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total (ΔP)	2.670,8803	kN
	- Gaya Prategang efektif P <sub>e</sub>	7.110,3667	kN
	- LOF	27,3061	%
	- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang (λ)	0,8635	
	- Waktu (t)	90	Hari
	- Koefisien Rangkak Ultime (C <sub>u</sub> )	2,3500	
	- Koefisien Rangkak Waktu T (C <sub>t</sub> )	1,4054	
	- Faktor Berkaitan Umur Beton (k <sub>a</sub> )	0,7350	
	Lendutan yang terjadi		
	- akibat chamber	-49,6556	mm
	- akibat beban gelagar	15,9036	mm
	- akibat beban mati	17,8294	mm
	- akibat beban hidup	8,8417	mm
	- Lendutan Total (δ <sub>T</sub> )		mm (↓)
	- Batas Lendutan ≤ L/240	104,1667	mm
	<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>		
	- Kehilangan Prategang Total (ΔP)	3.241,3500	kN

Prategang Per...

- Gaya Prategang efektif $P_e$	6.822,8423	kN
- LOF	30,2457	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8614	
- Waktu (t)	365	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,3215	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,6231	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-53,7191	mm
- akibat beban gelagar	18,6549	mm
- akibat beban mati	18,7236	mm
- akibat beban hidup	8,8417	mm
- Lendutan Total ( $\delta_{\Sigma}$ )	104,1667	mm
- Batas Lendutan $< L/240$		Bulan
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>	2,725,0907	kN
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	6,725,1277	kN
- Gaya Prategang efektif $P_e$	31,2447	%
- LOF	0,8607	
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	1,095	Hari
- Waktu (t)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,0433	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	0,5473	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-57,1021	mm
- akibat beban gelagar	20,1216	mm
- akibat beban mati	18,5781	mm
- akibat beban hidup	8,8417	mm
- Lendutan Total ( $\delta_{\Sigma}$ )	104,1667	mm
- Batas Lendutan $< L/240$		

Tabel C.3.3 Prategang Parsial  $h/b = 2,50$

DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1. Bentang balok	m	25,0000	25,0000	25,0000
2. Jarak antar balok	m	5,0000	5,0000	5,0000
3. Baja Prategang	MPa	1.860,0000	1.860,0000	1.860,0000
- Tegangan Ultimur Tendon (fpu)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
- tegangan leleh ( $\sigma_{85}$ fpu)	MPa	1.376,4000	1.376,4000	1.376,4000
- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)				
4. Beton	MPa	45,0000	45,0000	45,0000
- tegangan tekan ( $f_c$ )	MPa	42,7500	42,7500	42,7500
- tegangan tekan saat transfer ( $f_{ci} = 0,95 f_c$ )				
- tegangan ijin				
a. saat transfer				
- serat tekan ( $f_c$ )	MPa	-25,6500	-25,6500	-25,6500
- serat tarik ( $f_t$ )	MPa	1,6346	1,6346	1,6346
b. saat layan				
- serat tekan ( $f_{cs}$ )	MPa	-20,2500	-20,2500	-20,2500
- serat tarik ( $f_{ts}$ )	MPa	3,3541	3,3541	3,3541
- serat tekan ( $f_{cs}$ ) seluruh		-27,0000	-27,0000	-27,0000
- serat tekan ( $f_{cs}$ ) seluruh		0,8000	0,8000	0,8000
LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang (R = 1 - LOF)				
5. Modulus elastisitas				
- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000,0000	198.000,0000	198.000,0000
- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000,0000	200.000,0000	200.000,0000
- Beton (Ec)	MPa	31.528,5585	31.528,5585	31.528,5585
- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730,2376	30.730,2376	30.730,2376
Modulus ruptur ( $f_r$ )	MPa	4,6957	4,6957	4,6957
6. Angka perbandingan modular				
a. saat transfer				
- nps		6,4432	6,4432	6,4432
b. saat layan				
- nps		6,2600	6,2600	6,2600
- ns		6,3435	6,3435	6,3435

5	Beban dan berat isi					
	- beban berguna auditorium (WL)	KN/m <sup>2</sup>	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- Beban mati (wD)	KN/m <sup>2</sup>	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970
	- Berat Gelagar sebenarnya (wG)	KN/m <sup>3</sup>	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
	- Tca. beban	KN/m <sup>3</sup>	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917
	- Saat transfer beban mati yang telah bekerja	%	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000
6	Berat prategang ASTM strand type 13 mm					
	- luas penampang	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- diameter sebulung	mm	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000
	- luas selampang	mm <sup>2</sup>	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650
	- jumlah kabel yang dipakai (100%)	big	72	72	72	72
	- luas kabe yang dipakai (100%)	mm <sup>2</sup>	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000
7	Tulangan Non-Prategang					
	- tegangan leleh	Mpa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- diameter	mm	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- luas 1 batang	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- regangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
8	Momen-momen yang bekerja					
	- saat transfer	KNm	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654
	- saat tumpuan	KNm	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131
	- momen penakut (Mu)	KNm	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457
	- momen tumpuan (Mo)	KNm	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321
9	Ukuran balok					
	- tinggi penampang di	mm	2,149,0121	2,149,0121	2,149,0121	2,149,0121
	- lebar penampang di	mm	859,6048	859,6048	859,6048	859,6048
	- Tinggi Flens atas (tff)	mm	214,9012	214,9012	214,9012	214,9012
	- Tinggi Flens bawah (tfb)	mm	214,9012	214,9012	214,9012	214,9012
	- Tinggi Web (tw)	mm	1,719,2096	1,719,2096	1,719,2096	1,719,2096
	- Lebar Flens atas (lff)	mm	859,6048	859,6048	859,6048	859,6048
	- Lebar Flens bawah (lfb)	mm	859,6048	859,6048	859,6048	859,6048
	- Lebar Web (lw)	mm	257,8814	257,8814	257,8814	257,8814

PRATEGANG PARSIAL					
1	Tendon yang digunakan		54.8000	57.6000	54.0000
	- jumlah tendon	btg			
	- jumlah tendon digunakan	btg		5.724.6000	5.329.8000
	- luas tendon	mm <sup>2</sup>	6.415.5000		
2	Gaya Prategang				
	- gaya prategang awal (Pi)	kN	8.830,2942	7.879,3394	7.335,9367
	- gaya prategang efektif (Pe)	kN	7.084,2354	6.303,4716	5.868,7434
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	mm	279,5060	279,5060	279,5060
	- tinggi Efektif Penampang (ebp)	mm	1.869,5060	1.869,5060	1.869,5060
iii. TUL. NON-PRATEGANG dan KAPASITAS PENAMPANG					
1	Tinggi Efektif Penampang Prategang (dp)	mm	1.869,5060	1.869,5060	1.869,5060
2	Tinggi efektif non-prategang ( d )	mm	2.049,0121	2.049,0121	2.049,0121
3	Koefisien Beton karena $f_c > 30$ Mpa ( $\beta_1$ )		0,7300	0,7300	0,7300
4	Tegangan leleh pengganti baja prategang (fps)	MPa	1.581,0000	1.581,0000	1.581,0000
5	Gaya-gaya dalam				
	- Gaya tekan C1 = $0,85 f_c / b f_1 - b w$ - hf1	N	4.946.148,7926	4.946.148,7926	4.946.148,7926
	- tinggi blok tekan sayap 3	mm	257,3921	244,5886	243,1126
	- Gaya tekan C2 = $0,85 f_c b w a$	N	2.538.506,8660	2.412.613,3934	2.398.054,1126
	- Resultan gaya tekan				
	- besar gaya tekan	N	7.485.055,6587	7.358.762,6861	7.344.202,9052
	- lengan dari atas	mm	174,8570	112,3172	112,0564
	- Gaya tarik				
	- baja prategang (Tps = Aps fps)	N	10.142.505,5000	9.050.592,6000	8.426.413,8000
	- baja non-prategang				
	- di coba ( D25 )	btg	2.453,1250	4.415,6250	5.387,5000
	- luas	mm <sup>2</sup>	931.250,0000	1.766.250,0000	2.355.000,0000
	- Ts = As fy	N			
6	Keseimbangan Gaya-gaya dalam (C = Tps + Ts)				
	- letak garis netral (X)	mm	352,5919	335,0529	333,0309
	- rasio gaya tekan dan tarik		0,0141	0,0152	0,0146
	- rasio gaya tekan dan tarik prategang			(leleh)	(leleh)

- rasio tulangan prategang		0,0040	0,0036	0,0033
- syarat batas (0,36 β1)		0,2628	0,2628	0,2628
- rasio prategang		0,1403	0,1252	0,1165
- kapasitas dihitung berdasarkan		T (Tarik)	T (Tarik)	T (Tarik)
- Momen Nominal				
- gaya gaya dalam :				
-	mm	1.754,8490	1.757,1868	1.757,4466
-	mm	1.934,3551	1.936,6949	1.936,9550
- Momen nominal (Mn)	kNm	19.697,3539	19.334,2875	19.370,5230
- kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )	kNm	(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)
<b>IV. KONTROL TEGANGAN</b>				
<b>1. Saat Transfer</b>				
- tahanan bruto, tulangan non-prategang belum bekerja				
a. Persegi penampang				
- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812,5000	812.812,5000	812.812,5000
- jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	1.074,5060	1.074,5060	1.074,5060
- jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	1.074,5060	1.074,5060	1.074,5060
- Momen Inertia (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	456.140.372.284,1880	456.140.372.284,1880	456.140.372.284,1880
- modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	424.511.691,1482	424.511.691,1482	424.511.691,1482
- modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	424.511.691,1482	424.511.691,1482	424.511.691,1482
- luas girasi pangkat dua (v <sub>2</sub> )	mm <sup>2</sup>	561.187,6937	561.187,6937	561.187,6937
- e tengah bentang	mm	795,0000	795,0000	795,0000
- tegangan yang terjadi				
- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
<b>2. Saat Layan</b>				
-				
-				
-	KN	6.560,7493	6.662,2771	6.635,4133

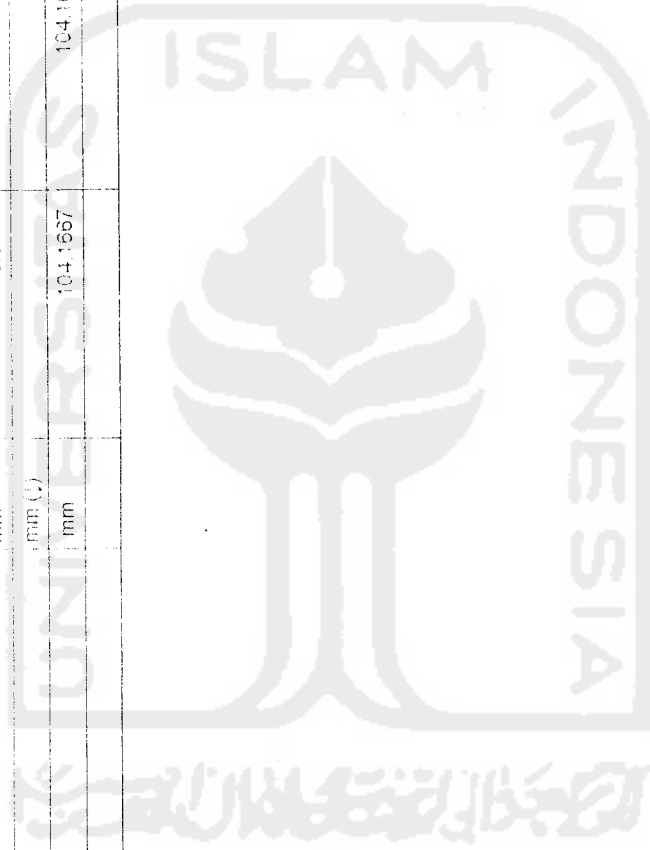
	- Momen total prategang	kN	4.815,8218	4.280,7305	4.013,1848
	- Momen total non-prategang	kN	535,0913	1.070,1826	1.337,7283
<b>a</b>	Prategang				
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	846.686,4728	843.038,5065	840.953,9543
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	1.106,3121	1.103,0097	1.101,1097
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	1.042,6999	1.046,0024	1.047,9024
	- e prategang	mm	763,1939	766,4963	768,3963
	- Momen Inertia (I trans)	mm <sup>4</sup>	702.645.563.625,5060	702.163.853.068.8540	701.886.489.134,8880
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	635.124.503,9584	636.589.020,7471	637.435,573,0681
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	673.871.690,0494	671.283.226,9573	669.601,415,8392
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	829.677,3822	832.996,5375	834.631,2964
	- Tegangan serat atas	MPa	-7,4475	-6,6175	-6,2038
	- Teagangan serat bawah	MPa	-8,0326	-7,5461	-7,1746
<b>b</b>	Beton Bertulang				
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	825.920,6637	836.407,1946	844.272,0928
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	1.089,9724	1.101,9964	1.110,8185
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	1.059,0397	1.047,0156	1.038,1936
	- e prategang	mm	779,5336	767,5096	758,6876
	- Momen inertia (I trans)	mm <sup>4</sup>	702.517.257.827,4650	706.026.917.846,0520	708.601.947.350,5960
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	644.527,572,5632	640.679,856,2704	637.909,774,3350
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	663.353,107,3296	674.323,190,7732	682.533,527,5203
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	850,566,8526	844.118,6570	839.305,1877
	- Tegangan serat atas	MPa	-0,8302	-1,6704	-2,0970
	- Teagangan serat bawah	MPa	0,8066	1,5870	1,9699
<b>c</b>	Tegangan yang terjadi:				
	- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
<b>VI.</b>	Lendutan Jangka Pendek				
	- Gaya Prategang efektif susut (Fe)	kN	6.511,0182	6.960,9055	6.480,8459
	- Lendutan Ke Atas/Chamber (lpi)	mm	-28,8047	-25,7026	-23,9300





- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8715	0,8795	0,8841
- Waktu (t)	Hari	90	90	90
- Koefisien Rangkak Utitmit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,4054	1,4054	1,4054
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,7350	0,7350	0,7350
- Lentutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-36,4630	-31,3 '66	-27,5535
- akibat beban gelagar	mm	13,3335	11,6573	11,0268
- akibat beban mati	mm	15,3235	13,8844	13,0744
- akibat beban hidup	mm	8,8417	8,8417	8,8417
- Lentutan Total ( $\delta_T$ )	mm ( )			
- Batas Lentutan $\leq L/240$	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>b. Lentutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P_1$ )	KN	2,530,5142	2,132,8814	1,919,2419
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	KN	6,299,7800	5,746,4581	5,416,6948
- LOF	%	28,6572	27,0693	26,1622
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8567	0,8647	0,8692
- Waktu (t)	Hari	365	365	365
- Koefisien Rangkak Utitmit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,8215	1,8215	1,8215
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,8231	0,8231	0,8231
- Lentutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-39,5215	-31,6933	-27,5193
- akibat beban gelagar	mm	15,3237	13,4106	12,3339
- akibat beban mati	mm	15,5703	14,3892	13,4993
- akibat beban hidup	mm	8,8417	8,8417	8,8417
- Lentutan Total ( $\delta_T$ )	mm ( )			
- Batas Lentutan $\leq L/240$	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>c. Lentutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P_3$ )	KN	2,619,7377	2,213,4327	1,994,7514
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	KN	6,210,5555	5,665,9067	5,341,1853
- LOF	%	29,9676	28,2242	27,1915
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8517	0,8586	0,8640

- Waktu (t)	Hari	1.095	1.095	1.095
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2.3500	2.3500	2.3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		2.0433	2.0433	2.0433
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0.5473	0.5473	0.5473
- Lendutan yang terjadi				
- ex bat chamber	mm	-41.1939	-32.7551	-28.2688
- ex bat beban gelagar	mm	19.3846	14.2366	13.0318
- ex bat beban mati	mm	16.3651	14.3071	13.4302
- ex bat beban hidup	mm	6.5417	6.2417	6.6417
- Lendutan Total (ot)	mm (L)			
- Batas Lendutan < L/240	mm	104.1667	104.1667	104.1667



Tabel C.4.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 2.75$

No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
<b>1 Data</b>						
<b>1 Tendon</b>						
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.860.000	1.860.000	1.860.000	1.860.000
	- tegangan leleh (0.85 fpu)	MPa	1.581.000	1.581.000	1.581.000	1.581.000
	- tegangan ijin saat transfer (0.74 fpu)	MPa	1.376.400	1.376.400	1.376.400	1.376.400
<b>2 Beton</b>						
	- tegangan tekan (fc)	MPa	45.000	45.000	45.000	45.000
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0.95 fc)	MPa	42.750	42.750	42.750	42.750
	- modulus ruptur (fr)	MPa	4.6957	4.6957	4.6957	4.6957
<b>3 Modulus Elastisitas</b>						
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000.000	198.000.000	198.000.000	198.000.000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000.000	200.000.000	200.000.000	200.000.000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
<b>4 Angka perbandingan modular</b>						
	a saat transfer					
	- pas		6.4432	6.4432	6.4432	6.4432
	b saat layan					
	- pas		6.2800	6.2800	6.2800	6.2800
	- ps		6.3435	6.3435	6.3435	6.3435
<b>5 Baja prategang ASTM strand type 13 mm</b>						
	- pas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98.7000	98.7000	98.7000	98.7000
	- jumlah kabel yang digunakan	btg				
	- pas baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106.4000	6.415.5000	5.724.6000	5.329.8000
	- Baja Prategang awal (Pi)	kN	9.761.2490	8.830.2842	7.879.3384	7.035.9367
<b>6 Tulangan Non-Prategang D25</b>						
	- tegangan leleh	MPa		-400.0000	400.0000	400.0000
	- regangan leleh			0.0020	0.0020	0.0020
	- pas 1 batang	mm <sup>2</sup>		-400.6250	400.6250	400.6250
	- jumlah tulangan non-prategang yang dipakai	btg				
	- pas tulangan non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>		3.453.1250	4.415.6250	5.697.6250

<b>- Data Struktur</b>							
- bentang balok	m	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000
- luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
- momen inertiya bruto (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	501.754.409.512.6060	501.754.409.512.6060	501.754.409.512.6060	501.754.409.512.6060	501.754.409.512.6060	501.754.409.512.6060
- radius girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	617.306.4631	617.306.4631	617.306.4631	617.306.4631	617.306.4631	617.306.4631
- eksentrisitas ditengah bentang (e <sub>c</sub> )	mm	825.0000	825.0000	825.0000	825.0000	825.0000	825.0000
<b>1 Kehilangan Tegangan Sesaat</b>							
<b>Kehilangan akibat Pergeseran Angkat</b>							
- Efisiensi angkat	mm	6.5000	6.5000	6.5000	6.5000	6.5000	6.5000
- Δf <sub>c1</sub>	MPa	51.4800	51.4800	51.4800	51.4800	51.4800	51.4800
<b>2 Kehilangan Akibat Perpindahan Elastis Beton</b>							
<b>3 Kehilangan Akibat Gesekan</b>							
- tondok parabola (δ)	rad	0.2640	0.2640	0.2640	0.2640	0.2640	0.2640
- koefisien Weibull (K)		0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
- koefisien kelengkungan (μ)		0.1500	0.1500	0.1500	0.1500	0.1500	0.1500
- Δf <sub>fF</sub>	MPa	110.9378	110.9378	110.9378	110.9378	110.9378	110.9378
<b>4 Keadaan setelah Kehilangan sesaat</b>							
- Total Kehilangan Tegangan (Δf <sub>BT</sub> )	MPa	162.4178	162.4178	162.4178	162.4178	162.4178	162.4178
- Tegangan tendon (f <sub>pu</sub> )	MPa	1.213.9822	1.213.9822	1.213.9822	1.213.9822	1.213.9822	1.213.9822
- Daya Tarikang (P <sub>1</sub> )	kN	8.927.0428	7.798.3025	6.949.5623	6.949.5623	6.470.2821	6.470.2821
<b>5 Kehilangan Tegangan setelah 3 bulan</b>							
<b>Akibat Relaksasi baja</b>							
- waktu (hari)	hari	90	90	90	90	90	90
- waktu (jam)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
- Δf <sub>CR</sub>	MPa	19.5973	19.5973	19.5973	19.5973	19.5973	19.5973
<b>Akibat Rangkak</b>							
- E <sub>sb</sub> beton (GPa)		1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
- momen akibat beban mati saat transfer (M <sub>D</sub> )	kNm	2.138.5654	2.138.5654	2.138.5654	2.138.5654	2.138.5654	2.138.5654
- Momen akibat beban hidup saat transfer	kNm	2.112.8777	2.112.8777	2.112.8777	2.112.8777	2.112.8777	2.112.8777
- M <sub>1</sub>	kNm	19.6904	19.6904	19.6904	19.6904	19.6904	19.6904
- M <sub>2</sub>	kNm	5.2818	5.2818	5.2818	5.2818	5.2818	5.2818

- $\Delta f_{PCR}$	MPa	135,8311	114,0305	92,2299	79,7724
- tambahan tegangan ( $\Delta f_{SD}$ )	MPa	34,0318	34,0318	34,0318	34,0318
<b>3 Akibat Susut</b>					
- regangan susut ultimit (perawatan basah 7 hari)	MPa	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- $\Delta f_{pSH}$	MPa	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172
	MPa	219,7139	197,9133	176,1126	163,6551
<b>4 Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_{pT}</math></b>					
- keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	994,2683	1,016,0689	1,037,8695	1,050,3270
- tegangan efektif $f_{pe}$	kN	7,065,6679	6,518,5900	5,941,3879	5,598,0330
- gaya prategang efektif $P_e$	%	27,7631	26,1792	24,5954	23,6903
- LOF					
<b>IV Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun</b>					
- Akibat Relaksasi baja	hari	365	365	365	365
- waktu (hari)	jam	8,760	8,760	8,760	8,760
- waktu (jam)	MPa	1,0598	1,2724	1,4930	1,6228
- $\Delta f_{pR}$					
<b>2 Akibat Rangkak</b>					
stabil, tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan)					
<b>3 Akibat Susut</b>					
- regangan susut ultimit (perawatan basah 7 hari)	MPa	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
- $\Delta f_{pSH}$	MPa	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571
- $\Delta f_{pSH}$	MPa	39,3399	39,3399	39,3399	39,3399
- $\Delta f_{pSH}$	tPa	40,3997	40,6123	40,8329	40,9627
<b>4 Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_{pT}</math></b>					
- keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	963,8685	975,4566	997,0366	1,009,3643
- tegangan efektif $f_{pe}$	kN	6,778,5714	6,258,0420	5,707,6356	5,379,7100
- gaya prategang efektif $P_e$	%	30,6983	29,1299	27,5620	26,6664
- LOF					
<b>IV Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun</b>					
- Akibat Relaksasi baja	hari	1095	1095	1095	1095
- waktu (hari)	jam	26,260	26,260	26,260	26,260
- waktu (jam)	MPa	3,3394	0,6928	0,6624	0,6454
- $\Delta f_{pR}$					

Tabel C.4.2 Prategang Penuh  $h/b = 2.75$

I.		Data		
1	Bentang balok		25,0000	m
2	Jarak antar balok		5,0000	m
3	Baja Prategang			
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)		1.860,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,85 fpu)		1.581,0000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)		1.376,4000	Mpa
4	Beton			
	- tegangan tekan (f'c)		45,0000	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer $f_{ci} = 0,95 f_c$		42,7500	Mpa
	- tegangan ijin			
	a. saat transfer			
	- serat tekan (fci)		-25,6500	Mpa
	- serat tarik (fti)		1,6346	Mpa
	b. saat layan			
	- serat tekan (fcs)		-20,2560	Mpa
	- serat tarik (fts)		3,3541	Mpa
	- serat tekan (fcs) seluruh		-27,0000	Mpa
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang $R = 1 - LOF$		0,8000	
6	Baja Non-Prategang (fpy)		400,0000	Mpa
7	Modulus elastisitas			
	- Baja Prategang (Eps)		198.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang (Es)		200.000,0000	Mpa
	- Beton (Ec)		31.528,5585	Mpa
	- Beton saat transfer (Eci)		30.730,2376	Mpa
8	Modulus ruptur (fr)		4,6957	Mpa
9	Angka perbandingan modular			
	a. saat transfer			
	- nps		6,4432	
	b. saat layan			
	- nps		6,2300	
	- ns		6,3435	
10	Beban dan berat isi			
	- beban berguna auditorium (WL)		5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- berat isi			
	- beton		23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal		0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- spesi per cm tebal		0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir		18,0000	kN/m <sup>3</sup>
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja		35,0000	%
12	Baja prategang ASTM strand type 13 mm			
	- luas 1 kabel		98,7000	mm <sup>2</sup>
	- diameter selubung		127,0000	mm
	- luas selubung		12.661,2650	mm <sup>2</sup>
II.		Beban dan Momen Balok		
1	Beban mati (wD)		24,7970	kN/m'
	- pelat 20 cm		20,2400	kN/m'
	- traso 3 cm		0,0360	kN/m'
	- spesi 2 cm		0,0210	kN/m'
	- pasir 5 cm		4,5000	kN/m'

