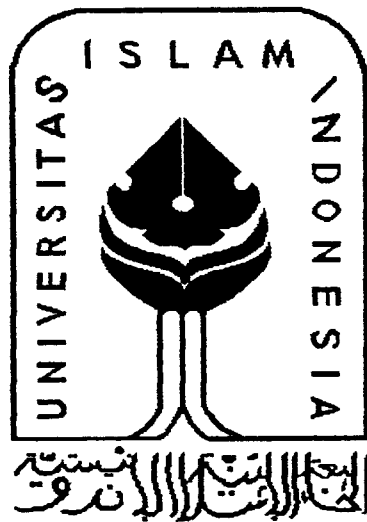


TUGAS AKHIR

**STUDI PERBANDINGAN
DESAIN BALOK PRATEGANG PENUH
DENGAN PRATEGANG PARSIAL
PADA BALOK TAMPANG-T STRUKTUR GEDUNG**



Disusun oleh :

ARI SAPTOYUONO

No. Mhs : 88 310 032

NIRM. : 885014330030

RACHMAT WIJAYA

No. Mhs : 90 310 150

NIRM. : 900051013114120131

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1996**

TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN
DESAIN BALOK PRATEGANG PENUH
DENGAN PRATEGANG PARSIAL
PADA BALOK TAMPANG-T STRUKTUR GEDUNG

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam rangka
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

Disusun Oleh :

ARI SAPTOYUONO

No. Mhs : 88 310 032

NIRM : 885014330030

RACHMAT WIJAYA

No. Mhs : 90 310 150

NIRM : 900051013114120131

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1996

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN
DESAIN BALOK PRATEGANG PENUH
DENGAN PRATEGANG PARSIAL
PADA BALOK TAMPANG-T STRUKTUR GEDUNG

Disusun Oleh :

ARI SAPTOYUONO

No. Mhs : 88 310 032

NIRM : 885014330030

RACHMAT WIJAYA

No. Mhs : 90 310 150

NIRM : 900051013114120131

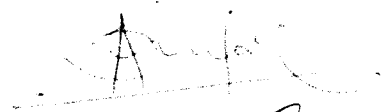
Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Ir. H. M. SAMSUDIN

Dosen Pembimbing I

Ir. A. KADIR ABOE, MS

Dosen Pembimbing II


Tanggal :


Tanggal : 4/11/96

LEMBAR PERSEMBAHAN

.....*Dan sesungguhnya akhir itu lebih baik dari permulaan.*

————— (QS.93 AYAT 4)

.....*Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain.*

————— (QS.94 ayat 6-7)

Kami Persembahkan Karya ini Untuk

Kedua Orang Tua Kami, Kakak-Kakak dan Adik-Adik Tersayang

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Assalamu 'alaikum wr.wb

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT, atas berkah dan rahmat-Nya tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini merupakan puncak langkah setelah sebelumnya menyelesaikan kuliah, tugas dan praktikum dalam rangka mencapai jenjang keserjanaan bagi setiap mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Berawal dari ketertarikan penyusun akan tema tugas akhir ini dan keinginan untuk meneliti lebih luas lagi dari tema yang pernah ada, akhirnya penyusun menentukan tema atau topik yang dianggap paling menarik dan memberi wawasan baru. Topik pembahasan **Studi Perbandingan Desain Balok Prategang Penuh Dengan Prategang Parsial Pada Balok Tampang-T Struktur Gedung**, dengan harapan tugas akhir ini mampu memberikan masukan terhadap ilmu beton prategang sebagai referensi bahan kuliah maupun pelaksanaan dilapangan kelak.

Dengan terselesainya tugas akhir ini, ucapan terima kasih dan penghargaan diberikan kepada :

1. Bapak Ir. H.M.Samsudin, selaku dosen pembimbing I tugas akhir ini.
2. Bapak Ir.A.Kadir Aboe,MS, selaku dosen pembimbing II tugas akhir.
3. Semua pihak yang telah banyak membantu hingga terselesainya tugas akhir ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan bermanfaat dan menjadi suatu amal ibadah yang mendapatkan pahala dari Allah SWT, amin.

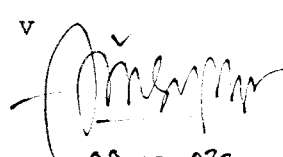
Penyusun menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan disana-sini, karena keterbatasan baik waktu maupun kemampuan hingga tugas akhir ini jauh dari sempurna yang diharapkan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan.