2	Beban Hidup (wL)	25.0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan		kN/m'
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2658	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.328,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.006,1680	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.218,5158	kNm
<b>III. Besaran Penampang I Simetris untuk <math>h/b = 2,50</math></b>			
1	Luas penampang Persegi $h/b = 2$ (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- h/b		
	- Tinggi Penampang ( $h = (Ac \text{ persegi} / (0,44/2,75))^{1/2}$ )	2.253,9029	mm
	- Tinggi Flens atas (hf1)	225,3903	mm
	- Tinggi Flens bawah (hf2)	225,3903	mm
	- Tinggi Web (hw)	1.803,1223	mm
	- lebar Penampang (b)	819,6010	mm
	- Lebar Flens atas (bf1)	819,6010	mm
	- Lebar Flens bawah (bf2)	819,6010	mm
	- Lebar Web (bw)	245,8803	mm
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6947	kN/m'
3	Jarak garis netral		
	- ke serat atas (ct)	1.126,9514	mm
	- ke serat bawah (cb)	1.126,9514	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-12,0077	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	9.760,0139	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	7.090,9720	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	71,8137	btg
	- jumlah kabel yang digunakan		btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg)		bh
	- luas tendon yang digunakan	7.166,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	Inersia penampang (I) yang digunakan	501.734.409.512,6060	mm <sup>4</sup>
	- Serat Atas (St)	445.231.617,8279	mm <sup>4</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	445.231.617,8279	mm <sup>4</sup>
9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	826,0055	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)		mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	301,9514	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)	1.951,9514	mm
<b>IV. Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>			
<b>IV.1. Saat Transfer (Pakai penampang bruto )</b>			
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	1.126,9514	mm

2	Beban Hidup (wL)	25,0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan		kN/m'
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.937,2656	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.953,1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	1.328,1250	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	2.026,1630	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	1.259,2227	kNm
9	Momen Total (MT)	5.213,5156	kNm
<b>III. Besaran Penampang I Simetris untuk <math>h/b = 2,50</math></b>			
1	Luas penampang Persegi $h/b = 2$ (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas dan berat gelagar		
	- h/b		
	- Tinggi Penampang ( $h = (Ac \text{ persegi} / (0,44/2,75))^{1/2}$ )	2.253,9029	mm
	- Tinggi Flens atas (hf1)	225,3903	mm
	- Tinggi Flens bawah (hf2)	225,3903	mm
	- Tinggi Web (hw)	1.803,1223	mm
	- lebar Penampang (b)	819,8010	
	- Lebar Flens atas (bf1)	819,6010	mm
	- Lebar Flens bawah (bf2)	819,6010	
	- Lebar Web (bw)	245,8803	mm
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	18,6947	kN/m'
3	Jarak garis netral :		
	- ke serat atas (ct)	1.126,9514	mm
	- ke serat bawah (cb)	1.126,9514	mm
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fcci)	-12,0077	MPa
5	Gaya prategang awal (Pi)	9.760,0139	kN
6	Luas tendon yang diperlukan	7.090,9720	mm <sup>2</sup>
	- jumlah kabel yang diperlukan	71,8437	btg
	- jumlah kabel yang digunakan		btg
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg )		btg
	- luas tendon yang digunakan	7.106,4000	mm <sup>2</sup>
7	Gaya Prategang yang digunakan		
	- Awal (Pi)	9.781,2490	kN
	- Efektif (Pe)	7.824,9992	kN
8	Modulus penampang yang digunakan :		
	Inersia penampang (I) yang digunakan	501.754.409.512,6060	mm <sup>4</sup>
	- Serat Atas (St)	445.231.617,8279	mm <sup>3</sup>
	- Serat Bawah (Sb)	445.231.617,8279	mm <sup>3</sup>
9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang		
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	826,0855	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)		mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	301,9514	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)	1.951,9514	mm
<b>IV. Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>			
<b>IV.1. Saat Transfer (Pakai penampang bruto )</b>			
1	Propertis Penampang :		
	- Luas penampang (Ac)	812.812,5000	mm <sup>2</sup>
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	1.126,9514	mm

*Prategang Pasah*



4	Periksa rasio prategang :		
	- syarat batas 0,36 B1	0,2628	
	- Rasio Tulangan Bagian Badan (ppw)	0,3426	
	- rasio prategang	12,0360	
	- kapasitas dihitung berdasarkan	C (Tekan)	
5	Momen Nominal penampang (Mn tersedia)		kNm
6	Momen yang bekerja		
	- Momen terfaktor (Mu)	7.202,3457	kNm
	- Momen Nominal perlu (Mn perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )		kNm
VI.	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
VI.1.	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>		
	- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	8.627,0428	kN
	- Lendutan Ke Atas/Chamber ( $\delta_{pi}$ )	-30,0516	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3736	kN/m
	- Lendutan Ke Bawah ( $\delta_D$ )	9,0297	mm
	- Total Lendutan Jangka Pendek ( $\delta_T$ )		mm (!)
VI.2.	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	<b>Lendutan dasar</b>		
	- Lendutan Akibat Beban Mati ( $\delta_D$ )	7,9726	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar ( $\delta_G$ )	6,0107	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup ( $\delta_L$ )	8,0379	mm
1	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	<b>Faktor pengali PCI</b>		
	- Akibat Chamber	1,8000	
	- Akibat beban mati	1,8500	
	- Akibat beban sendiri	3,0000	
	- Lendutan Total ( $\delta_T$ )	-13,2736	mm (!)
	- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm
2	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>		
	- Koefisien Koreksi Rangkak (Kr)	1,0000	
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.715,5810	kN
	- Gaya Prategang efektif Pe	7.065,6679	kN
	- LOF	27,7631	%
	- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8612	
	- Waktu (t)	90	Hari
	- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
	- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,4054	
	- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,7350	
	- Lendutan yang terjadi		
	- akibat chamber	-46,3637	mm
	- akibat beban gelagar	14,4580	mm
	- akibat beban mati	16,2085	mm
	- akibat beban hidup	8,0379	mm
	- Lendutan Total ( $\delta_T$ )		mm (!)
	- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm

<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>		
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.755,9807	kN
- Gaya Prategang efektif $P_e$	6.778,5714	kN
- LOF	30,6973	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8591	
- Waktu (t)	365	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,8215	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,8231	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-50,0530	mm
- akibat beban gelagar	16,9590	mm
- akibat beban mati	17,0214	mm
- akibat beban hidup	8,0379	mm
- Lendutan Total ( $\delta_T$ )		mm (?)
- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>		
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	2.769,6873	kN
- Gaya Prategang efektif $P_e$	6.681,1669	kN
- LOF	31,6941	%
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	0,8584	
- Waktu (t)	1.095	Hari
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	2,0433	
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,5473	
- Lendutan yang terjadi		
- akibat chamber	-53,2037	mm
- akibat beban gelagar	18,2023	mm
- akibat beban mati	16,8892	mm
- akibat beban hidup	8,0379	mm
- Lendutan Total ( $\delta_T$ )		mm (?)
- Batas Lendutan $< L/240$	104,1667	mm

Tabel C.4.3 Prategang Parsial  $h/b = 2,75$

i.	DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Bentang balok	m	25.0000	25.0000	25.0000
2	Jarak antar balok	m	5.0000	5.0000	5.0000
3	Baja Prategang	MPa	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000
	- Tegangan Ultimit Tendon (fpu)	MPa	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000
	- tegangan leleh (0,85 fpu)	MPa	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)				
4	Beton	MPa	45.0000	45.0000	45.0000
	- tegangan tekan (fc)	MPa	42.7500	42.7500	42.7500
	- tegangan tekan saat transfer (fci = 0,95 fc)				
	- tegangan ijin				
	a. saat transfer	MPa	-25.6500	-25.6500	-25.6500
	- serat tekan (fci)	MPa	1.6346	1.6346	1.6346
	- serat tarik (ft)				
	b. saat layan	MPa	-20.2500	-20.2500	-20.2500
	- serat tekan (fcs)	MPa	3.3541	3.3541	3.3541
	- serat tarik (fts)				
	- serat tekan (fcs) seluruh		-27.0000	-27.0000	-27.0000
	- serat tekan (fcs) kehilangan prategang (R = 1 - LOF)		0.8000	0.8000	0.8000
5	Modulus elastisitas	MPa	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
	- Beton (Ec)	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
	- Beton saat transfer (Eci)	MPa	4.6957	4.6957	4.6957
	- Modulus ruptur (fr)				
6	Baja perbandingan modular				
	a. saat transfer		6.4432	6.4432	6.4432
	- nps				
	b. saat layan		6.3435	6.3435	6.3435
	- nps				

3	Beban dan berat isi							
	Beban berguna auditorium (WL)	kN/m <sup>2</sup>	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000
	Beban mati (wD)	kN/m <sup>2</sup>	24.7970	24.7970	24.7970	24.7970	24.7970	24.7970
	Berat gelagar sebenarnya (wG)	kN/m <sup>2</sup>	18.6947	18.6947	18.6947	18.6947	18.6947	18.6947
	Beban total	kN/m <sup>2</sup>	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917	68.4917
10	Saat transfer beban mati yang telah bekerja	%	35.0000	35.0000	35.0000	35.0000	35.0000	35.0000
11	Lebar pratang ASTM strand type 19 mm							
	Lebar 1 Kabel	mm <sup>2</sup>	96.7000	96.7000	96.7000	96.7000	96.7000	96.7000
	Lebar 1 meter selubung	mm	127.0000	127.0000	127.0000	127.0000	127.0000	127.0000
	Luas selubung	mm <sup>2</sup>	12.661.2650	12.661.2650	12.661.2650	12.661.2650	12.661.2650	12.661.2650
	Momen kabel yang dipakai ( 100% )	kg	72	72	72	72	72	72
	Momen kabel yang dipakai ( 100% )	mm <sup>2</sup>	7.106.4000	7.106.4000	7.106.4000	7.106.4000	7.106.4000	7.106.4000
12	Tahanan Non-Pratayang							
	Tahanan leleh	MPa	400.0000	400.0000	400.0000	400.0000	400.0000	400.0000
	Tahanan 1 meter	mm	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000
	Tahanan 1 batang	mm <sup>2</sup>	490.6250	490.6250	490.6250	490.6250	490.6250	490.6250
	Tahanan leleh		0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
13	Momen-momen yang bekerja							
	Momen transfer	kNm	2.138.5654	2.138.5654	2.138.5654	2.138.5654	2.138.5654	2.138.5654
	Momen tumpuan momen total	kNm	5.350.9131	5.350.9131	5.350.9131	5.350.9131	5.350.9131	5.350.9131
	Momen tumpuan faktor Mu1	kNm	7.202.3457	7.202.3457	7.202.3457	7.202.3457	7.202.3457	7.202.3457
	Momen tumpuan Mu2	kNm	9.002.9321	9.002.9321	9.002.9321	9.002.9321	9.002.9321	9.002.9321
14	Luas penampang balok							
	Luas penampang (b)	mm	2.253.9029	2.253.9029	2.253.9029	2.253.9029	2.253.9029	2.253.9029
	Luas penampang (b)	mm	819.6010	819.6010	819.6010	819.6010	819.6010	819.6010
	Luas Flens atas (bf1)	mm	225.3903	225.3903	225.3903	225.3903	225.3903	225.3903
	Luas Flens bawah (bf2)	mm	225.3903	225.3903	225.3903	225.3903	225.3903	225.3903
	Luas Web (bw)	mm	1.803.1223	1.803.1223	1.803.1223	1.803.1223	1.803.1223	1.803.1223
	Luas Flens atas (bf1)	mm	819.6010	819.6010	819.6010	819.6010	819.6010	819.6010
	Luas Flens bawah (bf2)	mm	819.6010	819.6010	819.6010	819.6010	819.6010	819.6010
	Luas Web (bw)	mm	1.803.1223	1.803.1223	1.803.1223	1.803.1223	1.803.1223	1.803.1223

<b>II. PRATEGANG PARSIAL</b>					
1	Tendon yang digunakan	big	84.5000	57.6000	54.0000
	- jumlah tendon	big			
	- jumlah tendon digunakan	big	6.415.5000	5.724.6000	5.329.8000
	- luas tendon	mm <sup>2</sup>			
2	Gaya Prategang	KN	6.830.2942	7.879.3394	7.335.9.67
	- gaya prategang awal (P <sub>ii</sub> )	KN	7.254.2254	6.303.4716	5.868.7.34
	- gaya prategang efektif (P <sub>e</sub> )	mm	301.9514	301.9514	301.9514
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d)	mm	1.951.9514	1.951.9514	1.951.9514
	- tinggi Efektif Penampang (dp)				
<b>III. TUL. NON-PRATEGANG dan KAPASITAS PENAMPANG</b>					
1	Tinggi Efektif Penampang Prategang (dp)	mm	1.951.9514	1.951.9514	1.951.9514
2	Tinggi efektif non-prategang ( d )	mm	2.153.9029	2.153.9029	2.153.9029
3	Koefisien Beton karena f <sub>c</sub> > 30 Mpa (β <sub>1</sub> )	MPa	0.7300	0.7300	0.7300
4	Tegangan leleh pengganti baja prategang (fps)		1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000
5	Gaya-gaya dalam	N	4.946.148.7926	4.946.148.7926	4.946.148.7926
	- Gaya tekan C1 = 0.85 f <sub>c</sub> (bf1 - bw) hf1	mm	269.9551	256.5267	254.9786
	- tinggi blok tekan sayap a	N	2.538.909.8660	2.412.613.8934	2.398.054.1126
	- Gaya tekan C2 = 0.85 f <sub>c</sub> bw.a				
	- Resultan gaya tekan	N	7.485.055.6587	7.358.762.6861	7.344.202.9052
	- besar gaya tekan	mm	100.2533	117.7993	117.5258
	- lengan dari atas				
	- Gaya tarik	N	10.142.915.5000	9.050.592.6000	8.426.413.8000
	- baja prategang (Tps = Aps fps)				
	- baja non-prategang	big	2.453.1250	4.415.6250	5.887.5000
	- di coba ( D25 )	mm <sup>2</sup>	961.259.0000	1.766.250.0000	2.355.000.0000
	- luas				
	- Ts = As fy				
6	Keseimbangan Gaya-gaya dalam (C = Tps + Ts)	mm	369.9015	361.4065	349.2858
	- letak garis netral (xi)		0.145	0.154	0.105
	- regangan tulangan prategang				
				(leleh)	(leleh)

- rasio tulangan prategang	0,0040	0,0036	0,0033
- syarat batas ( $0,35 \beta f'$ )	0,2628	0,2628	0,2628
- rasio prategang	0,1409	0,1257	0,1173
- kapasitas dihitung berdasarkan	T (Tarik)	T (Tarik)	T (Tarik)
- Momen Nominal			
- beban gaya dalam	1.834.982	1.834.1522	1.834.4256
- z1	2.036.1036	2.036.1036	2.036.3771
- z2	20.196.4319	20.196.4319	20.253.2976
- Momen nominal (Mn)	(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)
- Kelembutan kapasitas (Mn tersedia - Mn perlu)			
<b>IV. KONTROL TEGANGAN</b>			
<b>1. Saat Transfer</b>			
- tumpang bruto tulangan non-prategang belum bekerja)			
<b>a. Propertis penampang</b>			
- luas tampang (Ac)	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	1.126.9514	1.126.9514	1.126.9514
- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	1.126.9514	1.126.9514	1.126.9514
- Momen Inertia (I <sub>u</sub> )	501.754.409.512.6060	501.754.409.512.6060	501.754.409.512.6060
- Modulus penampang bagian atas (S <sub>t</sub> )	445.231.617.8279	445.231.617.8279	445.231.617.8279
- Modulus penampang bagian bawah (S <sub>b</sub> )	445.231.617.8279	445.231.617.8279	445.231.617.8279
- radius prasi pada tumpuan (r)	617.306.4631	617.306.4631	617.306.4631
- e tumpang bentang	825.0000	825.0000	825.0000
<b>b. Tegangan yang terjadi</b>			
- serat atas	(aman)	(aman)	(aman)
- serat bawah	(aman)	(aman)	(aman)
<b>2. Saat Layan</b>			
- tumpang transfer pada tumpuan non-prategang sudah bekerja)			
- syarat batas ( $0,35 \beta f'$ )	0,2628	0,2628	0,2628
- rasio prategang	0,1409	0,1257	0,1173
- kapasitas dihitung berdasarkan	T (Tarik)	T (Tarik)	T (Tarik)
- Momen Nominal			
- beban gaya dalam	1.834.982	1.834.1522	1.834.4256
- z1	2.036.1036	2.036.1036	2.036.3771
- z2	20.196.4319	20.196.4319	20.253.2976
- Momen nominal (Mn)	(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)
- Kelembutan kapasitas (Mn tersedia - Mn perlu)			
<b>IV. KONTROL TEGANGAN</b>			
<b>1. Saat Transfer</b>			
- tumpang bruto tulangan non-prategang belum bekerja)			
<b>a. Propertis penampang</b>			
- luas tampang (Ac)	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	1.126.9514	1.126.9514	1.126.9514
- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	1.126.9514	1.126.9514	1.126.9514
- Momen Inertia (I <sub>u</sub> )	501.754.409.512.6060	501.754.409.512.6060	501.754.409.512.6060
- Modulus penampang bagian atas (S <sub>t</sub> )	445.231.617.8279	445.231.617.8279	445.231.617.8279
- Modulus penampang bagian bawah (S <sub>b</sub> )	445.231.617.8279	445.231.617.8279	445.231.617.8279
- radius prasi pada tumpuan (r)	617.306.4631	617.306.4631	617.306.4631
- e tumpang bentang	825.0000	825.0000	825.0000
<b>b. Tegangan yang terjadi</b>			
- serat atas	(aman)	(aman)	(aman)
- serat bawah	(aman)	(aman)	(aman)
<b>2. Saat Layan</b>			
- tumpang transfer pada tumpuan non-prategang sudah bekerja)			
- syarat batas ( $0,35 \beta f'$ )	0,2628	0,2628	0,2628
- rasio prategang	0,1409	0,1257	0,1173
- kapasitas dihitung berdasarkan	T (Tarik)	T (Tarik)	T (Tarik)
- Momen Nominal			
- beban gaya dalam	1.834.982	1.834.1522	1.834.4256
- z1	2.036.1036	2.036.1036	2.036.3771
- z2	20.196.4319	20.196.4319	20.253.2976
- Momen nominal (Mn)	(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)
- Kelembutan kapasitas (Mn tersedia - Mn perlu)			

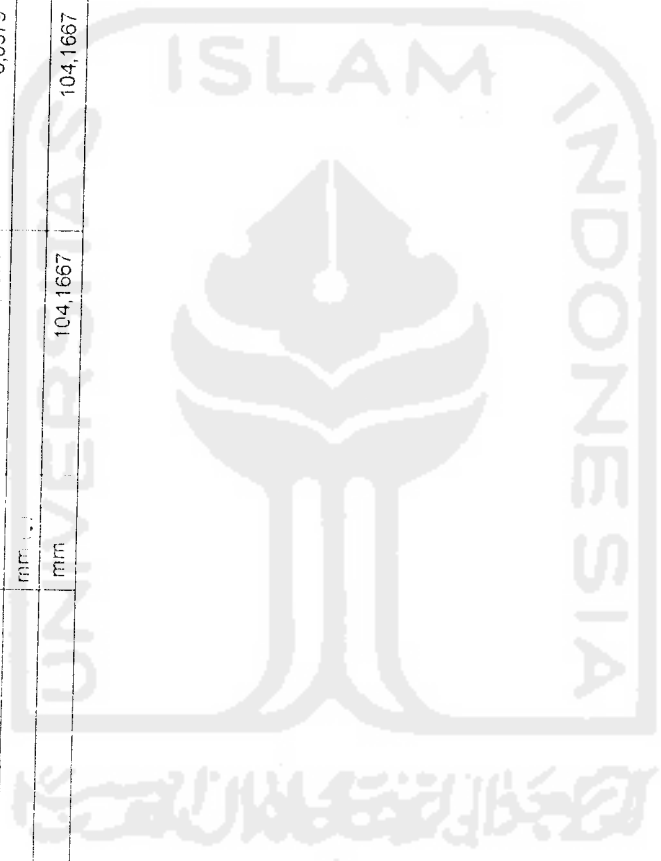
	- Momen total prategang	KN	4.815,8218	4.280,7305	4.013,1848
	- Momen total non-prategang	KN	535,0913	1.070,1826	1.337,7283
a	Prategang				
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	846.686,4728	843.038,5065	840.953,9543
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	1.159,9578	1.156,5307	1.154,5590
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	1.093,9451	1.097,3722	1.089,3439
	- e prategang	mm	791,9937	795,4207	797,3924
	- Momen inerti (I trans)	mm <sup>4</sup>	772.520.458.739,4160	772.120.268.529,9200	771.832.497.187,7730
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	666.076.962,7275	667.617.619,9796	668.508.488,3431
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	706.269.874,9813	703.608.391,0594	702.084.595,6115
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	912.522,5022	915.877,8188	917.805,8956
	- Tegangan serat atas	MPa	-7,1782	-6,3808	-5,9827
	- Teagangan serat bawah	MPa	-8,1901	-7,5803	-7,2986
b	Beton Bertulang				
	- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	825.920,6637	836.407,1946	844.272,0928
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	1.143,2501	1.155,9213	1.165,2181
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	1.110,6527	1.097,9816	1.088,6848
	- e non prategang	mm	808,7013	796,0301	786,7333
	- Momen Inerti (I trans)	mm <sup>4</sup>	772.857.359.038,9330	776.786.690.975,4650	779.669.632.803,4860
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	676.017.719,4120	672.006.555,3800	669.119.057,7574
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	695.858.704,0709	707.467.850,6617	716.157.379,2067
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	935.752,5402	928.718,3276	923.481,4593
	- Tegangan serat atas	MPa	-0,7915	-1,5925	-1,0992
	- Teagangan serat bawah	MPa	0,7690	1,5127	1,8679
c	Tegangan yang terjadi				
	- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
V1.1	Lendutan Jangka Pendek				
	- Gaya Prategang efektif serat (Pre)	KN	7.736,9025	6.849,5023	6.849,5023
	- Lendutan ke Atas Chamber (ypl)	mm	-27,1299	-24,2082	-22,5387

- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8691	0,8770	0,8815
- Waktu (t)	Hari	90	90	90
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,4054	1,4054	1,4054
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,7350	0,7350	0,7350
- Lentutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-35,8933	-29,2474	-25,6923
- akibat beban gelagar	mm	12,1214	10,7795	10,0243
- akibat beban mati	mm	13,9304	12,5222	11,8858
- akibat beban hidup	mm	8,0379	5,0379	8,0379
- Lentutan Total ( $\delta_T$ )	mm (.)			
- Batas Lentutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>b. Lentutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	kN	2,572,2522	2,171,7038	1,956,2267
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	kN	6,258,0420	5,707,6356	5,379,7100
- LOF	%	29,1299	27,5620	26,8664
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8544	0,8622	0,8667
- Waktu (t)	Hari	365	365	365
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,8215	1,8215	1,8215
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,6231	0,6231	0,6231
- Lentutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-36,7622	-29,4765	-25,5828
- akibat beban gelagar	mm	13,9306	12,1915	11,2127
- akibat beban mati	mm	14,5185	13,0311	12,2721
- akibat beban hidup	mm	8,0379	6,0379	8,0379
- Lentutan Total ( $\delta_T$ )	mm (.)			
- Batas Lentutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667
<b>c. Lentutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>				
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	kN	2,661,1712	2,251,9607	2,031,4495
- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	kN	5,169,1290	5,627,3733	5,204,4672
- LOF	%	30,1369	23,1333	27,6919
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8433	0,8571	0,8615



No Urutan	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000
-----------	------------	------------	------------	------------

- Waktu (t)	Hari	1.095	1.095	1.095
- koefisien Rangkak Ulimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		2,0433	2,0433	2,0433
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,5473	0,5473	0,5473
- Lendutan yang terjadi				
- akibat chamber	mm	-38,3335	-30,4580	-26,2733
- akibat beban gelagar	mm	14,8951	12,9442	11,8462
- akibat beban mati	mm	14,4228	13,0064	12,2093
- akibat beban hidup	mm	8,0379	8,0379	8,0379
- Lendutan Total (δ <sub>T</sub> )	mm			
- Batas Lendutan < L/240	mm	104,1667	104,1667	104,1667



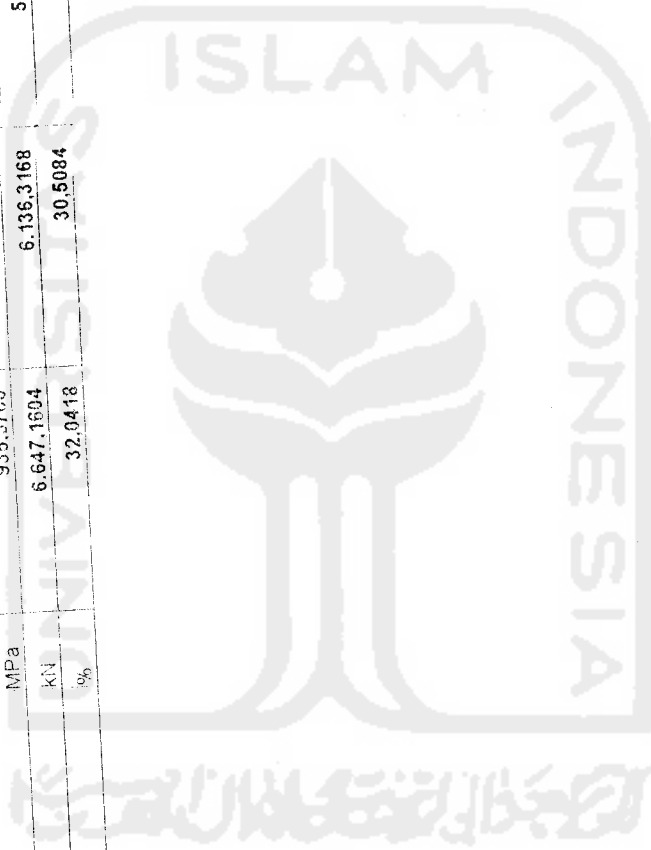
Tabel C 5.1 Kehilangan Gaya Prategang (LOF)  $h/b = 3,00$

No	Uraian	Sat.	Full Prestress	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
1	Data					
2	Tendon					
	- Tegangan Ulimit Tendon (fpu)	MPa	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000
	- Tegangan leleh (0.65 fpu)	MPa	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000
	- Tegangan lain saat transfer (0.4 fpu)	MPa	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000
3	Beton					
	- Tegangan tekan (fc)	MPa	45.0000	45.0000	45.0000	45.0000
	- Tegangan tekan saat transfer (fci = 0.95 fc)	MPa	42.7500	42.7500	42.7500	42.7500
	- Modulus ruptur (fr)	MPa	4.6957	4.6957	4.6957	4.6957
3	Modulus Elastisitas					
	- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000
	- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000
	- Beton (Ec)	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
4	Beton saat transfer (Eci)	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
4	Perbandingan modular					
	- Saat transfer		6.4432	6.4432	6.4432	6.4432
5	Luasan					
	- Saat layan		6.2800	6.2800	6.2800	6.2800
	- Saat		6.3435	6.3435	6.3435	6.3435
5	Baja prategang ASTM strand type 13 mm					
	- Luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98.7000	98.7000	98.7000	98.7000
	- Luasan kabel yang digunakan	big				
	- Luas baja prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	7.106.4000	6.415.5000	5.724.6000	5.329.6000
	- Gaya Prategang awal (Pi)	KN	9.761.2490	8.830.2942	7.879.5394	7.335.9357
5	Beton Non-Prategang D25					
	- Tegangan leleh	MPa	400.0000	400.0000	400.0000	400.0000
	- Tegangan leleh		0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
	- Luas penampang	mm <sup>2</sup>	490.6250	490.6250	490.6250	490.6250
	- Luasan tulangan non-prategang yang dipakai	big				
	- Luasan tulangan non-prategang yang digunakan	mm <sup>2</sup>	2.463.1250	4.415.6250	5.887.5000	5.887.5000

-	Baja Struktur		25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
-	Bentang balok	m	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
-	luas penampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	547.368.446.741.0260	547.368.446.741.0260	547.368.446.741.0260	547.368.446.741.0260
-	Momen inerti bruto (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	673.425.2324	673.425.2324	673.425.2324	673.425.2324
-	radius girasi kuadrat (i <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	850.0000	850.0000	850.0000	850.0000
-	eksentrisitas ditengah bentang (eo)	mm				
-	• Muatan Tegangan Sesaat					
-	• Muatan akibat Pergeseran Angkur	mm	6.5000	6.5000	6.5000	6.5000
-	• Pergeseran angkur	MPa	51.4800	51.4800	51.4800	51.4800
-	• MPa	MPa				
-	• Muatan Akibat Perpendekan Elastis Beton					
-	• Kehilangan Akibat Gesekan	rad	0.2720	0.2720	0.2720	0.2720
-	• tendon parabola (α)		0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
-	• koefisien Wobble (K)		0.1500	0.1500	0.1500	0.1500
-	• koefisien kelengkungan (μ)	MPa	112.5895	112.5895	112.5895	112.5895
-	• Δf <sub>p</sub>					
-	• Kehilangan setelah Kehilangan sesaat	MPa	164.0695	164.0695	164.0695	164.0695
-	• Berat kehilangan Tegangan (Δf <sub>pT</sub> )	MPa	1.212.3305	1.212.3305	1.212.3305	1.212.3305
-	• Tegangan tendon (f <sub>pi</sub> )	KN	8.940.1071	8.940.1071	8.940.1071	8.940.1071
-	• Gaya Prategang (P <sub>i</sub> )					
-	• Muatan Tegangan setelah 3 bulan					
-	• Akibat Relaksasi baja	hari	90	90	90	90
-	• waktu (hari)	jam	2.160	2.160	2.160	2.160
-	• waktu (jam)	MPa	19.4768	19.4768	19.4768	19.4768
-	• Δf <sub>pR</sub>					
-	• Akibat Rangkak		1.60	1.60	1.60	1.60
-	• pasca tarik (K <sub>cr</sub> )	KNm	2.138.5654	2.138.5654	2.138.5654	2.138.5654
-	• momen akibat beban mati saat transfer (M <sub>D</sub> )	KNm	3.212.3477	3.212.3477	3.212.3477	3.212.3477
-	• momen akibat beban total saat transfer	KNm	16.514	16.514	16.514	16.514
-	• f <sub>cs</sub>	MPa	4.9884	4.9884	4.9884	4.9884
-	• f <sub>csd</sub>					

	- $\Delta f_{pCR}$	MPa	137,2744	115,8109	94,3474	82,0826
	- tambahan tegangan ( $\Delta f_{SD}$ )	MPa	32,1411	32,1411	32,1411	32,1411
3	<b>Akibat Susut</b>					
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari)	MPa	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- $\Delta f_{pSH}$	MPa	98,3172	98,3172	98,3172	98,3172
	- $\Delta f_{pSH}$	MPa	222,9273	201,4638	180,0004	167,7355
4	<b>Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_{pT}</math></b>					
	- Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	989,4032	1.010,6667	1.032,3301	1.044,5950
	- tegangan efektif $f_{pe}$	kN	7.031,9949	6.485,2151	5.909,6770	5.567,4822
	- gaya prategang efektif $P_e$	%	28,1166	26,5572	24,9978	24,1067
	- LOF					
IV	<b>Kehilangan Tegangan setelah 1 tahun</b>					
1	<b>Akibat Relaksasi baja</b>	hari	365	365	365	365
	- waktu ( hari)	jam	8.760	8.760	8.760	8.760
	- waktu (jam)	MPa	1,0135	1,2209	1,4362	1,5628
	- $\Delta f_{pR}$					
2	<b>Akibat Rangkak</b>					
	( stabil, tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan )					
3	<b>Akibat Susut</b>					
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari)	MPa	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	8,00E-04
	- $\Delta f_{pSH}$	MPa	137,6571	137,6571	137,6571	137,6571
	- $\Delta f_{pSH}$	MPa	39,3339	39,3339	39,3339	39,3339
	- $\Delta f_{pSH}$	MPa	40,3534	40,5608	40,7761	40,9027
4	<b>Kehilangan Tegangan total <math>\Delta f_{pT}</math></b>					
	- Keadaan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	970,3059	991,5540	1.003,6923	1.003,6923
	- tegangan efektif $f_{pe}$	kN	6.744,3276	6.224,9972	5.676,2501	5.349,4792
	- gaya prategang efektif $P_e$	%	31,0484	29,5041	27,9603	27,0784
	- LOF					
IV	<b>Kehilangan Tegangan setelah 3 tahun</b>					
1	<b>Akibat Relaksasi baja</b>	hari	1095	1095	1095	1095
	- waktu ( hari)	jam	26.280	26.280	26.280	26.280
	- waktu (jam)	MPa	0,1060	0,6556	0,8113	0,9009
	- $\Delta f_{pR}$					

2	Akibat Rangkaian								
	- tidak terjadi tambahan kehilangan tegangan )								
			8.00E-04					8.00E-04	
3	Akibat Susut								
	- regangan susut ultimit ( perawatan basah 7 hari )	MPa	150,8243					150,8243	
	- Δf <sub>CSH</sub>	MPa	13,1672					13,1672	
	- Δf <sub>SSH</sub>	MPa	13,6732					13,9765	
4	kehilangan Tegangan total Δf <sub>pT</sub>								
	- kehilangan setelah terjadi kehilangan tegangan	MPa	936,3766					977,5755	989,6222
	- regangan efektif I <sub>pe</sub>	kN	6,647,1604					5,596,2288	5,274,4882
	- gaya prategang efektif P <sub>e</sub>	%	32,0418					28,9759	28,1007
	- L <sub>OF</sub>								



Tabel C.5.2 Prategang Penuh h/b = 3,00

I.	Data	25,0000	m
1	Bentang balok	5,0000	m
2	Jarak antar balok		
3	Baja Prategang	1.860,0000	Mpa
	- Tegangan Ulimit Tendon (fpu)	1.581,0000	Mpa
	- tegangan leleh (0,65 fpu)	1.376,4000	Mpa
	- tegangan ijin saat transfer (0,74 fpu)		
4	Beton	45,0000	Mpa
	- tegangan tekan (f'c)	42,7500	Mpa
	- tegangan tekan saat transfer f'ci = 0,95 f'c		
	- tegangan ijin		
	a. saat transfer	-25,6500	Mpa
	- serat tekan (fci)	1,6346	Mpa
	- serat tarik (fti)		
	b. saat layan	-20,2500	Mpa
	- serat tekan (fcs)	3,3541	Mpa
	- serat tarik (fts)	-27,0000	Mpa
	- serat tekan (fcs) seluruh	0,8000	
5	LOF = 20% --> rasio kehilangan prategang R = 1 - LOF	400,0000	Mpa
6	Baja Non-Prategang (fpy)		
7	Modulus elastisites	198.000,0000	Mpa
	- Baja Prategang (Eps)	200.000,0000	Mpa
	- Baja Non-Prategang (Esi)	31.538,5585	Mpa
	- Beton (Ec)	30.730,2376	Mpa
	- Beton saat transfer (Eci)	4,6957	Mpa
8	Modulus ruptur (fr)		
9	Angka perbandingan modular		
	a. saat transfer	6,4432	
	- nps		
	b. saat layan	6,2800	
	- nps	6,3435	
	- ns		
10	Beban dan berat isi	5,0000	kN/m <sup>2</sup>
	- beban berguna auditorium (WL)		
	- berat isi :	23,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- beton	0,2400	kN/m <sup>3</sup>
	- teraso per cm tebal	0,2100	kN/m <sup>3</sup>
	- spesi per cm tebal	18,0000	kN/m <sup>3</sup>
	- pasir	35,0000	%
11	Saat transfer beban mati yang telah bekerja		
12	Baja prategang ASTM strand type 13 mm	98,7000	mm <sup>2</sup>
	- luas 1 kabel	127,0000	mm
	- diameter selubung	12.661,2650	mm <sup>2</sup>
	- luas selubung		
II.	Beban dan Momen Balok	24,7970	kN/m'
1	Beban mati (wD)	20,2400	kN/m'
	- pelat 20 cm	0,0360	kN/m'
	- traso 3 cm	0,0210	kN/m'
	- spesi 2 cm	4,5000	kN/m'
	- pasir 5 cm		

2	Beban Hidup (wL)	25.0000	kN/m'
3	Berat Gelagar (wG) diperkirakan	1.937.2656	kNm
4	Momen Akibat Beban Mati (MD)	1.953.1250	kNm
5	Momen Akibat Beban Hidup (ML)	1.328.1250	kNm
6	Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	2.006.1680	kNm
7	Momen yang bekerja saat transfer (Mo)	1.259.2227	kNm
8	Momen beban mati diluar yang bekerja saat transfer (MDi)	5.218.5156	kNm
9	Momen Total (MT)		
<b>III. Besaran Penampang I Simetris untuk h/b = 3.00</b>			
1	Luas penampang Persegi h/b = 2 (Ac)	812.812.5000	mm <sup>2</sup>
2	Dimensi, luas, dan berat gelagar		
	- h/b	2.354.1248	mm
	- Tinggi Penampang ( $h = (Ac \text{ persegi} / (0.44/3.00))^{1/2}$ )	235.4125	mm
	- Tinggi Flens atas (hf1)	235.4125	mm
	- Tinggi Flens bawah (hf2)	1.883.2998	mm
	- Tinggi Web (hw)	784.7083	mm
	- lebar Penampang (b)	784.7083	mm
	- Lebar Flens atas (bf1)	784.7083	mm
	- Lebar Flens bawah (bf2)	235.4125	mm
	- Lebar Web (bw)	812.812.5000	mm <sup>2</sup>
	- Luas penampang (Ac)	18.6947	kN/m'
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)		
3	Jarak garis netral :	1.177.0624	mm
	- ke serat atas (ct)	1.177.0624	mm
	- ke serat bawah (cb)	-12.0077	MPa
4	Tegangan Tendon Pada Pusat Beton (fci)	9.760.0139	kN
5	Gaya prategang awal (Pi)	7.090.9720	mm <sup>2</sup>
6	Luas tendon yang diperlukan	71.8437	btg
	- jumlah kabel yang diperlukan		btg
	- jumlah kabel yang digunakan		bh
	- jumlah selubung (jumlah kabel @ 36 btg)	7.106.4000	mm <sup>2</sup>
	- luas tendon yang digunakan		
7	Gaya Prategang yang digunakan	9.781.2490	kN
	- Awal (Pi)	7.824.9992	kN
	- Efektif (Pe)		
8	Modulus penampang yang digunakan :	547.368.446.741.0260	mm
	inersia penampang (I) yang digunakan	465.029.258.3331	mm <sup>4</sup>
	- Serat Atas (St)	465.029.258.3331	mm <sup>4</sup>
	- Serat Bawah (Sb)		
9	Eksentrisitas tendon di tengah bentang	853.6981	mm
	- Eksentrisitas berdasar hitungan (ec)	5.111.640	mm
	- Digunakan Eksentrisitas (ec)	327.0624	mm
	- jarak titik tangkap tulangan ke tepi bawah (d')	2.027.0624	mm
10	Tinggi Efektif Penampang (dp)		
<b>IV. Pemeriksaan tegangan yang terjadi</b>			
<b>IV.1. Saat Transfer (Pakai penampang bruto)</b>			
1	Propertis Penampang	812.812.5000	mm <sup>2</sup>
	- Luas penampang (Ac)	1.177.0624	mm
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)		

	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	1.177,0624	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	850,0000	mm
	- Momen inerti bruto (I <sub>g</sub> )	547.368.446.741,0260	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	673.425.2324	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	465.029.258,3331	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)	465.029.258,3331	mm <sup>3</sup>
2	Momen yang bekerja	1.460,5225	kNm
	- Momen Akibat Berat Sendiri (MG)	2.138,5654	kNm
	- Momen yang bekerja saat transfer (Mo)		
3	Tegangan yang terjadi :		MPa
	- serat atas (ft)		aman
	Cek tegangan (ft) < fti		MPa
	- serat bawah (fb)		aman
	Cek tegangan (fb) < fci		
IV.2.	Saat Layan (Pakai penampang transformasi)	7.031,0949	
1	Propertis Penampang		
	- Gaya prategang efektif (Pe)	850.334.4391	mm <sup>2</sup>
	- Luas penampang (Ac)	1.214,5696	mm
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	1.139,5552	mm
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	812,4928	mm
	- Eksentrisitas tendon di tengah bentang (ec)	380.579.950.907,0180	mm <sup>4</sup>
	- Momen Inerti transformasi	447.565.0208	mm <sup>4</sup>
	- jari-jari girasi kuadrat (r <sup>2</sup> )	333.972.369,7629	mm <sup>2</sup>
	- Modulus penampang atas (St)	313.345.535,8591	mm <sup>3</sup>
	- Modulus penampang bawah (Sb)		
2	Momen yang bekerja	5.350,9131	kNm
	- Momen Total (MT)		
3	Tegangan yang terjadi :		MPa
	- serat atas (ft)		aman
	Cek tegangan (ft) < fti		MPa
	- serat bawah (fb)		aman
	Cek tegangan (fb) < fci		
V.	Momen Kapasitas Penampang	0,7300	
1	Koefisien Beton karena f'c > 30 Mpa (β1)		
2	Tegangan baja (f <sub>ps</sub> )	1.581,0000	MPa
	- tegangan leleh (f <sub>py</sub> = 0,85 f <sub>pu</sub> )	0,0045	
	- rasio tulangan prategang	0,4000	
	- koefisien jenis baja prategang	1,671,7977	MPa
	- tegangan pengganti tegangan leleh (f <sub>ps</sub> )		MPa
	- Dipakai f <sub>ps</sub>		
3	Beton Tekan	698,4342	mm
	- tinggi blok tekan (e)	Badan	
	- Garis netral pada :		
	- lengan beton tekan bagian sayap (z1)	1.909,3561	mm
	- lengan beton tekan bagian badan (z2)	1.677,8453	mm
	- Luas Blok Tekan Bagian Sayap (A <sub>pf</sub> )	129.311,0795	mm <sup>2</sup>
	- Luas Blok Tekan bagian badan (A <sub>pw</sub> )	164.420,1205	mm <sup>2</sup>
	- gaya tekan bagian sayap (c1)	4.946,1488	kN
	- Gaya Tekan Bagian Total (C2)	6.289,0696	kN



4	Periksa rasio prategang	0,2628	
	- syarat batas 0,36 B1	0,3446	
	- Rasio Tulangan Bagian Badan (ppw)	12,1054	
	- rasio prategang	C (Tekan)	
	- kapasitas dihitung berdasarkan		kNm
5	Momen Nominal penampang (Mn tersedia)		
6	Momen yang bekerja	7.202,3457	kNm
	- Momen taktik (Mu)		kNm
	- Momen Nominal perlu (Mn perlu)		kNm
	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )		
VI.	<b>Analisis Lendutan Penampang</b>		
VI.1.	<b>Lendutan Jangka Pendek</b>		
	- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	8.615,3053	kN
	- Lendutan ke Atas Chamber (api)	-26,3434	mm
	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	27,3736	kN/m
	- Lendutan ke Bawah (aD)	6,2772	mm
	- Total Lendutan Jangka Pendek (aT)		mm (↓)
VI.2.	<b>Lendutan Jangka Panjang</b>		
	Lendutan dasar	7,3053	mm
	- Lendutan Akibat Beban Mati (aD)	5,5098	mm
	- Lendutan Akibat Berat Gelagar (aG)	7,3681	mm
	- Lendutan Akibat Beban Hidup (aL)		
1	<b>Metode Pengali PCI</b>		
	Faktor pengali PCI	1,8000	
	- Akibat Chamber	1,8500	
	- Akibat beban mati	3,0000	
	- Akibat beban sendiri	-13,6005	mm (↑)
	- Lendutan Total (ar)	104,1667	mm
	- Batas Lendutan < L/240		
2	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>	1,0000	
	- Koefisien Koreksi Rangkak (Kr)		
	<b>a. Lendutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>		
	- Kehilangan Prategang Total (ΔP)	2.750,1540	kN
	- Gaya Prategang efektif Pe	7.031,0949	kN
	- LOF	28,1166	%
	- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang (A)	0,8594	
	- Waktu (t)	90	Hari
	- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2,3500	
	- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)	1,4054	
	- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)	0,7350	
	- Lendutan yang terjadi		
	- akibat chamber	-43,4380	mm
	- akibat beban gelagar	13,2531	mm
	- akibat beban mati	14,8573	mm
	- akibat beban hidup	7,3681	mm
	- Lendutan Total (ar)		mm (↓)
	- Batas Lendutan < L/240	104,1667	mm

<b>b. Lendutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>	2 790,5074	kN
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	6 744,3276	kN
- Gaya Prategang efektif $P_e$	31,0484	%
- LOF	0,8574	
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	365	Hari
- Waktu (t)	2,3500	
- Koefisien Rangkak Ultimit ( $C_u$ )	1,8215	
- Koefisien Rangkak Waktu T ( $C_t$ )	0,6231	
- Faktor Berkaitan Umur Beton ( $K_a$ )		
- Lendutan yang terjadi	-46,8163	mm
- akibat chamber	15,5458	mm
- akibat beban gelagar	15,6030	mm
- akibat beban mati	7,3681	mm
- akibat beban hidup		mm (!)
- Lendutan Total ( $\Delta r$ )	104,1667	mm
- Batas Lendutan $< L/240$		Bulan
<b>c. Lendutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>	2 804,1806	kN
- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	6 647,1604	kN
- Gaya Prategang efektif $P_e$	32,0418	%
- LOF	0,8567	
- Faktor Pengali Lendutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	1,095	Hari
- Waktu (t)	2,3500	
- koefisien Rangkak Ultimit ( $C_u$ )	2,0433	
- Koefisien Rangkak Waktu T ( $C_t$ )	0,5473	
- Faktor Berkaitan Umur Beton ( $K_a$ )		
- Lendutan yang terjadi	-49,7622	mm
- akibat chamber	16,7380	mm
- akibat beban gelagar	15,4313	mm
- akibat beban mati	7,3681	mm
- akibat beban hidup		mm (!)
- Lendutan Total ( $\Delta r$ )	104,1667	mm
- Batas Lendutan $< L/240$		

Table C.5.3 Prategang Parsial  $h/b = 3.00$

DATA	Satuan	Parsial 90%	Parsial 80%	Parsial 75%
Bentang balok				
- Jarak antar balok	m	25.0000	25.0000	25.0000
- Bentang balok	m	5.0000	5.0000	5.0000
Baja Prategang				
- Tegangan saat Transfer ( $\sigma_{st}$ )	MPa	1.860.0000	1.860.0000	1.860.0000
- tegangan tekan ( $0.65 f_{ck}$ )	MPa	1.581.0000	1.581.0000	1.581.0000
- tegangan tarik saat transfer ( $\sigma_{st} - \sigma_{ck}$ )	MPa	1.376.4000	1.376.4000	1.376.4000
Beton				
- tegangan tekan ( $f_{ck}$ )	MPa	45.0000	45.0000	45.0000
- tegangan tekan saat transfer ( $f_{ct} = 0.95 f_{ck}$ )	MPa	42.7500	42.7500	42.7500
- tegangan tji				
a. saat transfer				
- serat tekan ( $f_{ct}$ )	MPa	-25.6500	-25.6500	-25.6500
- serat tarik ( $f_{ft}$ )	MPa	1.6346	1.6346	1.6346
b. saat layan				
- serat tekan ( $f_{cs}$ )	MPa	-20.2500	-20.2500	-20.2500
- serat tarik ( $f_{ts}$ )	MPa	3.3541	3.3541	3.3541
- serat tekan ( $f_{cs}$ ) seluruh				
- LCF = 20% --> rasio kehilangan prategang ( $R = 1 - LCF$ )				
- serat tekan ( $f_{cs}$ )				
- serat tarik ( $f_{ts}$ )				
- serat tekan ( $f_{cs}$ ) seluruh				
- serat tarik ( $f_{ts}$ ) seluruh				
Modulus elastisitas				
- Baja Prategang (Eps)	MPa	198.000.0000	198.000.0000	198.000.0000
- Baja Non-Prategang (Es)	MPa	200.000.0000	200.000.0000	200.000.0000
- Beton ( $E_c$ )	MPa	31.528.5585	31.528.5585	31.528.5585
- Beton saat transfer ( $E_{ct}$ )	MPa	30.730.2376	30.730.2376	30.730.2376
- Modulus ruptur ( $f_r$ )	MPa	4.6957	4.6957	4.6957
Angka perbandingan modular				
a. saat transfer				
- $n_{ps}$		6.4432	6.4432	6.4432
- $n_s$		6.2660	6.2660	6.2660
- $n_{ps}$		6.3435	6.3435	6.3435
- $n_s$		6.3435	6.3435	6.3435

3	Berat dan berat s	kN/m'	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- Berat berguna maksimum (WL)	kN/m'	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970
	- Berat mati (WD)	kN/m'	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
	- Berat gelagar sebenarnya (wG)	kN/m'	68,4917	68,4917	68,4917	68,4917
	- Total beban	%	35,0000	35,0000	35,0000	35,0000
4	Saat transfer beban maksimum yang telah bekerja	mm²	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
5	Baja Prategang A572M strand type 13 mm	mm	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000
	- Luas kabel	mm²	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650	12,661,2650
	- Berat per satuan panjang	mm	72	72	72	72
	- Luas selubung	btg	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000	7,106,4000
	- Luas kabel yang sebenarnya (100%)	mm²				
	- Luas kabel yang sebenarnya (100%)	mm²				
12	Tulangan Non-Prategang	MPa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- tegangan leleh	mm	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- Diameter	mm²	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- Luas 1 batang		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
	- tegangan leleh					
13	Momen-momen yang bekerja	kNm	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654	2,138,5654
	- Saat transfer	kNm	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131	5,350,9131
	- Saat layan maksimum	kNm	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457	7,202,3457
	- Momen tahanan	kNm	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321	9,002,9321
	- Momen nominal					
14	Ukuran balok	mm	2,354,1248	2,354,1248	2,354,1248	2,354,1248
	- Tinggi penampang (h)	mm	784,7083	784,7083	784,7083	784,7083
	- Berat penampang (b)	mm	235,4125	235,4125	235,4125	235,4125
	- Tinggi Flens atas (hf)	mm	235,4125	235,4125	235,4125	235,4125
	- Tinggi Flens bawah (bf)	mm	1,883,2998	1,883,2998	1,883,2998	1,883,2998
	- Tinggi Web (hw)	mm	784,7083	784,7083	784,7083	784,7083
	- Berat Flens atas (bf)	mm	784,7083	784,7083	784,7083	784,7083
	- Berat Flens bawah (bf)	mm	235,4125	235,4125	235,4125	235,4125
	- Berat Flens bawah (bf)	mm				
	- Berat Web (hw)	mm				