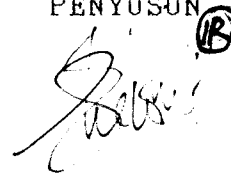
Akhirnya dengan harapan semoga Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang ingin mendapatkan tambahan wawasan dan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Wasaalamu 'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, Oktober 1996

PENYUSUN


08 - 032


90 - 150

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAKSI	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan	4
1.5. Dasar Analisis dan Hipotesis	5
BAB II. STUDI PUSTAKA	6
2.1. Konsep Dasar Beton Prategang	6
2.1.1. Sistem Prategang Untuk Mengubah Beton Menjadi Bahan Yang Elastis.	7

2.1.2. Prategang Sebagai Kombinasi Baja Mutu Tinggi dan Beton	9
2.1.3. Sistem Prategang Untuk Mencapai Perimbangan Beban	11
2.2. Prategang Parsial	14
2.2.1. Prilaku Balok Prategang Parsial .	14
2.2.2. Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Prategang Parsial	21
2.3. Penempatan Tulangan Non-Prategang	24
2.4. Tendon Prategang	27
BAB III. ANALISA DAN DESAIN PENAMPANG TERHADAP LENTUR.	31
3.1. Analisa Lentur Dengan Metode Elastis	31
3.2. Analisa Tampang Berdasarkan Keadaan Batas	34
3.2.1. Analisa Keadaan Batas Pada Tendon Terekat (Bounded)	36
3.3. Konsep Dasar Desain Elastis	45

3.4.	Desain Penampang Terhadap Lentur	48
3.4.1.	Modulus Penampang minimum	48
BAB	IV. DESAIN BALOK BETON PRATEGANG TAMPANG T.....	52
4.1.	Perencanaan Balok Prategang penuh Sistem Pasca Tarik (Post Tension)	52
4.2.	Perencanaan Balok Prategang Sebagian Sistem Pasca Tarik (Post Tension)	69
BAB	V. ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN	82
5.1.	Data dan Asumsi untuk Desain	82
5.2.	Pembahasan Hasil Hitungan	84
5.3.	Tabel dan Grafik Hasil Desain	86
BAB	VI. KESIMPULAN DAN SARAN	101
6.1.	Kesimpulan	101
6.2.	Saran	102
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK

Gambar no.	halaman
2.1. Distribusi tegangan pada penampang beton prategang dengan eksentrisitas tetap	8
2.2. Kopel dalam komponen prategang akibat gaya prategang	9
2.3. Kopel dalam akibat gaya prategang dan beban kerja	9
2.4. Penempatan tendon dan diagram momen	12
2.5. Gaya pengimbang beban dari diagram freebody..	12
2.6. Kurva defleksi dan lendutan pada tulangan kuat dan lemah	17
2.7. Kurva beban lendutan untuk berbagai tingkat prategang	18
2.8. Tulangan non-prategang untuk memperkuat balok setelah beban transfer	24
2.9. Tulangan non-prategang untuk memperkuat pracetak selama pengerjaan	25
2.10. Tulangan prategang untuk memperkuat balok akibat beban kerja dan ultimit	26
3.11. Distribusi tegangan pada penampang balok prategang	31
3.2. Tegangan Batas	37

	halaman
3.3. Balok tampang-T dengan blok desak di badan....	42
3.4. Balok tampang-T dengan blok desak di sayap....	44
3.5. Momen penahan pada tampang beton bertulang....	46
3.6. Momen penahan pada tampang beton prategang....	47

Grafik no.	halaman
5.1. Prosentase prategang terhadap gaya prategang awal.....	97
5.2. Prosentase prategang terhadap luasan baja non-prategang.....	98
5.3. Prosentase prategang terhadap luasan baja prategang.....	99
5.4. Prosentase prategang terhadap momen nominal...	100

DAFTAR TABEL

Tabel no.	halaman
2.4. Tegangan Ijin Beton Prategang	29
3.1. Tegangan Ijin Beton Untuk Struktur Lentur	33
3.2. Tabel Faktor Reduksi	36
5.1. Tegangan Yang Terjadi Pada Bentang (L) = 15 m..	87
5.2. Luas Baja Prategang dan Non-prategang Pada Bentang (L) = 15 m	88
5.3. Tegangan Yang Terjadi Pada Bentang (L) = 20 m..	89
5.4. Luas Baja Prategang dan Non-prategang Pada Bentang (L) = 20 m	90
5.5. Tegangan Yang Terjadi Pada Bentang (L) = 25 m..	91
5.6. Luas Baja Prategang dan Non-prategang Pada Bentang (L) = 25 m	92
5.7. Tegangan Yang Terjadi Pada Bentang (L) = 30 m..	93
5.8. Luas Baja Prategang dan Non-prategang Pada Bentang (L) = 30 m	94
5.9. Tegangan Yang Terjadi Pada Bentang (L) = 35 m..	95
5.10 Luas Baja Prategang dan Non-prategang Pada Bentang (L) = 35	96