			0,0040	0,0036	0,0034
			0,2628	0,2628	0,2628
			0,1417	0,1264	0,1177
			T (Tarik)	T (Tarik)	T (Tarik)
7	Momen Nominal		1.901.4619	1.904.0251	1.904.3107
	- lengan gaya dalam :	mm	2.128.5243	2.131.0874	2.131.3731
	- z1	mm			
	- z2	mm	21.374.9633	20.996.5882	21.065.8936
	- Momen nominal (Mn)	kNm	(memenuhi)	(memenuhi)	(memenuhi)
		kNm			
	- Kelebihan kapasitas ( Mn tersedia - Mn perlu )				
<b>IV. KONTROL TEGANGAN</b>					
<b>1. Saat Transfer</b>					
	(ampang bruto, tulangan non-prategang belum bekerja )				
a.	Propertis penampang	mm <sup>2</sup>	812.812.5000	812.812.5000	812.812.5000
	- luas tampang (Ac)	mm	1.177.0624	1.177.0624	1.177.0624
	- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	1.177.0624	1.177.0624	1.177.0624
	- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	547.368.446.741.0260	547.368.446.741.0260	547.368.446.741.0260
	- Momen Inertia (I <sub>g</sub> )	mm <sup>4</sup>	465.029.258.3331	465.029.258.3331	465.029.258.3331
	- Modulus penampang bagian atas (st)	mm <sup>3</sup>	465.029.258.3331	465.029.258.3331	465.029.258.3331
	- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	673.425.2324	673.425.2324	673.425.2324
	- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	mm <sup>2</sup>	850.0000	850.0000	850.0000
	- e ditengan bentang	mm			
b	Tegangan yang terjadi	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
	- serat atas				
	- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	(aman)
<b>2. Saat Layan</b>					
	(ampang transformasi tulangan non-prategang sudah bekerja )				
	- Gaya Prategang efektif (Pe)	kN	6.495.2151	6.495.2151	6.495.2151
	- baja non-prategang sudah bekerja dan leleh				

			4.280,7305	4.013,1848
- Momen total prategang	kN	4.615,8218		
- Momen total non-prategang	kN	535,0913	1.070,1826	1.337,7283
a. Prategang				
- Momen total non-prategang		843,038,5065	840,953,9543	
- luas tampang (Ac)	mm <sup>2</sup>	1.207,5380	1.205,5066	
- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	1.146,5868	1.148,6182	
- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	819,5244	821,5558	
- e prategang	mm	841,959,724381,5440	841,659,341,886,7260	
- Momen inerti (I trans)	mm <sup>4</sup>	697,253,200,7890	698,187,281,5368	
- Modulus penampang bagian atas (sb)	mm <sup>3</sup>	734,318,559,7698	732,766,842,6466	
- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>3</sup>	998,743,3643	1.000,850,6857	
- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	MPa	-6,2034	-5,8172	
- Tegangan serat atas	MPa	-7,7758	-7,3858	
- Tegangan serat bawah				
- Teagangan serat bawah		836,407,1946	844,272,0928	
Beton Bertulang	mm <sup>2</sup>	1.207,4459	1.217,1963	
- luas tampang (Ac)	mm	1.146,6789	1.136,9285	
- Jarak garis netral ke serat atas (ct)	mm	819,6165	809,6661	
- Jarak garis netral ke serat bawah (cb)	mm	847,554,103,849,5170	850,747,409,690,8550	
- e prategang	mm <sup>4</sup>	701,939,633,8414	698,940,188,8527	
- Momen inerti (I trans)	mm <sup>3</sup>	739,138,131,0963	748,285,783,7109	
- Modulus penampang bagian atas (sb)	mm <sup>2</sup>	1.013,327,1322	1.007,669,7638	
- Modulus penampang bagian bawah (sb)	mm <sup>2</sup>	-1,5246	-1,9139	
- radius girasi pangkat dua (r <sup>2</sup> )	MPa	1,4479	1,7877	
- Tegangan serat atas	MPa	(aman)	(aman)	
- Teagangan serat bawah				
- Tegangan yang terjadi	MPa	(aman)	(aman)	
- serat atas	MPa	(aman)	(aman)	
- serat bawah	MPa	(aman)	(aman)	
VI.1. Lentutan Jangka Pendek				
- Gaya Prategang efektif sesaat (Pe)	kN	9,946,1071	9,481,4750	
- Lentutan ke Atas/Chamber (jpl)	mm	-25,5878	-22,8372	-21,2576

	- berat gelagar dan beban mati yg telah bekerja	kN/m'	27.3736	27.3736	27.3736	27.3736
	- Lentutan Ke Bawah ( $\delta D$ )	mm	8.2772	8.2772	8.2772	8.2772
	- Total Lentutan Jangka Pendek ( $\delta T$ )	mm (f)	17.3104	17.3104	17.3104	17.3104
<b>VI.2.</b>	<b>Lentutan Jangka Panjang</b>					
	- M <sub>c</sub>	kNm	14.398.0735	13.436.8463	12.666.1183	12.666.1183
	- Momen beban hidup maks tab terfaktor Ma	kNm	5.350.9131	5.350.9131	5.350.9131	5.350.9131
	- Kondisi Penampang		(belum retak)	(belum retak)	(belum retak)	(bruto)
	- Analisis lentutan berdasarkan penampang					
	Beban-beban :					
	- Prategang	kN/m'	24.7970	24.7970	24.7970	24.7970
	- akibat beban mati	kN/m'	18.6947	18.6947	18.6947	18.6947
	- akibat beban gelagar	kN/m'	17.1936	17.1936	17.1936	17.1936
	- akibat beban hidup	kN/m'	8.5482	8.5482	8.5482	8.5482
	- Beton bertulang					
	- akibat beban hidup	mm	7.3083	7.3083	7.3083	7.3083
	Lentutan dasar	mm	5.5098	5.5098	5.5098	5.5098
	- Lentutan Akibat Beban Mati ( $\delta D$ )	mm				
	- Lentutan Akibat Berat Gelagar ( $\delta G$ )	mm				
	- Lentutan Akibat Beban Hidup ( $\delta L$ )	mm				
<b>1</b>	<b>Metode Pengali PCI</b>					
	Faktor pengali PCI		1.5787	1.4516	1.3801	1.3801
	- Akibat Chamber		1.6149	1.4799	1.4039	1.4039
	- Akibat beban mati		2.4468	2.1291	1.9503	1.9503
	- Akibat beban sendiri	mm (f)	104.1667	104.1667	104.1667	104.1667
	- Lentutan Total ( $\delta T$ )	mm	0.7234	0.5645	0.4751	0.4751
	- Batas Lentutan $< L/240$					
<b>2</b>	<b>Metode Langkah Waktu Pendekatan</b>					
	- Koefisien Koreksi Rangkak (Kr)		2.345.0791	1.969.6624	1.768.4545	1.768.4545
	<b>a. Lentutan Jangka Waktu 3 Bulan</b>	kN	6.430.2151	5.909.6770	5.567.4822	5.567.4822
	- Kehilangan Prategang Total ( $\Delta P$ )	kN	26.5572	24.9978	24.1067	24.1067
	- Gaya Prategang efektif kurun waktu 3 bulan (Pe)	%				
	- LOF					



- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )		0,8750	90	0,8750	90	0,8795
- Waktu (t)	Hari	0,6672	90	0,6672	90	0,6700
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		2,3500	2,3500	2,3500	2,3500	2,3500
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		1,4054	1,4054	1,4054	1,4054	1,4054
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		0,7350	0,7350	0,7350	0,7350	0,7350
- Lentutan yang terjadi	mm	-33,6071	-27,3686	-27,3686	-24,0333	-24,0333
- sribat chamber	mm	11,1113	9,8812	9,8812	9,1390	9,1390
- sribat beban gelagar	mm	12,7696	11,5703	11,5703	10,8954	10,8954
- sribat beban mati	mm	7,3681	7,3681	7,3681	7,3681	7,3681
- sribat beban hidup	mm	104,1667	104,1667	104,1667	104,1667	104,1667
- Lentutan Total ( $\delta_T$ )	mm	2,605,2970	2,203,0893	2,203,0893	1,986,4576	1,986,4576
- Basis Lentutan < L/240	mm	6,224,9972	5,676,2501	5,676,2501	5,349,4792	5,349,4792
<b>b. Lentutan Jangka Waktu 1 Tahun</b>						
- Kenaikan Prategang Total ( $\Delta P$ )	KN	29,5041	27,9603	27,9603	0,3646	0,3646
- Kenaikan Prategang efektif kurun waktu 1 tahun (Pe)	KN	0,8525	0,8525	0,8525	0,8525	0,8525
- LC=	mm	365	365	365	365	365
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )	Hari	2,3500	2,3500	2,3500	2,3500	2,3500
- Waktu (t)	Hari	1,8215	1,8215	1,8215	1,8215	1,8215
- Koefisien Rangkak Ultimit (Cu)		0,6231	0,6231	0,6231	0,6231	0,6231
- Koefisien Rangkak Waktu T (Ct)		-34,3638	-27,5162	-27,5162	-23,8631	-23,8631
- Faktor Berkaitan Umur Beton (Ka)		12,7697	11,1755	11,1755	10,2783	10,2783
- Lentutan yang terjadi	mm	13,3063	11,9910	11,9910	11,2494	11,2494
- sribat chamber	mm	7,3681	7,3681	7,3681	7,3681	7,3681
- sribat beban gelagar	mm	104,1667	104,1667	104,1667	104,1667	104,1667
- sribat beban mati	mm	104,1667	104,1667	104,1667	104,1667	104,1667
- sribat beban hidup	mm	2,893,9774	2,283,1106	2,283,1106	2,061,4465	2,061,4465
- Lentutan Total ( $\delta_T$ )	mm	6,136,3168	5,596,2288	5,596,2288	5,274,4882	5,274,4882
- Basis Lentutan < L/240	mm	30,5081	28,9759	28,9759	28,1007	28,1007
<b>c. Lentutan Jangka Waktu 3 Tahun</b>						
- Kenaikan Prategang Total ( $\Delta P$ )	KN	0,8475	0,8475	0,8475	0,8475	0,8475
- Kenaikan Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	KN					
- Basis Prategang efektif kurun waktu 3 tahun (Pe)	mm					
- LC=	mm					
- Faktor Pengali Lentutan Jangka Panjang ( $\lambda$ )						

Tabel D.1 Rekap Hasil Analisis Penampang Persegi

No	Uraian	Satuan	Full	% Prategang			75%
				90%	80%	75%	
1	- Berat sendiri	m					
2	- Berat beban	m					
3	- Berat beban	m					
	- Berat hidup	KN/m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- beban mati	KN/m	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970
	- beban gempa sebenarnya	KN/m	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
	- Momen yang terjadi	KNm					
	- Akibat beban hidup	KNm	1953,1250	1953,1250	1953,1250	1953,1250	1953,1250
	- Akibat beban mati	KNm	1937,2656	1937,2656	1937,2656	1937,2656	1937,2656
	- Akibat beban gelagar sebenarnya	KNm	1460,5225	1460,5225	1460,5225	1460,5225	1460,5225
	- Momen tahanan (Mu)	KNm	7202,3457	7202,3457	7202,3457	7202,3457	7202,3457
	- Momen Nominal perlu (Mn perlu)	KNm	9002,9321	9002,9321	9002,9321	9002,9321	9002,9321
4	Material yang dipakai						
	- beton fc	MPa	45,0000	45,0000	45,0000	45,0000	45,0000
	- fci	Mpa	42,7500	42,7500	42,7500	42,7500	42,7500
	- tegangan pada saat transfer	MPa	1,6346	1,6346	1,6346	1,6346	1,6346
	- serat aktif	MPa	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541
	- serat pasif	MPa	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541
	- serat aktif suruh (fcs)	MPa	-27,0000	-27,0000	-27,0000	-27,0000	-27,0000
	- Modulus elastis (Eci)	MPa	4,6967	4,6967	4,6967	4,6967	4,6967
	- Modulus elastis (Eci)	MPa	30730,2376	30730,2376	30730,2376	30730,2376	30730,2376
	- saat awal (Fci)	MPa	31526,5585	31526,5585	31526,5585	31526,5585	31526,5585
	- baja prategang						
	- STY 1500 tipe 13 mm	mm	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- luas t. kav.	mm					

	- diameter tendon	mm	127.0000	127.0000	127.0000	127.0000
	- luas tendon	mm <sup>2</sup>	12661.2650	12661.2650	12661.2650	12661.2650
	- Tegangan Tendon (fpu)	MPa	1860.0000	1860.0000	1860.0000	1860.0000
	- Tegangan (fpy)	MPa	1581.0000	1581.0000	1581.0000	1581.0000
	- Tegangan transfer (fyt)	MPa	1376.4000	1376.4000	1376.4000	1376.4000
	- modulus elastisitas (Es)	MPa	196000.0000	196000.0000	196000.0000	196000.0000
	- baja no					
	- Diameter	mm	25.0000	25.0000	25.0000	25.0000
	- Luas	mm <sup>2</sup>	490.6250	490.6250	490.6250	490.6250
	- Tegangan (fy)	MPa	400.0000	400.0000	400.0000	400.0000
	- Regangan (ε)		0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
5	Perbandingan Luas					
	- Saat transfer					
	- nps		6.4432	6.4432	6.4432	6.4432
	- Saat layar					
	- nps		6.2800	6.2800	6.2800	6.2800
	- ns		6.3435	6.3435	6.3435	6.3435
6	Propertis penampang					
	- modulus elastisitas minimum	mm <sup>3</sup>	167623927.0351	167623927.0351	167623927.0351	167623927.0351
	- luas penampang beton	mm <sup>2</sup>	812812.5000	812812.5000	812812.5000	812812.5000
	- baja pra-tekan					
	- jumlah	buah				
	- luas	mm <sup>2</sup>	6400.0000	6400.0000	6400.0000	6400.0000
	- LCF relatif		0.8000	0.8000	0.8000	0.8000
	- Gaya Perantara (Pa)	KN	9781.2490	9781.2490	9781.2490	9781.2490
	- baja normal (fpu)					
	- jumlah	buah				
	- luas	mm <sup>2</sup>	4415.6350	4415.6350	4415.6350	4415.6350
1	h/b = 2.00					
	- Tinggi efektif	mm	1275.0000	1275.0000	1275.0000	1275.0000
	- Lebar efektif	mm	637.5000	637.5000	637.5000	637.5000
	- Gaya perantara (Pc)	KN	8180.4300	7557.8782	7557.8782	7557.8782
	- Efisiensi					

- Saat transfer	mm	457,0000	457,0000	457,0000	457,0000	457,0000
- Saat layan						
- Terhadap baja prategang	mm	436,8344	438,7165	440,6149	441,7071	441,7071
- Terhadap baja non-prategang	mm	-	448,4694	441,8374	436,9715	436,9715
- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	9009,5367	9083,5157	9007,8311	9071,5505	9071,5505
- Tegangan saat transfer						
- serat atas	MPa	1,4645	0,1183	-1,2273	-1,9970	-1,9970
- serat bawah	MPa	-25,5321	-21,8461	-18,1601	-16,0537	-16,0537
- Tegangan saat layan						
- serat atas	MPa	-17,7251	-20,3783	-21,1511	-21,5634	-21,5634
- serat bawah	MPa	1,5452	1,9767	4,1603	5,3438	5,3438
- Lendutan ke atas	mm	-77,3755	-69,8529	-62,3302	-58,0316	-58,0316
- Lendutan jangka pendek	mm	-36,2287	-28,7061	-21,1835	-16,8848	-16,8848
- Lendutan jangka panjang						
- metoda PCI	mm	46,7302	52,0343	55,7613	64,5495	64,5495
- metoda langkaiah waktu pendekatan						
- 3 bulan	mm	27,2685	38,8032	45,3775	55,1087	55,1087
- 1 tahun	mm	24,7945	41,5206	48,4793	58,9354	58,9354
- 3 tahun	mm	19,7134	39,9262	47,7821	58,9868	58,9868
<b>2 h/b = 2,26</b>						
- Tinggi h (mm)	mm	1352,3417	1352,3417	1352,3417	1352,3417	1352,3417
- Lebar b (mm)	mm	601,0408	601,0408	601,0403	601,0408	601,0408
- Gaya prategang efektif (Pe)	kN	8066,6817	7444,4540	6787,3263	6396,1565	6396,1565
- Eksentrisitas penampang (ec)						
- Saat transfer	mm	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000
- Saat layan						
- Terhadap baja prategang	mm	439,7020	441,5965	443,5073	444,6067	444,6067
- Terhadap baja non-prategang	mm	-	450,8556	443,7465	438,5305	438,5305
- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	9258,5366	9371,8702	9324,8175	9412,5904	9412,5904
- Tegangan saat transfer						
- serat atas	MPa	0,8527	-0,3651	-1,5829	-2,2788	-2,2788
- serat bawah	MPa	-24,9203	-21,3626	-17,8049	-15,7719	-15,7719
- Tegangan saat layan						

	- serat atas	MPa	-17,3912	-19,7726	-20,4541	-20,8128
	- serat bawah	MPa	1,1659	1,6811	3,7652	4,8945
	- Lendutan ke atas	mm	-69,2186	-62,4890	-55,7594	-51,9140
	- Lendutan jangka pendek	mm	-32,6437	-25,9141	-19,1845	-15,3390
	- Lendutan jangka panjang					
	- metoda PCI	mm	40,7452	45,6251	47,3662	55,5483
	- metoda langkah waktu pendekatan					
	- 3 bulan	mm	26,4485	36,4752	40,6843	49,4931
	- 1 tahun	mm	24,8305	39,3451	43,6640	53,0942
	- 3 tahun	mm	20,4931	38,0647	43,0673	53,1642
3	<b>h/b = 2,50</b>					
	- Tinggi h (mm)	mm	1425,4933	1425,4933	1425,4933	1425,4933
	- Lebar b (mm)	mm	570,1973	570,1973	570,1973	570,1973
	- Gaya prategang efektif (Pe)	kN	7970,1002	7351,4856	6699,2157	6311,3796
	- Eksentrisitas penampang (ec)					
	- Saat transfe:	mm	470,0000	470,0000	470,0000	470,0000
	- Saat layan					
	- Terhadap baja prategang	mm	449,2607	451,1964	453,1483	454,2720
	- Terhadap baja non-prategang	mm	-	460,2751	452,7147	447,1676
	- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	9580,7607	9722,8974	9694,6262	9800,3115
	- Tegangan saat transfer					
	- serat atas	MPa	0,6979	-0,4466	-1,5912	-2,2452
	- serat bawah	MPa	-24,7656	-21,2811	-17,7967	-15,8056
	- Tegangan saat layan					
	- serat atas	MPa	-16,7685	-18,9672	-19,5932	-19,9209
	- serat bawah	MPa	0,5678	1,1396	3,1560	4,2499
	- Lendutan ke atas	mm	-63,6171	-57,4321	-51,2471	-47,7128
	- Lendutan jangka pendek	mm	-30,6996	-24,5146	-18,3297	-14,7954
	- Lendutan jangka panjang					
	- metoda PCI	mm	34,2941	39,1808	44,5721	46,4610
	- metoda langkah waktu pendekatan					
	- 3 bulan	mm	23,6335	32,8298	39,7773	42,7804
	- 1 tahun	mm	22,4286	35,6717	42,9804	46,0409

- Waktu (t)	1.095	1.095	1.095
- Keefisien Rangkak Ultimit (Cu)	2.3500	2.3500	2.3500
- Keefisien Rangkak Waktu T (Ct)	2.3500	2.3500	2.3500

- 3 tahun	mm	18,5322	34,5366	42,6318	46,0357
<b>4</b>					
<b>h/b = 2,76</b>					
- Tinggi h (mm)	mm	1495,0700	1495,0700	1495,0700	1495,0700
- Lebar b (mm)	mm	543,6618	543,6618	543,6618	543,6618
- Gaya prategang efektif (Pe)	kN	7885,3474	7272,0231	6625,6790	6241,5142
- Eksentrisitas penampang (ec)					
- Saat transfer	mm	485,0000	485,0000	485,0000	485,0000
- Saat layan					
- Terhadap baja prategang	mm	463,5988	465,5963	467,6110	468,7701
- Terhadap baja non-prategang	mm	-	474,7230	466,7333	460,8713
- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	9953,2588	10116,3744	10099,6514	10218,6860
- Tegangan saat transfer					
- serat atas	MPa	0,8298	-0,2774	-1,3847	-2,0174
- serat bawah	MPa	-24,8975	-21,4503	-18,0032	-16,0334
- Tegangan saat layan					
- serat atas	MPa	-15,9958	-18,0701	-18,6646	-18,9753
- serat bawah	MPa	-0,1389	0,4734	2,4434	3,5143
- Lendutan ke atas	mm	-59,6317	-53,8341	-48,0365	-44,7237
- Lendutan jangka pendek	mm	-29,7067	-23,9092	-18,1117	-14,7988
- Lendutan jangka panjang					
- metoda PCI	mm	27,9401	33,0564	38,4175	37,9490
- metoda langkah waktu pendekatan					
- 3 bulan	mm	20,0183	28,7723	35,3319	36,0494
- 1 tahun	mm	18,9948	31,5087	38,3872	38,9484
- 3 tahun	mm	15,3664	30,4485	38,0590	38,8330
<b>5</b>					
<b>h/b = 3,00</b>					
- Tinggi h (mm)	mm	1561,5497	1561,5497	1561,5497	1561,5497
- Lebar b (mm)	mm	520,5166	520,5166	520,5166	520,5166
- Gaya prategang efektif (Pe)	kN	7812,1161	7203,5870	6562,5385	6181,6247
- Eksentrisitas penampang (ec)					
- Saat transfer	mm	500,0000	500,0000	500,0000	500,0000
- Saat layan					

- Terhadap baja prategang	mm	477,9370	479,9962	482,0732	483,2681
- Terhadap baja non-prategang	mm	-	489,1954	480,7956	474,6327
- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	10317,2547	10499,6310	10493,1692	10624,5081
- Tegangan saat transfer					
- serat atas	MPa	0,9757	-0,1020	-1,1797	-1,7956
- serat bawah	MPa	-25,0434	-21,6258	-18,2081	-16,2552
- Tegangan saat layan					
- serat atas	MPa	-15,2873	-17,2586	-17,8283	-18,1257
- serat bawah	MPa	-0,7848	-0,1384	1,7934	2,8459
- Lendutan ke atas	mm	-56,3078	-49,5463	-44,2105	-41,1615
- Lendutan jangka pendek	mm	-28,8766	-22,1151	-16,7792	-13,7303
- Lendutan jangka panjang					
- metoda PCI	mm	22,6500	29,9886	34,9592	37,2238
- metoda langkah waktu pendekatan					
- 3 bulan	mm	16,8537	25,2627	31,5146	34,6439
- 1 tahun	mm	15,9545	27,8933	34,4338	37,6391
- 3 tahun	mm	12,5381	26,8883	34,1173	37,6447

Tabel D.2 Rekap Hasil Analisis Penampang T

No	Uraian	Satuan	% Prategang			
			Full	90%	80%	75%
1	Panjang Bentang	m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
2	Jarak antara gelagar	m	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
3	Beban-beban :					
	- beban hidup	kN/m'	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- beban mati	kN/m'	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970
	- beban gelagar sebenarnya	kN/m'	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
	- Momen yang terjadi					
	- Akibat beban hidup	kNm	1953,1250	1953,1250	1953,1250	1953,1250
	- Akibat beban mati	kNm	1937,2656	1937,2656	1937,2656	1937,2656
	- Akibat beban gelagar sebenarnya	kNm	1460,5225	1460,5225	1460,5225	1460,5225
	- Momen terfaktor (Mu)	kNm	7202,3457	7202,3457	7202,3457	7202,3457
	- Kapasitas Penampang Perlu (kNm)	kNm	9002,9321	9002,9321	9002,9321	9002,9321
4	Material yang dipakai					
	- beton fc	Mpa	45,0000	45,0000	45,0000	45,0000
	- fci	Mpa	42,7500	42,7500	42,7500	42,7500
	- tegangan ijin saat transfer					
	- serat atas	Mpa	1,6346	1,6346	1,6346	1,6346
	- serat bawah	Mpa	-25,6500	-25,6500	-25,6500	-25,6500
	- tegangan ijin saat layan					
	- serat atas	Mpa	-20,2500	-20,2500	-20,2500	-20,2500
	- serat bawah	Mpa	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541
	- serat atas seluruh (fcs)	Mpa	-27,0000	-27,0000	-27,0000	-27,0000
	- modulus rupture	Mpa	4,6957	4,6957	4,6957	4,6957
	- modulus elastisitas					
	- saat transfer	Mpa	30730,2376	30730,2376	30730,2376	30730,2376
	- saat layan	Mpa	31528,5585	31528,5585	31528,5585	31528,5585
	- baja prategang					
	- ASTM strand type 13 mm					



	- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- diameter selubung	mm	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000
	- luas selubung	mm <sup>2</sup>	12661,2650	12661,2650	12661,2650	12661,2650	12661,2650
	- fpu	Mpa	1860,0000	1860,0000	1860,0000	1860,0000	1860,0000
	- fpi	Mpa	1581,0000	1581,0000	1581,0000	1581,0000	1581,0000
	- fpy	Mpa	1376,4000	1376,4000	1376,4000	1376,4000	1376,4000
	- modulus elastisitas	Mpa	198000,0000	198000,0000	198000,0000	198000,0000	198000,0000
	- baja non-prategang						
	- Diameter	mm	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- Luas	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- fy	Mpa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- regangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
5	Perbandingan modulus						
	- Saat transfer						
	- nps		6,4432	6,4432	6,4432	6,4432	6,4432
	- Saat layan						
	- nps		6,2800	6,2800	6,2800	6,2800	6,2800
	- ns		6,3435	6,3435	6,3435	6,3435	6,3435
6	Propertis penampang						
	- modulus penampang minimum	Mpa	167623927,0351	167623927,0351	167623927,0351	167623927,0351	167623927,0351
	- luas penampang beton	mm <sup>2</sup>	812812,5000	812812,5000	812812,5000	812812,5000	812812,5000
	- baja prategang						
	- jumlah tendon		72,0000	72,0000	58,0000	54,0000	
	- luas	mm <sup>2</sup>	7106,4000	6415,5000	5724,6000	5329,8000	
	- Gaya Prategang awal	KN	9781,2490	9781,2490	9781,2490	9781,2490	
	- LOF rencana		0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	
	- baja non-prategang						
	- jumlah ( big )	btg	-	5,0000	9,0000	12,0000	
	- luas	mm <sup>2</sup>	-	2453,1250	4415,6250	5887,5000	
1	h/b = 2,00						
	- Tinggi h						
	- Tinggi sayap (hf)	mm	353,6214	353,6214	353,6214	353,6214	353,6214
	- Tinggi badan (hw)	mm	1414,4855	1414,4855	1414,4855	1414,4855	1414,4855

- Lebar b													
- Lebar sayap (bf)	mm		884,0534	884,0534	884,0534	884,0534	884,0534	884,0534	884,0534	884,0534	884,0534	884,0534	884,0534
- Lebar badan (bw)	mm		353,6214	353,6214	353,6214	353,6214	353,6214	353,6214	353,6214	353,6214	353,6214	353,6214	353,6214
- Gaya prategangefektif (Pe)	kN		7640,9512	7015,1516	7015,1516	7015,1516	7015,1516	7015,1516	7015,1516	7015,1516	7015,1516	7015,1516	7015,1516
- Eksentrisitas penampang (ec)													
- Saat transfer	mm		460,0000	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000
- Saat layan													
- Terhadap baja prategang	mm		439,7020	441,5965	441,5965	441,5965	441,5965	441,5965	441,5965	441,5965	441,5965	441,5965	441,5965
- Terhadap baja non-prategang	mm		-	444,9660	444,9660	444,9660	444,9660	444,9660	444,9660	444,9660	444,9660	444,9660	444,9660
- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm		11353,6729	11741,7694	11741,7694	11741,7694	11741,7694	11741,7694	11741,7694	11741,7694	11741,7694	11741,7694	11741,7694
- Tegangan saat transfer													
- serat atas	MPa		-4,8537	-5,0142	-5,0142	-5,0142	-5,0142	-5,0142	-5,0142	-5,0142	-5,0142	-5,0142	-5,0142
- serat bawah	MPa		-22,4654	-19,3625	-19,3625	-19,3625	-19,3625	-19,3625	-19,3625	-19,3625	-19,3625	-19,3625	-19,3625
- Tegangan saat layan													
- serat atas	MPa		-21,2718	-15,0766	-15,0766	-15,0766	-15,0766	-15,0766	-15,0766	-15,0766	-15,0766	-15,0766	-15,0766
- serat bawah	MPa		-6,8785	1,1837	1,1837	1,1837	1,1837	1,1837	1,1837	1,1837	1,1837	1,1837	1,1837
- Lendutan ke atas	mm		-36,1773	-32,6601	-32,6601	-32,6601	-32,6601	-32,6601	-32,6601	-32,6601	-32,6601	-32,6601	-32,6601
- Lendutan jangka pendek	mm		-17,0613	-13,5441	-13,5441	-13,5441	-13,5441	-13,5441	-13,5441	-13,5441	-13,5441	-13,5441	-13,5441
- Lendutan jangka panjang													
- metoda PCI	mm		21,2956	23,8461	23,8461	23,8461	23,8461	23,8461	23,8461	23,8461	23,8461	23,8461	23,8461
- metoda langkah waktu pendekatan													
- 3 bulan	mm		19,6876	24,1879	24,1879	24,1879	24,1879	24,1879	24,1879	24,1879	24,1879	24,1879	24,1879
- 1 tahun	mm		20,2543	26,7759	26,7759	26,7759	26,7759	26,7759	26,7759	26,7759	26,7759	26,7759	26,7759
- 3 tahun	mm		18,4546	26,4176	26,4176	26,4176	26,4176	26,4176	26,4176	26,4176	26,4176	26,4176	26,4176
2 <b>h/b = 2,25</b>													
- Tinggi h													
- Tinggi sayap (hf)	mm		375,0721	375,0721	375,0721	375,0721	375,0721	375,0721	375,0721	375,0721	375,0721	375,0721	375,0721
- Tinggi badan (hw)	mm		1500,2884	1500,2884	1500,2884	1500,2884	1500,2884	1500,2884	1500,2884	1500,2884	1500,2884	1500,2884	1500,2884
- Lebar b													
- Lebar sayap (bf)	mm		833,4936	833,4936	833,4936	833,4936	833,4936	833,4936	833,4936	833,4936	833,4936	833,4936	833,4936
- Lebar badan (bw)	mm		333,3974	333,3974	333,3974	333,3974	333,3974	333,3974	333,3974	333,3974	333,3974	333,3974	333,3974
- Gaya prategangefektif (Pe)	kN		7580,4131	6957,8380	6957,8380	6957,8380	6957,8380	6957,8380	6957,8380	6957,8380	6957,8380	6957,8380	6957,8380
- Eksentrisitas penampang (ec)													

	- Saat transfer	mm	475,0000	475,0000	475,0000	475,0000	475,0000
	- Saat layan						
	- Terhadap baja prategang	mm	454,0401	455,9963	457,9695	459,1047	459,1047
	- Terhadap baja non-prategang	mm	-	458,9578	446,4860	437,3355	437,3355
	- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	11879,2613	12312,6487	12464,0949	12751,3919	12751,3919
	- Tegangan saat transfer						
	- serat atas	MPa	-4,8436	-4,9689	-5,0942	-5,1658	-5,1658
	- serat bawah	MPa	-22,4800	-19,4283	-16,3766	-14,6327	-14,6327
	- Tegangan saat layan						
	- serat atas	MPa	-20,3001	-14,4097	-14,3900	-14,3508	-14,3508
	- serat bawah	MPa	-7,2682	0,4234	2,0747	2,9541	2,9541
	- Lendutan ke atas	mm	-33,1796	-29,9538	-26,7280	-24,8847	-24,8847
	- Lendutan jangka pendek	mm	-16,1877	-12,9619	-9,7361	-7,8927	-7,8927
	- Lendutan jangka panjang						
	- metoda PCI	mm	17,0897	19,7399	22,6099	23,9031	23,9031
	- metoda langkah waktu pendekatan						
	- 3 bulan	mm	16,4423	20,7200	23,9857	25,5547	25,5547
	- 1 tahun	mm	16,9522	23,0917	26,4002	15,1256	15,1256
	- 3 tahun	mm	15,2872	22,7483	26,4130	28,1052	28,1052
3	<b>h/b = 2,50</b>						
	- Tinggi h						
	- Tinggi sayap (hf)	mm	395,3607	395,3607	395,3607	395,3607	395,3607
	- Tinggi badan (hw)	mm	1581,4429	1581,4429	1581,4429	1581,4429	1581,4429
	- Lebar b						
	- Lebar sayap (bf)	mm	790,7214	790,7214	790,7214	790,7214	790,7214
	- Lebar badan (bw)	mm	316,2886	316,2886	316,2886	316,2886	316,2886
	- Gaya prategangefektif (Pe)	kN	7529,8981	6910,1737	6766,2511	5887,4308	5887,4308
	- Eksentrisitas penampang (ec)						
	- Saat transfer	mm	490,0000	490,0000	490,0000	490,0000	490,0000
	- Saat layan						
	- Terhadap baja prategang	mm	468,3782	470,3962	472,4317	473,6028	473,6028
	- Terhadap baja non-prategang	mm	-	473,0042	459,7910	450,0966	450,0966
	- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	12386,7533	12861,9730	13038,8614	13352,3881	13352,3881

- Tegangan saat transfer														
- serat atas	MPa	-4,8135	-4,9111	-5,0087	-5,0645									
- serat bawah	MPa	-22,5238	-19,5123	-16,5007	-14,7799									
- Tegangan saat layan														
- serat atas	MPa	-19,4527	-13,8267	-13,7924	-13,7458									
- serat bawah	MPa	-7,6255	-0,2500	1,3729	2,2401									
- Lendutan ke atas	mm	-30,7800	-27,7875	-24,7950	-23,0850									
- Lendutan jangka pendek	mm	-15,4872	-12,4947	-9,5022	-7,7922									
- Lendutan jangka panjang														
- metoda PCI	mm	13,7278	16,4571	19,2751	20,5622									
- metoda langkah waktu pendekatan														
- 3 bulan	mm	13,7704	17,8821	20,9853	22,4824									
- 1 tahun	mm	14,2177	20,0692	23,2171	24,6844									
- 3 tahun	mm	12,6546	19,7327	23,2149	24,8318									
<b>4 h/b = 2,76</b>														
- Tinggi h														
- Tinggi sayap (hf)	mm	414,6578	414,6578	414,6578	414,6578									
- Tinggi badan (hw)	mm	1658,6313	1658,6313	1658,6313	1658,6313									
- Lebar b														
- Lebar sayap (bf)	mm	753,9233	753,9233	753,9233	753,9233									
- Lebar badan (bw)	mm	301,5693	301,5693	301,5693	301,5693									
- Gaya prategangefektif (Pe)	kN	7486,6745	6869,5288	6228,5346	5651,5447									
- Eksentrisitas penampang (ec)														
- Saat transfer	mm	505,0000	505,0000	505,0000	505,0000									
- Saat layan														
- Terhadap baja prategang	mm	482,7163	484,7961	486,8939	488,1008									
- Terhadap baja non-prategang	mm	-	487,0971	473,1789	462,9671									
- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	12878,7747	13392,8787	13593,0665	13931,0230									
- Tegangan saat transfer														
- serat atas	MPa	-4,7689	-4,8446	-4,9202	-4,9634									
- serat bawah	MPa	-22,5885	-19,6089	-16,6293	-14,9267									
- Tegangan saat layan														
- serat atas	MPa	-18,7034	-13,3099	13,2646	-13,2125									

	- serat bawah	MPa	-7,9546	-0,8528	0,7476	1,6056
	- Lendutan ke atas	mm	-28,8153	-26,0138	-23,2123	-21,6115
	- Lendutan jangka pendek	mm	-14,9127	-12,1113	-9,3098	-7,7089
	- Lendutan jangka panjang					
	- metoda PCI	mm	10,9796	13,7731	16,5482	17,8302
	- metoda langkah waktu pendekatan					
	- 3 bulan	mm	11,5363	15,5196	18,4950	19,9361
	- 1 tahun	mm	11,9214	17,5457	20,5707	21,9882
	- 3 tahun	mm	10,4378	17,2144	20,5544	22,1138
5	<b>h/b = 3,00</b>					
	- Tinggi h					
	- Tinggi sayap (hf)	mm	433,0960	433,0960	433,0960	433,0960
	- Tinggi badan (hw)	mm	1732,3839	1732,3839	1732,3839	1732,3839
	- Lebar b					
	- Lebar sayap (bf)	mm	721,8266	721,8266	721,8266	721,8266
	- Lebar badan (bw)	mm	288,7306	288,7306	288,7306	288,7306
	- Gaya prategangefektif (Pe)	kN	7448,9212	6834,1498	6195,8090	5820,4607
	- Eksentrisitas penampang (ec)					
	- Saat transfer	mm	520,0000	520,0000	520,0000	520,0000
	- Saat layan					
	- Terhadap baja prategang	mm	497,0544	499,1960	501,3561	502,5989
	- Terhadap baja non-prategang	mm	-	501,2305	486,6385	475,9324
	- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	13357,3721	13907,8087	14129,4422	14490,2703
	- Tegangan saat transfer					
	- serat atas	MPa	-4,7139	-4,7719	-4,8299	-4,8631
	- serat bawah	MPa	-22,6685	-19,7145	-16,7605	-15,0725
	- Tegangan saat layan					
	- serat atas	MPa	-18,0333	-12,8463	-12,7926	-12,7365
	- serat bawah	MPa	-8,2594	-1,3975	0,1850	1,0359
	- Lendutan ke atas	mm	-27,1768	-24,5346	-21,8924	-20,3826
	- Lendutan jangka pendek	mm	-14,4328	-11,7906	-9,1484	-7,6386
	- Lendutan jangka panjang					
	- metoda PCI	mm	8,6916	11,5382	14,2772	15,5548

- metoda langkah waktu pendekatan						
- 3 bulan	mm	9,6431	13,5242	16,3962	17,7927	
- 1 tahun	mm	9,9092	15,4116	18,3376	19,7162	
- 3 tahun	mm	8,5493	15,0822	18,3083	19,8225	



Tabel D.3 Rekap Hasil Analisis Penampang I

No	Uraian	Satuan	% Prategang				
			Full	90%	80%	75%	
1	Panjang Bentang	m	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
2	Jarak antara gelagar	m	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
3	Beban-beban :						
	- beban hidup	kN/m'	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- beban mati	kN/m'	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970	24,7970
	- beban gelagar sebenarnya	kN/m'	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947	18,6947
	- Momen yang terjadi						
	- Akibat beban hidup	kNm	1953,1250	1953,1250	1953,1250	1953,1250	1953,1250
	- Akibat beban mati	kNm	1937,2656	1937,2656	1937,2656	1937,2656	1937,2656
	- Akibat beban gelagar sebenarnya	kNm	1460,5225	1460,5225	1460,5225	1460,5225	1460,5225
	- Momen terfaktor (Mu)	kNm	7202,3457	7202,3457	7202,3457	7202,3457	7202,3457
	- Kapasitas Penampang Perlu (kNm)	kNm	9002,9321	9002,9321	9002,9321	9002,9321	9002,9321
4	Material yang dipakai						
	- beton f'c	Mpa	45,0000	45,0000	45,0000	45,0000	45,0000
	- f'ci	Mpa	42,7500	42,7500	42,7500	42,7500	42,7500
	- tegangan ijin saat transfer						
	- serat atas	Mpa	1,6346	1,6346	1,6346	1,6346	1,6346
	- serat bawah	Mpa	-25,6500	-25,6500	-25,6500	-25,6500	-25,6500
	- tegangan ijin saat layan						
	- serat atas	Mpa	-20,2500	-20,2500	-20,2500	-20,2500	-20,2500
	- serat bawah	Mpa	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541	3,3541
	- modulus rupture	Mpa	-27,0000	-27,0000	-27,0000	-27,0000	-27,0000
	- modulus elastisitas	Mpa	4,6957	4,6957	4,6957	4,6957	4,6957
	- saat transfer	Mpa	30730,2376	30730,2376	30730,2376	30730,2376	30730,2376
	- saat layan	Mpa	31528,5585	31528,5585	31528,5585	31528,5585	31528,5585
	- baja prategang						
	- ASTM strand type 13 mm						

	- luas 1 kabel	mm <sup>2</sup>	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000	98,7000
	- diameter selubung	mm	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000	127,0000
	- luas selubung	mm <sup>2</sup>	12661,2650	12661,2650	12661,2650	12661,2650	12661,2650
	- fpu	Mpa	1860,0000	1860,0000	1860,0000	1860,0000	1860,0000
	- fpi	Mpa	1581,0000	1581,0000	1581,0000	1581,0000	1581,0000
	- fpy	Mpa	1376,4000	1376,4000	1376,4000	1376,4000	1376,4000
	- modulus elastisitas	Mpa	198000,0000	198000,0000	198000,0000	198000,0000	198000,0000
	- baja non-prategang						
	- Diameter	mm	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
	- Luas	mm <sup>2</sup>	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250	490,6250
	- fy	Mpa	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000	400,0000
	- regangan leleh		0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
5	Perbandingan modulus						
	- Saat transfer						
	- nps		6,4432	6,4432	6,4432	6,4432	6,4432
	- Saat layan						
	- nps		6,2800	6,2800	6,2800	6,2800	6,2800
	- ns		6,3435	6,3435	6,3435	6,3435	6,3435
6	Propertis penampang						
	- modulus penampang minimum	Mpa	167623927,0351	167623927,0351	167623927,0351	167623927,0351	167623927,0351
	- luas penampang beton	mm <sup>2</sup>	812812,5000	812812,5000	812812,5000	812812,5000	812812,5000
	- baja prategang						
	- jumlah tendon		72,0000	65,0000	58,0000	54,0000	
	- luas	mm <sup>2</sup>	7106,4000	6415,5000	5724,6000	5329,8000	
	- Gaya Prategang awal	KN	9781,2490	9781,2490	9781,2490	9781,2490	
	- LOF rencana		0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	
	- baja non-prategang						
	- jumlah ( btg )	btg	-	5,0000	9,0000	12,0000	
	- luas	mm <sup>2</sup>	-	2453,1250	4415,6250	5887,5000	
1	$h/b = 2,00$						
	- Tinggi (h)						
	- Tinggi Flens atas (hf1)	mm	192,2135	192,2135	192,2135	192,2135	192,2135
	- Tinggi Flens bawah (hf2)	mm	192,2135	192,2135	192,2135	192,2135	192,2135



	- Tinggi Web (hw)	mm	1537,7079	1537,7079	1537,7079	1537,7079	1537,7079
	- Lebar (b)						
	- Lebar Flens atas (bf1)	mm	961,0674	961,0674	961,0674	961,0674	961,0674
	- Lebar Flens bawah (bf2)	mm	961,0674	961,0674	961,0674	961,0674	961,0674
	- Lebar Web (bw)	mm	288,3202	288,3202	288,3202	288,3202	288,3202
	- Gaya prategangefektif (Pe)	kN	7222,9671	6666,9638	6079,4649	5729,6103	5729,6103
	- Eksentrisitas penampang (ec)						
	- Saat transfer	mm	730,0000	730,0000	730,0000	730,0000	730,0000
	- Saat layan						
	- Terhadap baja prategang	mm	697,7879	700,7944	703,8268	705,5715	705,5715
	- Terhadap baja non-prategang	mm	-	716,3340	705,7097	697,9146	697,9146
	- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	16730,9223	17799,4987	17436,8526	17460,1798	17460,1798
	- Tegangan saat transfer						
	- serat atas	MPa	1,1392	0,4809	-0,1775	-0,5537	-0,5537
	- serat bawah	MPa	-25,2069	-22,2086	-19,2104	-17,4971	-17,4971
	- Tegangan saat layan						
	- serat atas	MPa	-8,3537	-9,0553	-9,0825	-9,1068	-9,1068
	- serat bawah	MPa	-6,0207	-6,7340	-5,4325	-4,6687	-4,6687
	- Lendutan ke atas	mm	-36,7518	-33,1787	-29,6056	-27,5639	-27,5639
	- Lendutan jangka pendek	mm	-24,3359	-20,7629	-17,1898	-15,1480	-15,1480
	- Lendutan jangka panjang						
	- metoda PCI	mm	-10,0267	-3,4028	1,8946	4,5191	4,5191
	- metoda langkah waktu pendekatan						
	- 3 bulan	mm	-5,2634	1,5112	6,2034	8,6187	8,6187
	- 1 tahun	mm	-5,8072	3,2626	8,1222	10,5904	10,5904
	- 3 tahun	mm	-8,1639	2,4568	7,7762	10,4662	10,4662
2	<b>h/b = 2,25</b>						
	- Tinggi (h)						
	- Tinggi Flens atas (hf1)	mm	203,8732	203,8732	203,8732	203,8732	203,8732
	- Tinggi Flens bawah (hf2)	mm	203,8732	203,8732	203,8732	203,8732	203,8732
	- Tinggi Web (hw)	mm	1630,9855	1630,9855	1630,9855	1630,9855	1630,9855
	- Lebar (b)						
	- Lebar Flens atas (bf1)	mm	906,1030	906,1030	906,1030	906,1030	906,1030

	- Lebar Flens bawah (bf2)	mm	906,1030	906,1030	906,1030	906,1030	906,1030
	- Lebar Web (bw)	mm	271,8309	271,8309	271,8309	271,8309	271,8309
	- Gaya prategangefektif (Pe)	kN	7159,9025	6607,8656	6024,7993	5677,6870	
	- Eksentrisitas penampang (ec)						
	- Saat transfer	mm	765,0000	765,0000	765,0000	765,0000	765,0000
	- Saat layan						
	- Terhadap baja prategang	mm	734,3941	734,3941	737,5720	739,4002	
	- Terhadap baja non-prategang	mm	-	750,4088	739,0651	730,7422	
	- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	17641,5385	18791,0259	18421,2822	18421,2822	
	- Tegangan saat transfer						
	- serat atas	MPa	1,2359	0,5995	-0,0369	-0,4006	
	- serat bawah	MPa	-25,3036	-22,3272	-19,3509	-17,6501	
	- Tegangan saat layan						
	- serat atas	MPa	-7,5856	-8,6182	-8,6376	-8,6565	
	- serat bawah	MPa	-6,7679	-7,0117	-5,7287	-4,9752	
	- Lendutan ke atas	mm	-34,1697	-30,8476	-27,5256	-25,6273	
	- Lendutan jangka pendek	mm	-23,1334	-19,8113	-16,4893	-14,5909	
	- Lendutan jangka panjang						
	- metoda PCI	mm	-11,6152	-5,1645	-0,0717	2,4629	
	- metoda langkah waktu pendekatan						
	- 3 bulan	mm	-6,3929	0,0413	4,4710	6,7546	
	- 1 tahun	mm	-6,8670	1,7022	6,2850	8,6171	
	- 3 tahun	mm	-9,0672	0,9426	5,9540	8,4932	
3	<b>h/b = 2,50</b>						
	- Tinggi (h)						
	- Tinggi Flens atas (hf1)	mm	214,9012	214,9012	214,9012	214,9012	214,9012
	- Tinggi Flens bawah (hf2)	mm	214,9012	214,9012	214,9012	0,0000	0,0000
	- Tinggi Web (hw)	mm	1719,2096	1719,2096	1719,2096	1719,2096	1719,2096
	- Lebar (b)						
	- Lebar Flens atas (bf1)	mm	859,6048	859,6048	859,6048	859,6048	859,6048
	- Lebar Flens bawah (bf2)	mm	859,6048	859,6048	853,6048	859,6048	859,6048
	- Lebar Web (bw)	mm	257,8814	257,8814	257,8814	257,8814	257,8814
	- Gaya prategangefektif (Pe)	kN	7110,3687	6560,7493	5980,6171	5635,4133	

- Eksentrisitas penampang (ec)													
- Saat transfer	mm	795,0000	795,0000	795,0000	795,0000	795,0000	795,0000	795,0000	795,0000	795,0000	795,0000	795,0000	795,0000
- Saat layan													
- Terhadap baja prategang	mm	759,9198	763,1939	766,4963	768,3963	768,3963	768,3963	768,3963	768,3963	768,3963	768,3963	768,3963	768,3963
- Terhadap baja non-prategang	mm	-	779,5336	767,5096	758,6876	758,6876	758,6876	758,6876	758,6876	758,6876	758,6876	758,6876	758,6876
- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	18467,9486	19697,3539	19324,2875	19324,2875	19324,2875	19324,2875	19324,2875	19324,2875	19324,2875	19324,2875	19324,2875	19324,2875
- Tegangan saat transfer													
- serat atas	MPa	1,2462	0,6353	0,0243	-0,3248	-0,3248	-0,3248	-0,3248	-0,3248	-0,3248	-0,3248	-0,3248	-0,3248
- serat bawah	MPa	-25,3139	-22,3630	-19,4122	-17,7260	-17,7260	-17,7260	-17,7260	-17,7260	-17,7260	-17,7260	-17,7260	-17,7260
- Tegangan saat layan													
- serat atas	MPa	-7,0007	-8,2777	-8,2879	-8,3009	-8,3009	-8,3009	-8,3009	-8,3009	-8,3009	-8,3009	-8,3009	-8,3009
- serat bawah	MPa	-7,3542	-7,2260	-5,9590	-5,2146	-5,2146	-5,2146	-5,2146	-5,2146	-5,2146	-5,2146	-5,2146	-5,2146
- Lendutan ke atas	mm	-31,9067	-28,8047	-25,7026	-23,9300	-23,9300	-23,9300	-23,9300	-23,9300	-23,9300	-23,9300	-23,9300	-23,9300
- Lendutan jangka pendek	mm	-21,9740	-18,8720	-15,7699	-13,9973	-13,9973	-13,9973	-13,9973	-13,9973	-13,9973	-13,9973	-13,9973	-13,9973
- Lendutan jangka panjang													
- metoda PCI	mm	-12,5309	-6,2928	-1,4139	1,0221	1,0221	1,0221	1,0221	1,0221	1,0221	1,0221	1,0221	1,0221
- metoda langkah waktu pendekatan													
- 3 bulan	mm	-7,0807	-0,9643	3,2269	5,3894	5,3894	5,3894	5,3894	5,3894	5,3894	5,3894	5,3894	5,3894
- 1 tahun	mm	-7,4990	0,6142	4,9477	7,1551	7,1551	7,1551	7,1551	7,1551	7,1551	7,1551	7,1551	7,1551
- 3 tahun	mm	-9,5607	-0,1024	4,6323	7,0339	7,0339	7,0339	7,0339	7,0339	7,0339	7,0339	7,0339	7,0339
<b>4 h/b = 2,76</b>													
- Tinggi (h)													
- Tinggi Flens atas (hf1)	mm	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903
- Tinggi Flens bawah (hf2)	mm	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903	225,3903
- Tinggi Web (hw)	mm	1803,1223	1803,1223	1803,1223	1803,1223	1803,1223	1803,1223	1803,1223	1803,1223	1803,1223	1803,1223	1803,1223	1803,1223
- Lebar (b)													
- Lebar Flens atas (bf1)	mm	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010
- Lebar Flens bawah (bf2)	mm	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010	819,6010
- Lebar Web (bw)	mm	245,8803	245,8803	245,8803	245,8803	245,8803	245,8803	245,8803	245,8803	245,8803	245,8803	245,8803	245,8803
- Gaya prategang efektif (P <sub>e</sub> )	kN	7065,6079	6518,5900	5941,3879	5598,0330	5598,0330	5598,0330	5598,0330	5598,0330	5598,0330	5598,0330	5598,0330	5598,0330
- Eksentrisitas penampang (ec)													
- Saat transfer	mm	825,0000	825,0000	825,0000	825,0000	825,0000	825,0000	825,0000	825,0000	825,0000	825,0000	825,0000	825,0000
- Saat layan													

- Terhadap baja prategang	mm	788,5960	791,9937	795,4207	797,3924
- Terhadap baja non-prategang	mm	-	808,7013	796,0301	786,7333
- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	19270,4439	20574,2601	20196,4319	20253,2976
- Tegangan saat transfer					
- serat atas	MPa	1,2872	0,6951	0,1030	-0,2354
- serat bawah	MPa	-25,3549	-22,4229	-19,4908	-17,8154
- Tegangan saat layan					
- serat atas	MPa	-6,4599	-7,9697	-7,9733	-7,9819
- serat bawah	MPa	-7,8846	-7,4211	-6,1676	-5,4307
- Lentutan ke atas	mm	-30,0516	-27,1299	-24,2082	-24,2082
- Lentutan jangka pendek	mm	-21,0219	-18,1002	-15,1785	-13,5030
- Lentutan jangka panjang					
- metoda PCI	mm	-13,2736	-7,2108	-2,5080	-0,1530
- metoda langkah waktu pendekatan					
- 3 bulan	mm	-7,6593	-1,8036	2,1922	4,2558
- 1 tahun	mm	-8,0347	-0,2952	3,8340	5,9399
- 3 tahun	mm	-9,9842	-0,9776	3,5305	5,8201
<b>5 h/b = 3,00</b>					
- Tinggi (h)					
- Tinggi Flens atas (hf1)	mm	235,4125	235,4125	235,4125	235,4125
- Tinggi Flens bawah (hf2)	mm	235,4125	235,4125	235,4125	235,4125
- Tinggi Web (hw)	mm	1883,2998	1883,2998	1883,2998	1883,2998
- Lebar (b)					
- Lebar Flens atas (bf1)	mm	784,7083	784,7083	784,7083	784,7083
- Lebar Flens bawah (bf2)	mm	784,7083	784,7083	784,7083	784,7083
- Lebar Web (bw)	mm	235,4125	235,4125	235,4125	235,4125
- Gaya prategangefektif (Pe)	kN	7031,0949	6485,2151	5909,6770	5567,4822
- Eksentrisitas penampang (ec)					
- Saat transfer	mm	850,0000	850,0000	850,0000	850,0000
- Saat layan					
- Terhadap baja prategang	mm	812,4928	815,9935	819,5244	821,5558
- Terhadap baja non-prategang	mm	-	832,9060	819,6165	809,8661
- Kapasitas Penampang Tersedia	kNm	19996,0454	21374,9633	20996,5882	21065,8936



Tabel E.2.1 Eksentrisitas Saat Transfer

No	h/b	Prosentase Gaya Prategang (%)			
		100	90	80	75
		ec (mm)	ec (mm)	ec (mm)	ec (mm)
	Persegi				
1	2,00	457,0000	457,0000	457,0000	457,0000
2	2,25	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000
3	2,50	470,0000	470,0000	470,0000	470,0000
4	2,75	485,0000	485,0000	485,0000	485,0000
5	3,00	500,0000	500,0000	500,0000	500,0000
	T				
1	2,00	460,0000	460,0000	460,0000	460,0000
2	2,25	475,0000	475,0000	475,0000	475,0000
3	2,50	490,0000	490,0000	490,0000	490,0000
4	2,75	505,0000	505,0000	505,0000	505,0000
5	3,00	520,0000	520,0000	520,0000	520,0000
	I				
1	2,00	730,0000	730,0000	730,0000	730,0000
2	2,25	765,0000	765,0000	765,0000	765,0000
3	2,50	795,0000	795,0000	795,0000	795,0000
4	2,75	825,0000	825,0000	825,0000	825,0000
5	3,00	850,0000	850,0000	850,0000	850,0000

Tabel E.2.2 Eksentrisitas Saat Layan

No	h/b	Prosentase Gaya Prategang (%)											
		100			90			80			75		
		Prategang ec (mm)	Non-prategang ec (mm)	Non-prategang ec (mm)	Prategang ec (mm)	Non-prategang ec (mm)	Non-prategang ec (mm)	Prategang ec (mm)	Non-prategang ec (mm)	Non-prategang ec (mm)	Prategang ec (mm)	Non-prategang ec (mm)	
1	2,00	436,8344	438,7165	448,4694	440,6149	441,8374	441,7071	441,8374	441,7071	441,8374	441,7071	436,9715	
2	2,25	439,7020	441,5965	450,8556	443,5073	443,7465	444,6067	443,7465	444,6067	443,7465	444,6067	438,5305	
3	2,50	449,2607	451,1964	460,2751	453,1488	452,7147	454,2720	452,7147	454,2720	452,7147	454,2720	447,1676	
4	2,75	463,5988	465,5963	474,7230	467,6110	466,7333	468,7701	466,7333	468,7701	466,7333	468,7701	460,8713	
5	3,00	477,9370	479,9962	489,1954	482,0732	480,7956	483,2681	480,7956	483,2681	480,7956	483,2681	474,6327	
	T												
1	2,00	439,7020	441,5965	444,9660	443,5073	433,2781	444,6067	433,2781	444,6067	433,2781	444,6067	424,7027	
2	2,25	454,0401	455,9963	458,9578	457,9695	446,4860	459,1047	446,4860	459,1047	446,4860	459,1047	437,3355	
3	2,50	468,3782	470,3962	473,0042	472,4317	459,7910	473,6028	459,7910	473,6028	459,7910	473,6028	450,0966	
4	2,75	482,7163	484,7961	487,0971	486,8939	473,1789	488,1008	473,1789	488,1008	473,1789	488,1008	462,9671	
5	3,00	497,0544	499,1960	501,2305	501,3561	486,6385	502,5989	486,6385	502,5989	486,6385	502,5989	475,9324	
	I												
1	2,00	697,7879	700,7944	716,3340	703,8268	705,7097	705,5715	705,7097	705,5715	705,7097	705,5715	697,9146	
2	2,25	734,3941	734,3941	750,4088	737,5720	739,0651	739,4002	739,0651	739,4002	739,0651	739,4002	730,7422	
3	2,50	759,9198	763,1939	779,5336	766,4963	767,5096	768,3963	767,5096	768,3963	767,5096	768,3963	758,6876	
4	2,75	788,5960	791,9937	808,7013	795,4207	796,0301	797,3924	796,0301	797,3924	796,0301	797,3924	786,7333	
5	3,00	812,4928	815,9935	832,9060	819,5244	819,6165	821,5558	819,6165	821,5558	819,6165	821,5558	809,8661	





Tabel E.3.2 Tegangan Serat Bawah

No	h/b	Prosentase Gaya Prategang (%)							
		100		90		80		75	
		Transfer	Layan	Transfer	Layan	Transfer	Layan	Transfer	Layan
		Fb (Mpa)	Fb (Mpa)	Fb (Mpa)	Fb (Mpa)	Fb (Mpa)	Fb (Mpa)	Fb (Mpa)	Fb (Mpa)
	Persegi								
1	2,00	-25,5321	1,5452	-21,8461	1,9767	-18,1601	4,1602	-16,0537	5,3438
2	2,25	-24,9203	1,1659	-21,3626	1,6811	-17,8049	3,7652	-15,7719	4,8945
3	2,50	-24,7656	0,5678	-21,2811	1,1396	-17,7967	3,1560	-15,8056	4,2499
4	2,75	-24,8975	-0,1389	-21,4503	0,4734	-18,0032	2,4434	-16,0334	3,5143
5	3,00	-25,0434	-0,7848	-21,6258	-0,1384	-18,2081	1,7934	-16,2552	2,8459
	T								
1	2,00	-22,4654	-6,8785	-19,3625	1,1837	-16,2597	2,8719	-14,4866	3,7677
2	2,25	-22,4800	-7,2682	-19,4283	0,4234	-16,3766	2,0747	-14,6327	2,9541
3	2,50	-22,5238	-7,6255	-19,5123	-0,2500	-16,5007	1,3729	-14,7799	2,2401
4	2,75	-22,5885	-7,9546	-19,6089	-0,8528	-16,6293	0,7476	-14,9267	1,6056
5	3,00	-22,6685	-8,2594	-19,7145	-1,3975	-16,7605	0,1850	-15,0725	1,0359
	I								
1	2,00	-25,2069	-6,0207	-22,2086	-6,7340	-19,2104	-5,4325	-17,4971	-4,6687
2	2,25	-25,3036	-6,7679	-22,3272	-7,0117	-19,3509	-5,7287	-17,6501	-4,9752
3	2,50	-25,3139	-7,3542	-22,3630	-7,2260	-19,4122	-5,9590	-17,7260	-5,2146
4	2,75	-25,3549	-7,8846	-22,4229	-7,4211	-19,4908	-6,1676	-17,8154	-5,4307
5	3,00	-25,3136	-8,2973	-22,4055	-7,5693	-19,4973	-6,3280	-17,8355	-5,5980

Tabel E.4 Kapasitas Penampang

No	h/b	Prosentase Gaya Prategang (%)			
		100	90	80	75
		Mn (kNm)	Mn (kNm)	Mn (kNm)	Mn (kNm)
	Persegi				
1	2,00	9.009,5367	9.083,5157	9.007,8314	9.071,5505
2	2,25	9.258,5366	9.371,8702	9.324,8175	9.412,5904
3	2,50	9.580,7607	9.722,8974	9.694,6262	9.800,3115
4	2,75	9.953,2588	10.116,3744	10.099,6514	10.218,6860
5	3,00	10.317,2547	10.499,6310	10.493,1692	10.624,5081
	T				
1	2,00	11.353,6729	11.741,7694	11.865,2578	12.124,2133
2	2,25	11.879,2613	12.312,6487	12.464,0949	12.751,3919
3	2,50	12.386,7533	12.861,9730	13.038,8614	13.352,3881
4	2,75	12.878,7747	13.392,8787	13.593,0665	13.931,0230
5	3,00	13.357,3721	13.907,8087	14.129,4422	14.490,2703
	I				
1	2,00	16.730,9223	17.799,4987	17.436,8526	17.460,1798
2	2,25	17.641,5385	18.791,0259	18.421,2822	18.421,2822
3	2,50	18.467,9486	19.697,3539	19.324,2875	19.324,2875
4	2,75	19.270,4439	20.574,2601	20.196,4319	20.253,2976
5	3,00	19.996,0454	21.374,9633	20.996,5882	21.065,8936

Tabel E.5.1 Lendutan Sesaat

No	h/b	Prosentase Gaya Prategang (%)			
		100	90	80	75
		$\delta$ (mm)	$\delta$ (mm)	$\delta$ (mm)	$\delta$ (mm)
	Persegi				
1	2,00	-36,2287	-28,7061	-21,1835	-16,8848
2	2,25	-32,6437	-25,9141	-19,1845	-15,3390
3	2,50	-30,6996	-24,5146	-18,3297	-14,7954
4	2,75	-29,7067	-23,9092	-18,1117	-14,7988
5	3,00	-28,8766	-22,1151	-16,7793	-13,7303
	T				
1	2,00	-17,0613	-13,5441	-10,0268	-8,0170
2	2,25	-16,1877	-12,9619	-9,7361	-7,8927
3	2,50	-15,4872	-12,4947	-9,5022	-7,7922
4	2,75	-14,9127	-12,1113	-9,3098	-7,7089
5	3,00	-14,4328	-11,7906	-9,1484	-7,6386
	I				
1	2,00	-24,3359	-20,7629	-17,1898	-15,1480
2	2,25	-23,1334	-19,8113	-16,4893	-14,5909
3	2,50	-21,9740	-18,8720	-15,7699	-13,9973
4	2,75	-21,0219	-18,1002	-15,1785	-13,5090
5	3,00	-20,0662	-17,3106	-14,5550	-12,9803

Tabel E.5.2 Lendutan Ke Atas

No	h/b	Prosentase Gaya Prategang (%)			
		100	90	80	75
		$\delta$ (mm)	$\delta$ (mm)	$\delta$ (mm)	$\delta$ (mm)
	Persegi				
1	2,00	-77,3755	-69,8529	-62,3302	-58,0316
2	2,25	-69,2186	-62,4890	-55,7594	-51,9140
3	2,50	-63,6171	-57,4321	-51,2471	-47,7128
4	2,75	-59,6317	-53,8341	-48,0366	-44,7237
5	3,00	-56,3078	-49,5463	-44,2105	-41,1615
	T				
1	2,00	-36,1773	-32,6601	-29,1428	-27,1330
2	2,25	-33,1796	-29,9538	-26,7280	-24,8847
3	2,50	-30,7800	-27,7675	-24,7550	-23,0850
4	2,75	-28,8153	-26,0138	-23,2123	-21,6115
5	3,00	-27,1768	-24,5346	-21,8924	-20,3826
	I				
1	2,00	-36,7518	-33,1787	-29,6056	-27,5639
2	2,25	-34,1697	-30,8476	-27,5256	-25,6273
3	2,50	-31,9067	-28,8047	-25,7026	-23,9300
4	2,75	-30,0516	-27,1299	-24,2082	-24,2082
5	3,00	-28,3434	-25,5878	-22,8322	-21,2576

Tabel E.5.3 Lendutan Jangka Panjang

No	h/b	Prosentase Gaya Prategang (%)																							
		100						90						80						75					
		δ (mm)		δ (mm)		δ (mm)		δ (mm)		δ (mm)		δ (mm)		δ (mm)		δ (mm)		δ (mm)		δ (mm)		δ (mm)			
PCI	3 Bulan	1 Tahun	3 Tahun	PCI	3 Bulan	1 Tahun	3 Tahun	PCI	3 Bulan	1 Tahun	3 Tahun	PCI	3 Bulan	1 Tahun	3 Tahun	PCI	3 Bulan	1 Tahun	3 Tahun	PCI	3 Bulan	1 Tahun	3 Tahun		
	Persegi																								
1	2,00	46,7302	27,2685	24,7945	19,7134	52,0343	38,8032	41,5206	39,9262	55,7618	45,3775	48,4798	47,7824	64,5495	55,1087	58,9354	58,9868								
2	2,25	40,7452	26,4485	24,8305	20,4931	45,6251	36,4752	39,3451	38,0547	47,3662	40,6848	43,6640	43,0678	55,5483	49,4931	53,0942	53,1642								
3	2,50	34,2941	23,6335	22,4286	18,5322	39,1808	32,8298	35,6717	34,5366	44,5721	39,7773	42,9804	42,6318	46,4610	42,7804	46,0409	46,0357								
4	2,75	27,9401	20,0183	18,9948	15,3664	33,0564	28,7723	31,5087	30,4485	38,0590	35,3319	38,3872	38,0590	37,9490	36,0494	38,9484	38,8330								
5	3,00	22,6500	16,8537	15,9545	12,5381	29,9886	25,2627	27,8933	26,8883	34,9592	31,5146	34,4338	34,1173	37,2238	34,6439	37,6391	37,6447								
	T																								
1	2,00	21,2956	19,6876	20,2543	18,4546	23,8461	24,1879	26,7759	26,4176	26,7807	27,6667	30,2970	30,3249	27,2062	28,5608	31,0759	31,2372								
2	2,25	17,0897	16,4423	16,9522	15,2872	19,7399	20,7200	23,0917	22,7483	22,6099	23,9857	26,4002	26,4130	23,9031	25,5547	28,1052	28,1052								
3	2,50	13,7278	13,7704	14,2177	12,6546	16,4571	17,8821	20,0882	19,7327	19,2751	20,9853	23,2171	23,2149	20,5622	22,4824	24,6844	24,8318								
4	2,75	10,9796	11,5363	11,9214	10,4378	13,7731	15,5196	17,5457	17,2144	13,7731	18,4950	20,5707	20,5544	13,7731	19,9361	21,9882	22,1138								
5	3,00	8,6916	9,6431	9,9692	8,5493	11,5382	13,5242	15,4116	15,0822	14,2772	16,3967	18,3376	18,3083	15,5548	17,7927	19,7162	19,8225								
	I																								
1	2,00	-10,0267	-5,2634	-5,8072	-8,1639	-3,4028	1,5112	3,2626	2,4568	1,8946	6,2034	8,1222	7,7762	4,5191	8,6187	10,5904	10,4662								
2	2,25	-11,6152	-6,3929	-6,8670	-9,0672	-5,1645	0,0413	1,7022	0,9426	-0,0717	4,4710	6,2850	5,9540	2,4629	6,7546	8,6171	8,4932								
3	2,50	-12,5309	-7,0807	-7,4990	-9,5607	-6,2928	-0,9643	0,6142	-0,1024	-1,4139	3,2269	4,9477	4,6323	1,0221	5,3894	7,1551	7,0339								
4	2,75	-13,2736	-7,6593	-8,0347	-9,9842	-7,2108	-1,8036	-0,2952	-0,9776	-2,5080	2,1927	3,8340	3,5305	-0,1530	4,2558	5,9399	5,8201								
5	3,00	-13,6005	-7,9590	-8,2995	-10,144	-7,7446	-2,3582	-0,9174	-1,5663	-3,2300	1,4510	3,0184	2,7281	-0,9643	3,4191	5,0267	4,9101								



Tabel E.7: Selisih Kehilangan Gaya Prategang

No	h/b	Presentase Gaya Prategang (%)														
		100			90			80			75					
		3 Bulan	1 Tahun	3 Tahun	3 Bulan	1 Tahun	3 Tahun	3 Bulan	1 Tahun	3 Tahun	3 Bulan	1 Tahun	3 Tahun	3 Bulan	1 Tahun	3 Tahun
	persegi															
1	2,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	2,25	1,1629	1,1489	1,1386	1,2810	1,2649	1,2532	1,3930	1,3809	1,3676	1,4665	1,4471	1,4471	1,4471	1,4328	1,4328
3	2,50	0,9874	0,9757	0,9672	1,0528	1,0399	1,0305	1,1183	1,1041	1,0937	1,1556	1,1407	1,1407	1,1297	1,1297	1,1297
4	2,75	0,8665	0,8564	0,8491	0,8999	0,8890	0,8811	0,9333	0,9217	0,9132	0,9524	0,9403	0,9403	0,9314	0,9314	0,9314
5	3,00	0,7487	0,7401	0,7339	0,7750	0,7658	0,7591	0,8013	0,7915	0,7844	0,8164	0,8062	0,8062	0,7987	0,7987	0,7987
	T															
1	2,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	2,25	0,6189	0,6122	0,6073	0,6491	0,6418	0,6365	0,6792	0,6714	0,6657	0,6964	0,6883	0,6883	0,6824	0,6824	0,6824
3	2,50	0,5164	0,5109	0,5069	0,5398	0,5338	0,5295	0,5631	0,5567	0,5521	0,5764	0,5698	0,5698	0,5650	0,5650	0,5650
4	2,75	0,4419	0,4372	0,4338	0,4603	0,4553	0,4516	0,4787	0,4733	0,4694	0,4892	0,4836	0,4836	0,4796	0,4796	0,4796
5	3,00	0,3860	0,3819	0,3790	0,4007	0,3963	0,3932	0,4153	0,4107	0,4074	0,4237	0,4189	0,4189	0,4155	0,4155	0,4155
	I															
1	2,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	2,25	0,6447	0,6384	0,6338	0,6693	0,6624	0,6574	0,6938	0,6864	0,6810	0,7078	0,7001	0,7001	0,6945	0,6945	0,6945
3	2,50	0,5064	0,5015	0,4979	0,5336	0,5282	0,5243	0,5607	0,5549	0,5506	0,5763	0,5761	0,5761	0,5656	0,5656	0,5656
4	2,75	0,4570	0,4526	0,4494	0,4774	0,4727	0,4692	0,4979	0,4927	0,4890	0,5096	0,5042	0,5042	0,5003	0,5003	0,5003
5	3,00	0,3535	0,3501	0,3477	0,3780	0,3742	0,3715	0,4025	0,3983	0,3953	0,4165	0,4121	0,4121	0,4089	0,4089	0,4089



**LAMPIRAN F**



Lampiran F.1 : Kontrol Retak Penampang

No	h/b	Prosentase Gaya Prategang (%)																			
		100				90				80				75							
		fb	fcs	fr	Ma	Mcr	kNm	fb	fcs	fr	Ma	Mcr	kNm	fb	fcs	fr	Ma	Mcr	kNm		
Persegi																					
1	2,00	1,5452	3,3541	4,6957	5350,9131	-	1,9767	3,3541	4,6957	5350,9131	5887,2963	4,1602	3,3541	4,6957	5350,9131	5448,2731	5,3438	3,3541	4,6957	5350,9131	5185,8496
2	2,25	1,1659	3,3541	4,6957	5350,9131	-	1,6811	3,3541	4,6957	5350,9131	5968,7213	3,7652	3,3541	4,6957	5350,9131	5522,9746	4,8945	3,3541	4,6957	5350,9131	5257,0723
3	2,50	0,5678	3,3541	4,6957	5350,9131	-	1,1396	3,3541	4,6957	5350,9131	6108,9550	3,1560	3,3541	4,6957	5350,9131	5653,1522	4,2499	3,3541	4,6957	5350,9131	5381,5079
4	2,75	-0,1389	3,3541	4,6957	5350,9131	-	0,4734	3,3541	4,6957	5350,9131	6287,6743	2,4434	3,3541	4,6957	5350,9131	5819,5088	3,5143	3,3541	4,6957	5350,9131	5540,5774
5	3,00	-0,7848	3,3541	4,6957	5350,9131	-	-0,1384	3,3541	4,6957	5350,9131	6485,3636	1,7934	3,3541	4,6957	5350,9131	5984,9179	2,8459	3,3541	4,6957	5350,9131	5698,7261
T																					
1	2,00	-6,8785	3,3541	4,6957	5350,9131	-	1,1837	3,3541	4,6957	5350,9131	6175,0617	2,8719	3,3541	4,6957	5350,9131	5711,3110	3,7677	3,3541	4,6957	5350,9131	5437,0818
2	2,25	-7,2682	3,3541	4,6957	5350,9131	-	0,4234	3,3541	4,6957	5350,9131	6413,2735	2,0747	3,3541	4,6957	5350,9131	5932,8684	2,9541	3,3541	4,6957	5350,9131	5648,9076
3	2,50	-7,6255	3,3541	4,6957	5350,9131	-	-0,2500	3,3541	4,6957	5350,9131	6646,3305	1,3729	3,3541	4,6957	5350,9131	6149,5984	2,2401	3,3541	4,6957	5350,9131	5856,0765
4	2,75	-7,9546	3,3541	4,6957	5350,9131	-	-0,8528	3,3541	4,6957	5350,9131	6874,3985	0,7476	3,3541	4,6957	5350,9131	6361,6576	1,6056	3,3541	4,6957	5350,9131	6058,7451
5	3,00	-8,2594	3,3541	4,6957	5350,9131	-	-1,3975	3,3541	4,6957	5350,9131	7097,7316	0,1850	3,3541	4,6957	5350,9131	6569,2854	1,0359	3,3541	4,6957	5350,9131	6257,1479
I																					
1	2,00	-6,0207	3,3541	4,6957	5350,9131	-	-6,7340	3,3541	4,6957	5350,9131	12261,9844	-5,4325	3,3541	4,6957	5350,9131	11439,5371	-4,6687	3,3541	4,6957	5350,9131	10947,8405
2	2,25	-6,7679	3,3541	4,6957	5350,9131	-	-7,0117	3,3541	4,6957	5350,9131	12851,6361	-5,7287	3,3541	4,6957	5350,9131	11991,7552	-4,9752	3,3541	4,6957	5350,9131	11477,7964
3	2,50	-7,3542	3,3541	4,6957	5350,9131	-	-7,2260	3,3541	4,6957	5350,9131	13393,1051	-5,9590	3,3541	4,6957	5350,9131	12498,4588	-5,2146	3,3541	4,6957	5350,9131	11963,9295
4	2,75	-7,8846	3,3541	4,6957	5350,9131	-	-7,4211	3,3541	4,6957	5350,9131	13916,6742	-6,1676	3,3541	4,6957	5350,9131	12988,6090	-5,4307	3,3541	4,6957	5350,9131	12434,2512
5	3,00	-8,2973	3,3541	4,6957	5350,9131	-	-7,5693	3,3541	4,6957	5350,9131	14398,0735	-6,3280	3,3541	4,6957	5350,9131	13438,8463	-5,5980	3,3541	4,6957	5350,9131	12866,1183



**LAMPIRAN G**

وَمَا يَكْفُرُ الْإِنْسَانُ لِمَا يَدْعُو

**Tabel 1.1** Kawat-kawat untuk beton prategang

Diameter Nominal (in.)	Kuat tarik minimum (psi)		Tegangan minimum Pada eksistensi 1% (psi)	
	Tipe BA	Tipe WA	Tipe BA	Tipe WA
0,192		250.000		212.500
0,196	240.000	250.000	204.000	212.500
0,250	240.000	240.000	204.000	204.000
0,276	235.000	235.000	199.750	199.750

Sumber : Post-Tensioning Institute di dalam Nawy (2000)

**Tabel 1.2** Strand standard tujuh kawat untuk beton prategang

Diameter nominal strand (in.)	Kuat patah strand (min. lb)	Luas baja Nominal strand (in. <sup>2</sup> )	Berat nominal strand (lb/1000 ft)*	Beban minimum pada eksistensi 1% (lb)
MUTU 250				
1/4(0,250)	9.000	0,036	122	7.650
5/16(0,313)	14.500	0,058	197	12.300
3/8(0,375)	20.000	0,080	272	17.000
7/16(0,438)	27.000	0,108	367	23.000
1/2(0,500)	36.000	0,144	490	30.000
3/5(0,600)	54.000	0,216	737	45.900
MUTU 270				
3/8(0,375)	23.000	0,085	290	19.550
7/16(0,438)	31.000	0,115	390	26.350
1/2(0,500)	41.300	0,153	520	35.100
3/5(0,600)	58.600	0,217	740	49.800

\*100.000 psi = 689,5 MPa

0,1 in = 2,54 mm, 1 in.<sup>2</sup> = 645 mm<sup>2</sup>

berat : kalikan dengan 1,49 untuk mendapatkan berat dalam kg per 1000 m

1000 lb = 4448 N

Sumber : Post-Tensioning Institute di dalam Nawy (2000)

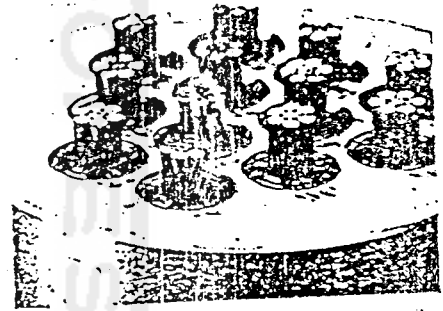
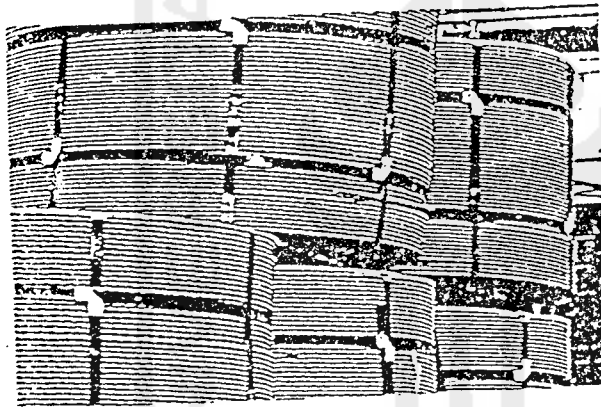
MULTISTRAND SYSTEM



Strand Properties

Strand type		13 mm (0.5")		15 mm (0.6")	
		Euronorm 138-79 or BS 5896: 1980 Super	ASTM A 416-85 Grade 270	Euronorm 138-79 or BS 5896: 1980 Super	ASTM A 416-85 Grade 270
Nominal diameter	(mm)	12.9	12.7	15.7	15.2
Nominal area	(mm <sup>2</sup> )	100	98.7	150	140
Nominal mass	(kg/m)	0.785	0.775	1.16	1.10
Yield strength	(MPa)	1580 <sup>1)</sup>	1670 <sup>2)</sup>	1500 <sup>1)</sup>	1670 <sup>2)</sup>
Tensile strength	(MPa)	1860	1860	1770	1860
Min. breaking load P <sub>b</sub>	(kN)	186.0	183.7	255.0	250.7
Young's modulus	(GPa)	circa 195			
Relaxation <sup>3)</sup> after 1000 h at 20°C and 0.7 x P <sub>b</sub>	(%)	max. 2.5			

- 1) Measured at 0.1% residual strain (0.1% offset method)
- 2) Measured at 1.0% extension (1% extension under load method)
- 3) Valid for relaxation class 2 acc. to Euronorm 138-79/BS 5896: 1980, or low relaxation grade acc. to ASTM A 416-85



Tendon Properties

13 mm (0.5") strand				
Tendon unit	Number of strands	Duct diameter <sup>1)</sup> internal/external (mm)	Min. breaking load	
			Strand type Euronorm 138-79 or BS 5896: 1980 Super (kN)	Strand type ASTM A416-85 Grade 270 (kN)
5-1	1	25/30	186	184
5-2	2	40/45	372	367
5-3	3	40/45	558	551
5-4	4	45/50	744	735
5-6 <sup>2)</sup>	6	50/55	1116	1102
5-7	7	55/60	1302	1286
5-12	12	65/72	2232	2204
5-18 <sup>2)</sup>	18	80/87	3348	3307
5-19	19	80/87	3534	3490
5-22	22	85/92	4092	4041
5-31	31	100/107	5766	5695
5-37	37	120/127	6882	6797
5-43	43	130/137	7998	7899
5-55	55	140/150	10230	10104

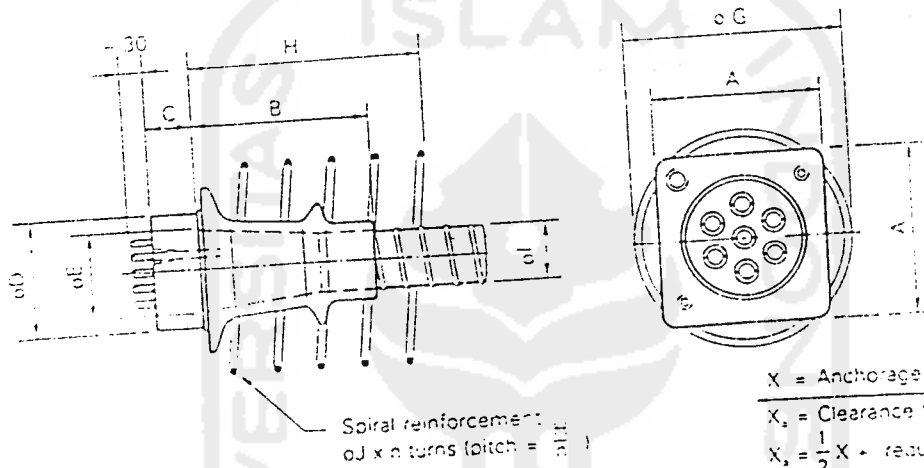
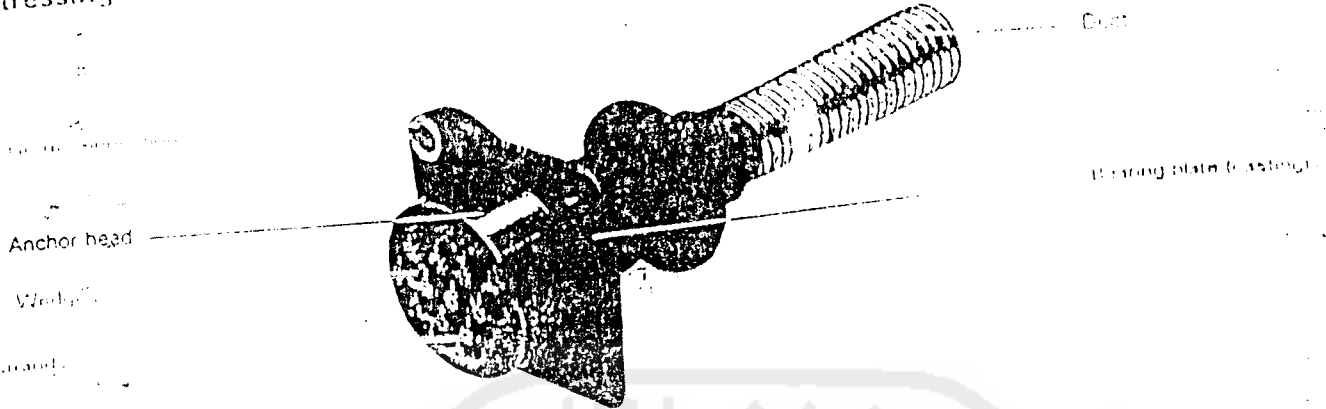
15 mm (0.6") strand				
Tendon unit	Number of strands	Duct diameter <sup>1)</sup> internal/external (mm)	Min. breaking load	
			Strand type Euronorm 138-79 or BS 5896: 1980 Super (kN)	Strand type ASTM A416-85 Grade 270 (kN)
6-1	1	30/35	265	251
6-2	2	45/50	530	521
6-3	3	45/50	795	782
6-4	4	50/55	1060	1043
6-6 <sup>2)</sup>	6	60/67	1590	1564
6-7	7	60/67	1655	1625
6-12	12	80/87	3180	3128
6-18 <sup>2)</sup>	18	95/102	4770	4693
6-19	19	95/102	5035	4953
6-22	22	110/117	5820	5682
6-31	31	130/137	8215	8082
6-37	37	140/150	9605	9546
6-43	43	150/160	11395	11210
6-55	55	170/180	14575	14339

- 1) Standard size for corrugated steel ducts. For polyethylene ducts PT-PLUS<sup>®</sup> see page 6
- 2) For intermediate stressing anchorages (type 2)



MULTISTRAND SYSTEM

Stressing Anchorage VSL Type EC



X = Anchorage spacing  
 $X_1$  = Clearance to edge  
 $X_2 = \frac{1}{2} X +$  required cover of spiral reinforcement

Strand type	Tendon unit	A	B	C	ØD	ØC	ØJ	n	pitch	ØG	H	eG	X	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
Strand type 13 mm (0.5")	5-3	120	130	50	90	50	40/45	130	150	10	3	155			
	5-4	130	140	50	95	55	45/50	140	150	10	3	180			
	5-7	165	185	55	110	74	55/60	205	200	12	4	235			
	5-10	210	230	60	150	104	65/72	285	250	14	5	305			
	5-18	270	295	75	180	135	80/87	365	300	17	6	375			
	5-22	290	335	85	190	150	85/92	395	360	18	6	400			
	5-31	340	365	95	220	172	100/107	470	400	18	8	490			
	5-37	370	380	105	240	188	120/127	510	420	20	7	535			
	5-55	430	460	130	290	230	140/150	620	540	22	9	655			
Strand type 15 mm (0.6")	5-3	120	120	50	90	50	40/45	130	150	10	3	155			
	5-4	150	155	55	110	65	50/55	190	200	12	4	200			
	5-7	190	170	60	135	84	60/67	250	250	14	5	255			
	5-10	250	245	75	170	118	80/87	345	300	16	6	355			
	5-18	310	305	95	200	150	95/102	440	350	18	7	455			
	5-22	340	365	100	220	172	110/117	470	400	18	8	495			
	5-31	390	380	120	250	192	130/137	560	480	20	8	590			
	5-37	430	460	135	290	215	140/150	610	540	22	9	640			
	5-55	520	530	160	340	255	170/180	740	630	25	9	730			

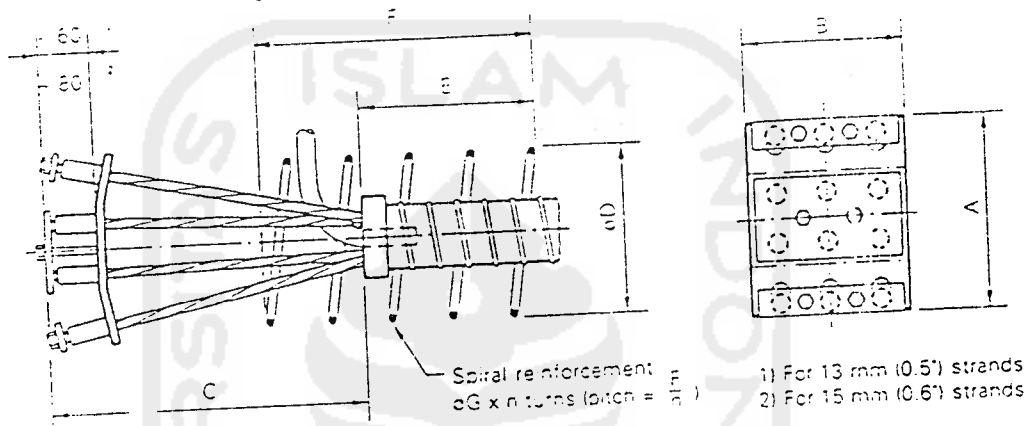
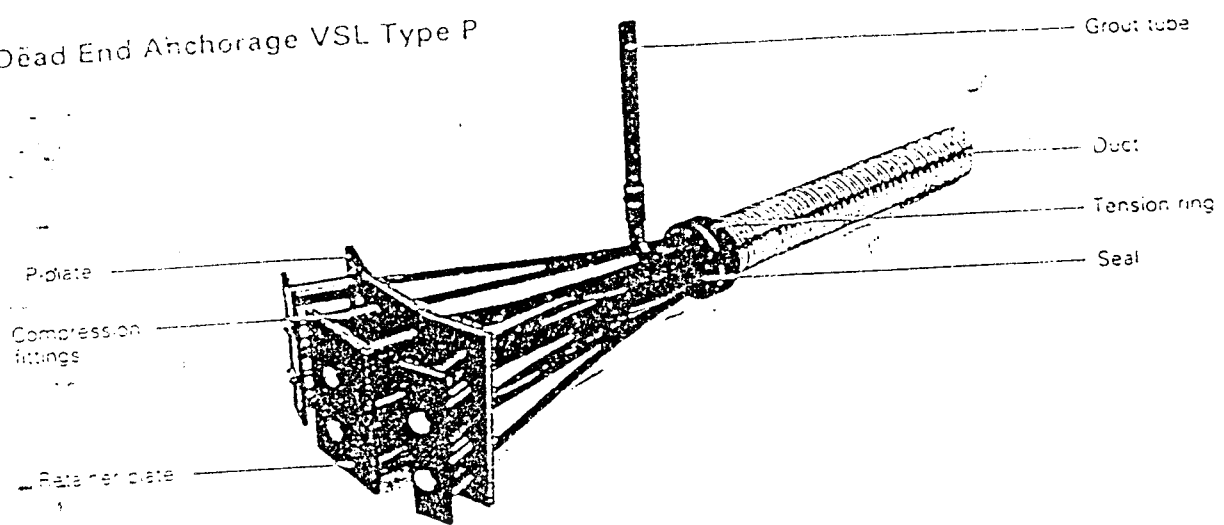
Dimensions in mm

- Standard diameter for corrugated steel duct for polyethylene ducts (PI-PLUS) is 10 mm.
- Anchorage spacings are in accordance with test requirements of CEB/FIP (Recommendations for acceptance and application of post-tensioning systems, March 1981). Modifications to these values may be required.

Subject to modification  
 Maximum prestressing force may be applied when concrete reaches 80% of its nominal strength.  
 Max. prestressing force is 75% of min. tendon breaking load (temporary overstressing to 80%).  
 Dimensions for other concrete strengths on request.

Yield strength of spiral reinforcement  $\geq 420$  MPa  
 may also be satisfied by suitably dimensioned reinforcement.

### Dead End Anchorage VSL Type P



Where the force must be transferred into the concrete exclusively via the bearing plate, polyethylene tubes may be used for sheathing the strands between the end of the duct and the bearing plate.

Strand type 13 mm (0.5")									
Tendon unit	Alternative	A	B	C	$\phi D$	E	F	$\phi G$	n
5-3	1	190	60	260	130	90	190	8	4
5-4		120	120	360	130	90	190	8	4
5-7	2	230	65	360	130	90	190	8	4
		230	110	360	160	100	250	12	4
5-12	1	230	190	410	200	140	320	14	5
5-19		300	230	510	230	140	320	14	5
5-22	2	350	230	610	300	140	320	16	5
5-31		500	230	810	300	140	320	16	5
5-37	1	600	230	960	350	170	380	18	6
		470	300	810	350	170	380	18	6
5-43	2	690	230	1010	400	170	380	18	6
		530	300	860	400	170	380	18	6
5-55	1	880	230	1310	400	170	380	20	6
		600	360	910	400	170	380	20	6

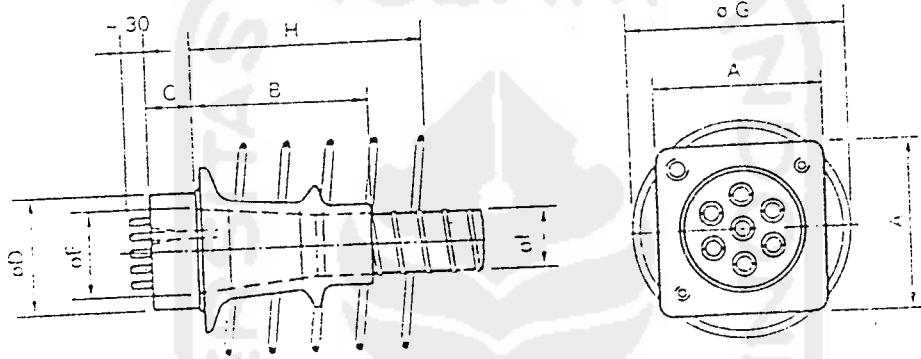
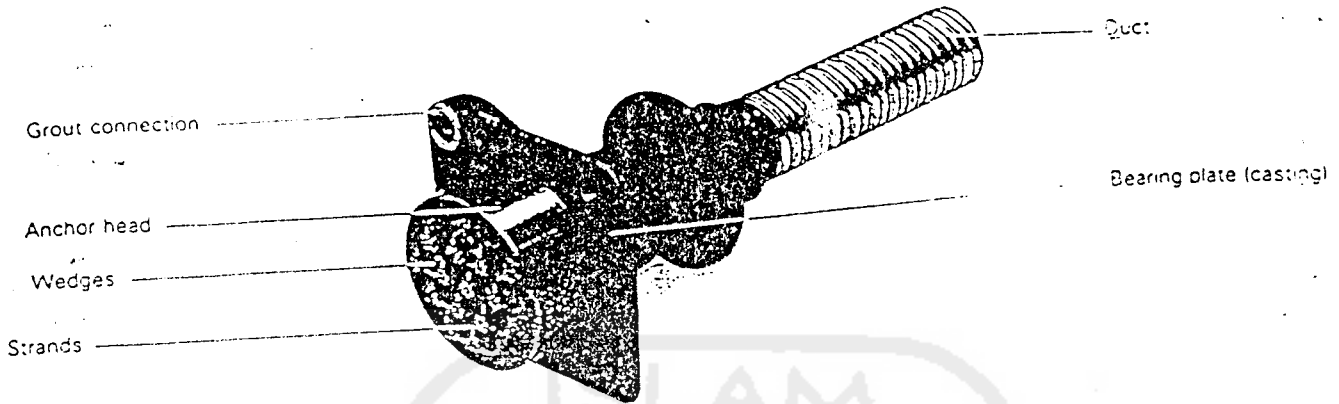
Strand type 15 mm (0.6")									
Tendon unit	Alternative	A	B	C	$\phi D$	E	F	$\phi G$	n
6-2	1	180	60	280	130	90	190	8	4
6-3		230	70	330	180	100	250	12	4
6-4	2	260	80	430	180	100	250	12	4
		145	145	380	180	100	250	12	4
6-7	1	270	140	430	200	140	320	14	5
6-12		270	230	430	230	140	320	14	5
6-19	2	370	270	630	300	140	320	16	5
6-22		420	270	730	300	140	320	16	5
6-31	1	600	270	980	400	170	380	18	6
		480	340	780	400	170	380	18	6
6-37	2	720	270	1180	400	170	380	20	6
		560	340	980	400	170	380	20	6
6-43	1	800	270	1290	400	200	440	20	7
		650	340	1080	400	200	440	20	7
6-55	2	1000	270	1780	450	220	500	22	8
		800	340	1280	450	220	500	22	8

Dimensions in mm.  
 Dimensions are valid for:  
 Nominal concrete strength at 28 days: 35 MPa (cube), 26 MPa (cylinder).  
 Maximum prestressing force may be applied when concrete reaches 80% of its nominal strength.

Subject to modification:  
 Max. prestressing force is 75% of min. tendon breaking load (temporary over-stressing to 80%).  
 Dimensions for other concrete strengths on request.  
 Yield strength of spiral reinforcement:  $\geq 420$  MPa.  
 Spirals may be replaced by a suitable orthogonal reinforcement.



Stressing Anchorage VSL Type EC



Spiral reinforcement:  $eJ \times n$  turns (pitch =  $\frac{eJ}{n}$ )

$X$  = Anchorage spacing  
 $X_e$  = Clearance to edge  
 $X_s = \frac{1}{2} X + \text{required cover of spiral reinforcement}$

	Tendon unit	A	B	C	eD	eE	eF internal/external	eG	H	eJ	n	X <sup>2</sup>
Strand type 13 mm (0.5")	5-3	120	130	50	90	50	40/45	130	150	10	3	155
	5-4	135	125	50	95	55	45/50	160	150	10	3	180
	5-7	165	155	55	110	74	55/60	205	200	12	4	235
	5-12	215	215	60	150	104	65/72	285	250	14	5	305
	5-19	270	235	75	180	135	80/87	365	300	16	6	355
	5-27	290	335	85	190	150	95/92	395	360	18	6	415
	5-31	340	365	95	230	172	100/107	470	400	18	8	490
	5-37	370	360	105	240	188	120/127	510	420	20	7	535
	5-55	430	460	130	290	230	140/150	620	540	22	9	655
Strand type 15 mm (0.6")	6-3	135	125	50	90	55	45/50	160	150	10	3	185
	6-4	150	155	55	110	65	50/55	190	200	12	4	210
	6-7	190	170	60	135	84	60/67	250	250	14	5	280
	6-12	250	245	75	170	112	60/67	345	300	16	6	365
	6-19	310	305	95	200	150	95/102	440	350	18	7	460
	6-22	340	365	100	220	172	110/117	470	400	18	8	495
	6-31	390	350	120	250	192	130/137	560	480	20	8	590
	6-37	430	450	135	280	215	140/150	610	540	22	9	640
	6-55	520	530	160	340	255	170/180	740	630	25	9	730

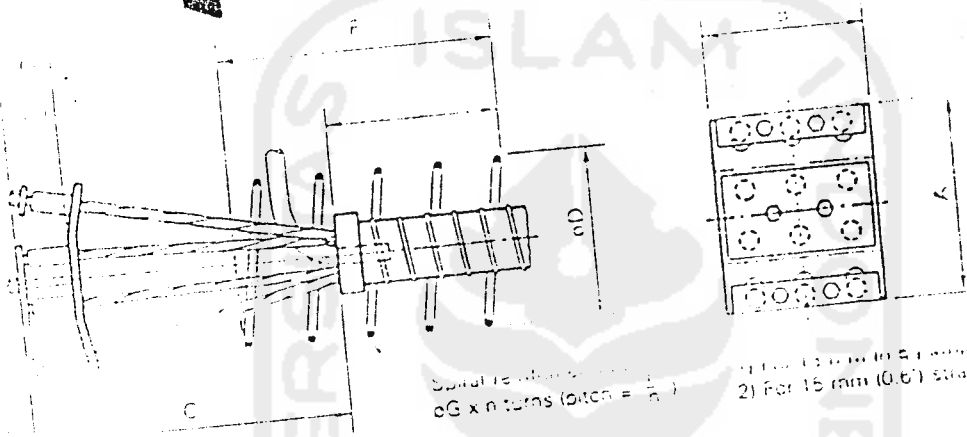
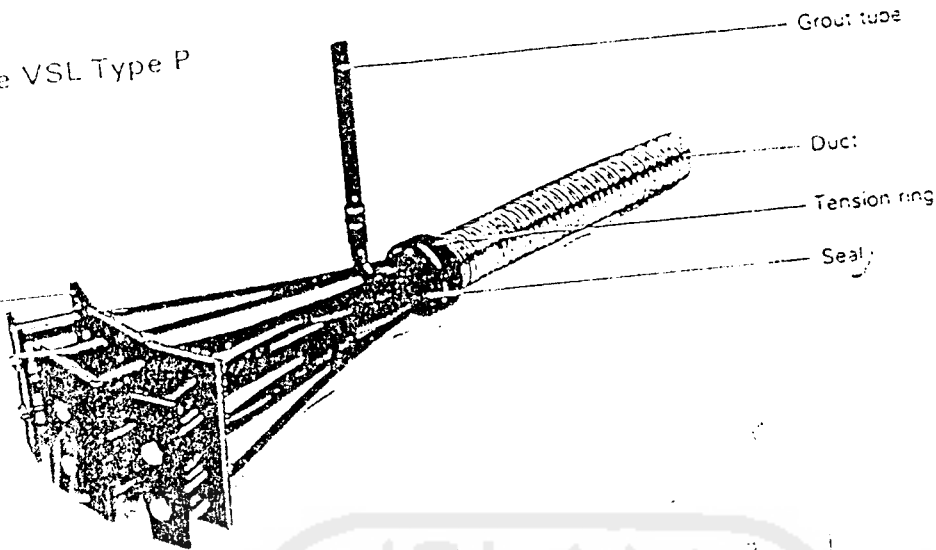
Dimensions in mm

- Standard diameter for corrugated steel duct. For polyethylene ducts PT-PLUS<sup>®</sup> see page 6
- Anchorage spacings are in accordance with test requirements of CEB/FIP (Recommendations for acceptance and application of post-tensioning systems, March 1981). Modifications to these values may be possible.
- Dimensions are valid for:
  - nominal concrete strength at 28 days: 25 MPa (nominal 28 MPa applied)

Subject to modification  
 Maximum prestressing force may be applied when concrete reaches 80% of its nominal strength.  
 Max. prestressing force is 75% of min. tendon breaking load (temporary overstressing to 80%).  
 Dimensions for other concrete strengths on request.

Yield strength of spiral reinforcement: 420 MPa  
 Spirals may be replaced by suitable orthogonal reinforcement.

End Anchorage VSL Type P



Spiral reinforcement:  $\phi G \times n$  turns (pitch =  $\frac{A}{n}$ )  
 1) For 13 mm (0.5") strands  
 2) For 15 mm (0.6") strands

Where the load must be transferred into the concrete by means of a bearing plate, polyethylene tubes may be used to separate the strands between the end of the duct and the bearing plate.

Strand type 13 mm (0.5")									
Tendon unit	Alternative	A	B	C	$\phi D$	E	F	$\phi G$	n
5-3		190	60	260	130	90	190	8	4
5-4	1	120	120	360	130	90	190	8	4
	2	230	65	360	130	90	190	8	4
5-7		230	110	360	180	100	250	12	5
5-12		230	190	410	200	140	320	14	5
5-19		300	230	510	230	140	320	16	5
5-22		350	230	610	300	140	320	16	5
5-31		500	230	810	300	140	320	16	5
5-31	1	600	230	950	350	170	380	18	6
5-37	2	470	300	810	350	170	380	18	6
5-43	1	600	300	1010	400	170	380	18	6
	2	600	300	1010	400	170	380	18	6

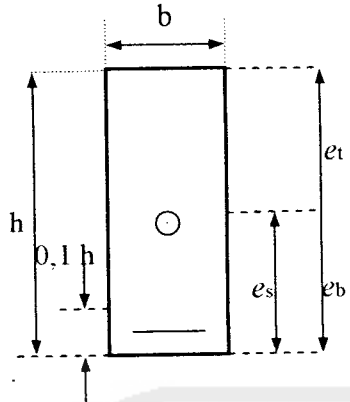
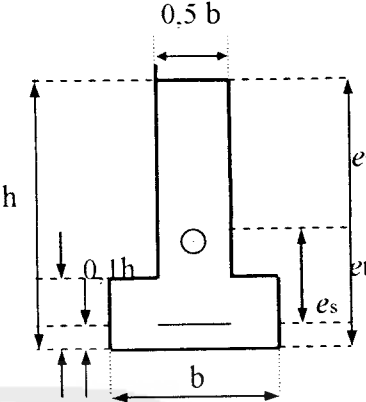
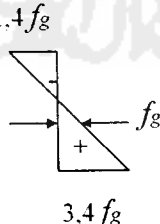
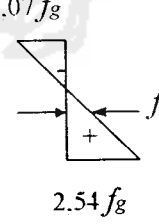
Strand type 15 mm (0.6")									
Tendon unit	Alternative	A	B	C	$\phi D$	E	F	$\phi G$	n
6-2		180	60	280	130	90	190	8	4
6-3		230	70	330	180	100	250	12	4
6-4	1	260	80	430	180	100	250	12	4
	2	145	145	380	180	100	250	12	4
6-7		270	140	430	200	140	320	14	5
6-12		270	230	430	230	140	320	14	5
6-19		370	270	630	300	140	320	16	5
6-22		420	270	730	300	140	320	16	5
6-31	1	600	270	980	400	170	380	18	6
	2	480	340	780	400	170	380	18	6
6-37	1	720	270	1180	400	170	380	18	6
	2	560	340	980	400	170	380	18	6
6-43	1	800	270	1280	400	200	440	20	7
	2	650	340	1080	400	200	440	20	7
	3	1000	270	1780	450	220	500	22	8
	4	800	340	1380	450	220	500	22	8

Maximum prestressing force is 75% of min. breaking load (temporarily over-stressing to 80%).  
 Dimensional data for other reinforcement: 20 MPa (29000 PSI) yield strength.  
 Maximum prestressing force may be applied when concrete reaches 80% of its nominal strength.  
 Spirals may be replaced by a suitable orthogonal reinforcement.

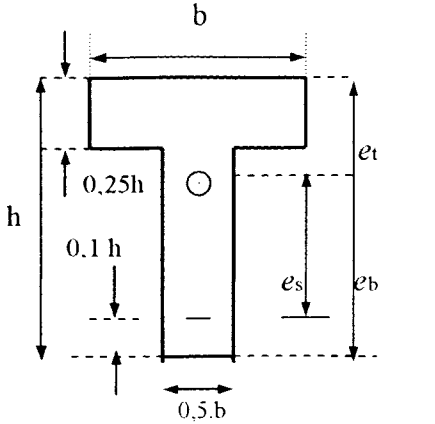
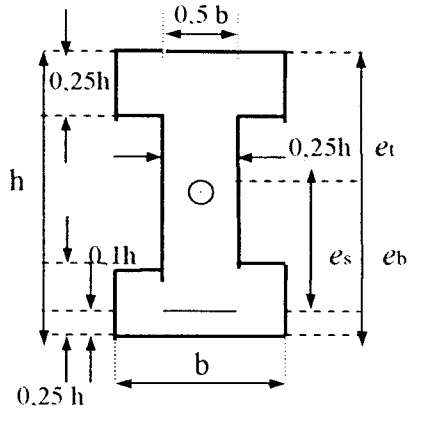
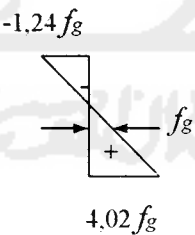
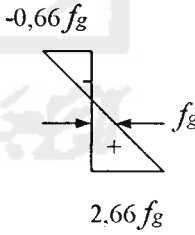
Subject to modification.  
 Max. prestressing force is 75% of min. breaking load (temporarily over-stressing to 80%).  
 Dimensional data for other reinforcement: 20 MPa (29000 PSI) yield strength.  
 Maximum prestressing force may be applied when concrete reaches 80% of its nominal strength.  
 Spirals may be replaced by a suitable orthogonal reinforcement.



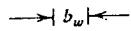
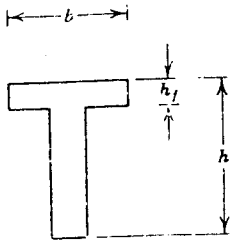
Tabel 1.4 Distribusi tegangan berbagai penampang

SECTION PROPERTIES		
$A$ $e_b$ $e_t$	$bh$ $0,5 h$ $0,5 h$	$0,625 bh$ $0,426 h$ $0,574 h$
$I$ $Z_b$ $Z_t$ $i^2$	$bh^3/12$ $bh^2/6$ $bh^2/6$ $h^2/12$	$0,677.(bh^3/12)$ $0,795.(bh^2/6)$ $0,590.(bh^2/6)$ $1,082.(h^2/12)$
$e_s$ $k_b$ $k_t$	$3,4$ $0,4 h$ $-1,4$	$2,54$ $0,326 h$ $-1,07$
$\frac{k_t}{k_b}$	$-0,411$	$-0,422$
Stress Diagram $(f_g = \frac{P}{A} = \text{stress at centroid})$		

bersambung

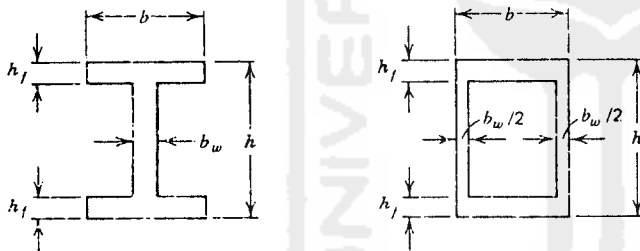
SECTION PROPERTIES		
$A$ $e_b$ $e_t$	$0,625 bh$ $0,574 h$ $0,426 h$	$0,625 bh$ $0,5 h$ $0,5 h$
$I$ $Z_b$ $Z_t$ $i^2$	$0,677.(bh^3/12)$ $0,590.(bh^2/6)$ $0,795.(bh^2/6)$ $1,082.(h^2/12)$	$0,906.(bh^3/12)$ $0,906.(bh^2/6)$ $0,906.(bh^2/6)$ $1,450.(h^2/12)$
$e_s$ $k_b$ $k_t$	$0,474 h$ $4,02$ $-1,24$	$0,4 h$ $2,66$ $-0,66$
$\frac{k_t}{k_b}$	$-0,308$	$-0,248$
Stress Diagram $(f_g = \frac{P}{A} =$ stress at centroid)		

Sumber : (Abeles dkk, 1976)



**Table A.9** Section Properties of T-Beams

$b_w/b$	$h_f/h$	$A_c$	$I_c$	$c_1$	$c_2$	$r^2$
0.1	0.1	$0.190bh$	$0.0179bh^3$	$0.286h$	$0.714h$	$0.0945h^2$
0.1	0.2	0.280	0.0192	0.244	0.756	0.0688
0.1	0.3	0.370	0.0193	0.245	0.755	0.0520
0.2	0.1	0.280	0.0283	0.371	0.629	0.1010
0.2	0.2	0.360	0.0315	0.322	0.678	0.0875
0.2	0.3	0.440	0.0319	0.309	0.691	0.0725
0.3	0.1	0.370	0.0365	0.415	0.585	0.0985
0.3	0.2	0.440	0.0408	0.374	0.626	0.0928
0.3	0.3	0.510	0.0417	0.355	0.645	0.0819
0.4	0.1	0.460	0.0440	0.441	0.559	0.0954
0.4	0.2	0.520	0.0486	0.408	0.592	0.0935
0.4	0.3	0.580	0.0499	0.391	0.609	0.0860



**Table A.8** Section Properties of Symmetrical I-and Box Beams

$b_w/b$	$h_f/h$	$A_c$	$I_c$	$c_1$	$c_2$	$r^2$
0.1	0.1	$0.280bh$	$0.0449bh^3$	$0.500h$	$0.500h$	$0.160h^2$
0.1	0.2	0.460	0.0671	0.500	0.500	0.146
0.1	0.3	0.640	0.0785	0.500	0.500	0.123
0.2	0.1	0.360	0.0492	0.500	0.500	0.137
0.2	0.2	0.520	0.0689	0.500	0.500	0.132
0.2	0.3	0.680	0.0791	0.500	0.500	0.117
0.3	0.1	0.440	0.0535	0.500	0.500	0.121
0.3	0.2	0.580	0.0707	0.500	0.500	0.122
0.3	0.3	0.720	0.0796	0.500	0.500	0.111
0.4	0.1	0.520	0.0577	0.500	0.500	0.111
0.4	0.2	0.640	0.0725	0.500	0.500	0.113
0.4	0.3	0.760	0.0801	0.500	0.500	0.105

Tabel 1.5 Koefisien gesek kelengkungan dan *Wobble*

Jenis Tendon	Koefisien <i>wobble</i> , K per foot	Koefisien Kelengkungan, $\mu$
Tendon di selubung metal fleksibel Tendon kawat <i>Strand</i> 7 kawat Batang mutu tinggi	0,0010-0,0015 0,0005-0,0020 0,0001-0,0006	0,15-0,25 0,15-0,25 0,08-0,30
Tendon di saluran metal yang rigid <i>Strand</i> 7 kawat	0,0002	0,15-0,25
Tendon yang di lapisi <i>mastic</i> Tendon kawat dan <i>Strand</i> 7 kawat	0,0010-0,0020	0,05-0,15
Tendon yang dilumasi dahulu Tendon kawat dan <i>Strand</i> 7 kawat	0,0003-0,0020	0,05-0,15

Sumber : Prestressed Concrete Institute di dalam Nawy (2000)

Tabel 1.6 Nilai  $K_{SH}$  untuk komponen struktur pascatarik

Waktu dari akhir perawatan basah hingga pemberian prategang, hari	1	3	5	7	10	20	30	60
$K_{SH}$	0,92	0,85	0,80	0,77	0,73	0,64	0,58	0,45

Sumber : Prestressed Concrete Institute di dalam Nawy (2000)

Tabel 1.7 Nilai  $K_{RE}$  dan  $J$ 

Jenis tendon <sup>a</sup>	$K_{RE}$	$J$
Kawat atau <i>stress-relieved strand</i> mutu 270	20.000	0,15
Kawat atau <i>stress-relieved strand</i> mutu 250	18.500	0,14
Kawat <i>stress-relieved</i> mutu 240 atau 235	17.600	0,13
<i>Strand</i> relaksasi rendah mutu 270	5.000	0,040
Kawat relaksasi rendah mutu 250	4.630	0,037
Kawat relaksasi rendah mutu 240 atau 235	4.400	0,035
Batang <i>stress-relieved</i> mutu 145 atau 160	6.000	0,05

<sup>a</sup> Sesuai dengan ASTM A416-74, Astm A421-76 atau ASTM A722-75

Sumber : Prestressed Concrete Institute di dalam Nawy (2000)

Tabel 1.8 Nilai C

$f_{pi} / f_{pu}$	Kawat atau <i>Strand</i> <i>Stress-relieved</i>	Kawat atau <i>Strand</i> Reklaksasi rendah atau batang <i>Stress-relieved</i>
0,80		1,28
0,79		1,22
0,78		1,16
0,77		1,11
0,76		1,05
0,75	1,45	1,00
0,74	1,36	0,95
0,73	1,27	0,90
0,72	1,18	0,85
0,71	1,09	0,80
0,70	1,00	0,75
0,69	0,94	0,70
0,68	0,89	0,66
0,67	0,83	0,61
0,66	0,78	0,57
0,65	0,73	0,53
0,64	0,68	0,49
0,63	0,63	0,45
0,62	0,58	0,41
0,61	0,53	0,37
0,60	0,49	0,33

Sumber : Post-Tensioning Institute di dalam Nawy (2000)

**Tabel 1.9** Faktor Pengali  $C_1$  Untuk Defleksi dan Lawan Lentur Jangka Panjang

Pada Ereksi	Tanpa Topping Komposit	Dengan Topping Komposit
1. Komponen Defleksi (ke bawah)-gunakan pada defleksi elastis disebabkan berat komponen saat pelepasan prategang	1,85	1,85
2. Komponen Defleksi (ke bawah)-gunakan pada lawan lentur elastis disebabkan prategang pada saat pelepasan	1,80	1,80
3. Komponen Defleksi (ke bawah)-gunakan pada defleksi elastis disebabkan berat komponen saat pelepasan prategang	2,70	2,40
4. Komponen Lawan lentur (ke atas)-gunakan pada lawan lentur elastis disebabkan prategang pada saat pelepasan	2,45	2,20
5. Defleksi (ke bawah)-gunakan pada defleksi elastis disebabkan hanya karena beban mati tambahan	3,00	3,00
6. Defleksi (ke bawah)-gunakan pada defleksi elastis disebabkan oleh <i>topping</i> komposit	-	2,30

Sumber : Nawy, 2000

UNTUK MAHASISWA

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO MHS	BID.STUDI
1.	Sapto Purnomo	00 511 070	Teknik Sipil
2.	Ilham Widoyo	00 511 104	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

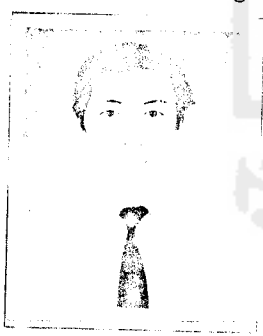
Pengaruh Rangkaian dan susut terhadap lendutan pada balok menerus Beton Prategang Parsial

PERIODE KE : II ( Des 04 - Mei 05 )  
 TAHUN : 2004 - 2005

Beraku mulai Tgl : 8-Dec-04 – 3 Juni 2005

No.	Kegiatan	Bulan					
		Des.	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei.
1.	Pendaftaran						
2.	Pentuan Dosen Pembimbing						
3.	Pembuatan Proposal						
4.	Seminar Proposal						
5.	Konsultasi Penyusunan TA.						
6.	Sidang - Sidang						
7.	Pendaftaran						

Dosen Pembimbing I : Ade Ilham ,Dr,Ir,MT  
 Dosen Pembimbing II : A Kadir Aboe,Ir,H,MS



Jogjakarta, 8-Dec-04  
 a.n. Dekan



*(Signature)*  
 Ir.H.Munadhir, MS

Catatan :  
 Seminar : \_\_\_\_\_  
 Sidang : \_\_\_\_\_  
 Pendaftaran : \_\_\_\_\_

*(Handwritten signature)*  
 30/5

UNTUK MAHASISWA

**SARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

NO.	NAMA	NO.M.H.	BID.STUDI
1.	Agro Purmana	00 511 070	Teknik Sipil
2.	Fitri Yotnu Widoyo	00 511 103	Teknik Sipil

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Pengaruh Rangkai dan susut terhadap lendutan pada balok menerus Beton Prategang Parsial

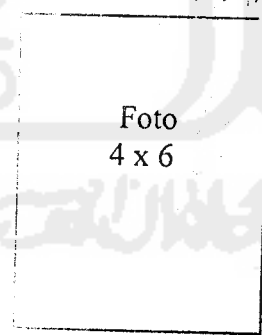
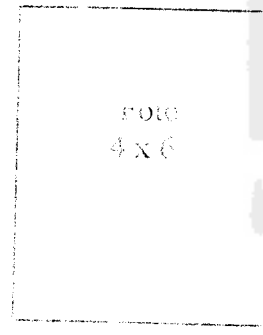
SEMESTER KE : II ( Des 04 - Mei 05 )  
 TAHUN : 2004 - 2005

Berlaku mulai Tgl : 21-Mar-05 – Sampai Akhir Mei 05

No.	Kegiatan	Bulan No:					
		Des.	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei.
1	Pendaftaran	█					
2	Penerbitan Desain Pembimbing	█					
3	Pembuatan Proposal		█				
4	Seminar Proposal		█	█			
5	Konsultasi Pengajuan TA.			█	█		
6	Ujian - Sidang					█	█
7	Pendaftaran						█

Dosen Pembimbing : Arle Iliham ,Dr,Ir,MT

Dosen Pembimbing : A Kadir Aboe,Ir,H,MS



Jogyakarta, 21-Mar-05  
 a.n. Dekan

Ir.H.Munzir, MS

Catatan :  
 Seminar : \_\_\_\_\_  
 Sidang : \_\_\_\_\_  
 Pendaftaran : \_\_\_\_\_



## DAFTAR PUSTAKA

1. ————, 1991, TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG, SK SNI T-15-1991-03, Yayasan LPMB, Bandung.
2. Abeles, P.W.; Bardhan-Roy, B.K.; Turner, F.H., 1976, PRESTRESSED CONCRETE DESIGNER'S HANDBOOK, Second Edition, H. Charlesworth & Co. Ltd.
3. Aboe, A.K, Ir, M.S, 2002, CATATAN KULIAH STRUKTUR BETON PRATEGANG, JTS FTSP UII, Yogyakarta.
4. Aboe, A.K, Ir, M.S, 2000, STRUKTUR BETON I, JTS FTSP UII, Yogyakarta.
5. Ferizal, I.B. dan Rusnapi, 2005, PENGARUH RASIO DAN LEBAR (h/b) TERHADAP KAPASITAS LENDUT BALOK BETON BERTULANG, Tugas Akhir S-1, JTS FTSP UII, Yogyakarta.
6. Ghali, A dan Neville, A.M., 1990, ANALISA STRUKTUR, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
7. Indrayani, Dwi. dan Irma, 2000, ANALISIS PENGARUH PERSENTASE GAYA PRATEGANG TERHADAP LENDUTAN PADA BALOK PRATEGANG PARSIAL, Tugas Akhir S-1, JTS FTSP UII, Yogyakarta.
8. Irhamy, Anny, 2001, ANALISIS LENDUTAN PADA BALOK MENERUS BETON PRATEGANG PARSIAL, Tugas Akhir S-1, JTS FTSP UII, Yogyakarta.
9. Libby, James R., 1977, MODERN PRESTRESSED CONCRETE, Design Principles and Construction Methods, Second Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
10. Lin, T.Y. dan Burns, Ned. H., 1989, DESAIN STRUKTUR BETON PRATEGANG, Edisi Ketiga, Jilid 1 dan 2, Erlangga, Jakarta.
11. Lin, T.Y. dan Burns, Ned. H., 2000, DESAIN STRUKTUR BETON PRATEGANG, Edisi Pembaharuan, Jilid 1 dan 2, Bina Rupa Aksara, Jakarta.

12. Multadory, M. Herwin dan El-Husni, D. Fahmi, 1999, PENGARUH LAMA PEMBEBANAN DAN VARIASI TAMPANG TERHADAP LENDUTAN PADA BALOK BETON PRATEGANG, Tugas Akhir S-1, JTS FTSP UII, Yogyakarta.
13. Namaan, A.E., 1982, PRESTRESSED CONCRETE ANALYSIS AND DESIGN, Fundamental, McGraw-Hill Book Company, New York.
14. Nawy, Edward G., 2000, BETON PRATEGANG, Suatu Pendekatan Dasar, Edisi Ke tiga, Jilid 1 dan 2, Erlangga, Jakarta.
15. Nilson, Arthur H., 1987, DESIGN OF PRESTRESSED CONCRETE, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York, USA.
16. Park, R. dan Paulay, T., 1975, REINFORCED CONCRETE STRUCTURES, John Wiley & Sons, Inc, New York, USA.
17. Raju, N. Krisna, 1986, BETON PRATEKAN, Erlangga , Jakarta.
18. Sinha, N.C. dan Roy, S.K., 1991, FUNDAMENTAL OF PRESTRESSED CONCRETE, Second Edition, S Chan and Company, Ram Nagar, New Delhi, India.
19. VSL Group Headquarters Engineering and Development, 1993, POST TENSIONING SYSTEMS, VSL International, Ltd, Berne, Switzerland.
20. Wang, C. K. dan Salmon, C.G, 1985, DISAIN BETON BERTULANG, Edisi Ke empat, Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
21. Winarni Hadipratomo,Ir., 1988, STRUKTUR BETON PRATEGANG, Teori dan Prinsip Disain, Nova, Bandung.
22. Winter, George dan Nilson, Arthur H., 1993, DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES, Eighth Edition, McGraw-Hill Kagokusha, Ltd, Japan.
23. Wiradana, Kusuma, Ir, Drs dan Nataprawira, Muljadi, Ir, 1984, BUNGA RAMPAI MEKANIKA TEKNIK I, Alumni, Bandung.