DAFTAR NOTASI

a	= tinggi balok desak menurut Whitney (mm).
A_{ps}	= luas tulangan prategang dalam daerah tarik (mm^2).
A_w	= luas beton untuk tampang T pada daerah badan (mm^2).
A_f	= luas beton untuk tampang T pada daerah sayap (mm^2).
A_s	= luas selongsong baja prategang (mm^2).
A_{sn}	= luas tulangan baja non-prategang (mm^2).
A_c	= luas brutto penampang beton (mm^2).
b	= lebar penampang beton (mm).
b_f	= lebar sayap beton tampang T (mm).
b_w	= lebar badan beton tampang T (mm).
C	= gaya tekan beton (N).
C_t	= jarak titik berat tampang keserat atas beton (mm).
C_b	= jarak titik berat tampang keserat bawah beton (mm).
d	= jarak dari serat tekan terluar ketitik berat tulangan tarik baja non-prategang (mm).
d'	= jarak tulangan prategang ke sisi bawah penampang T (mm).
d_p	= jarak dari titik berat tulangan baja prategang kesisi atas beton (mm).
d_s	= jarak dari titik berat tulangan baja non-prategang kesisi atas beton (mm).
E_c	= modulus elastis beton (Mpa).
E_p	= modulus elastis baja prategang (Mpa).
E_s	= modulus elastis tulangan non-prategang (Mpa).
e	= eksentrisitas tendon terhadap titik berat tampang (mm).
f_a	= tegangan yang terjadi pada penampang serat atas.
f_b	= tegangan yang terjadi pada penampang serat bawah.
f'_c	= kuat tekan beton karakteristik yang ditentukan (Mpa).
f_{cci}	= tegangan pada titik berat beton (Mpa).
f_{ci}	= tegangan tekan pada serat bawah beton setelah tahap transfer (Mpa).
f_{cs}	= tegangan tekan pada serat atas beton pada tingkat beban kerja (Mpa).
f_p	= tegangan yang terjadi pada baja prategang (Mpa).
f_{pu}	= kuat tarik baja prategang (Mpa).
f_{ps}	= tegangan baja prategang sampai beban batas (Mpa).
f_{py}	= kuat leleh baja prategang (Mpa).
f_s	= tegangan yang terjadi pada baja non-prategang (Mpa).
f_{se}	= tegangan baja akibat gaya prategang efektif (Mpa).
f_{si}	= tegangan baja akibat gaya prategang awal (Mpa).

f_{ti}	= tegangan tarik pada serat atas beton setelah tahap transfer (Mpa).
f_{ts}	= tegangan tarik pada serat bawah beton pada tingkat beban kerja (Mpa).
h	= tinggi penampang total (mm).
h_f	= tinggi sayap (mm).
I_c	= inerti tampang beton (mm^4).
kt	= kern atas (mm).
kb	= kern bawah (mm).
L	= panjang bentang (m)
M_o	= momen akibat berat sendiri (KN-m).
M_d	= momen akibat beban mati (KN-m).
M_l	= momen akibat beban hidup (KN-m).
M_t	= momen total ($M_d + M_l$) (KN-m).
M_n	= kapasitas tampang nominal (KN-m).
M_u	= kapasitas momen ultimit (KN-m).
p_i	= gaya prategang awal (Mpa).
p_e	= gaya prategang efektif (Mpa).
S_t	= modulus beton terhadap serat atas tampang (mm^3).
S_b	= modulus beton terhadap serat bawah tampang (mm^3).
T	= gaya tarik baja (KN)
y	= jarak dari titik berat tulangan terhadap serat atas tampang (mm).
W_d	= beban mati merata (KN/m)
W_l	= beban hidup merata (KN/m).
W_o	= berat sendiri gelagar (KN/m).
w_p	= indek penulangan.
z	= jarak antara titik berat gaya tarik baja terhadap titik berat gaya desak beton (mm).
ρ	= rasio tulangan non-prategang.
ρ_p	= rasio tulangan prategang.
ϕ	= faktor reduksi menurut SK-SNI T-15-1991-03.
β	= faktor yang didefinisikan dalam ayat 3.3.2 butir 7.
δ_p	= faktor jenis baja prategang.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran no.

1. Surat pengesahan Tugas Akhir.
2. Lembar konsultasi.
3. Urutan Program.
4. Hasil Program.
5. Tabel dan sifat-sifat tendon VSL.
6. Tabel Koefisien Penampang Balok T.
7. Diagram alur perencanaan.

ABSTRAKSI

Metode beton prategang yang banyak digunakan pada bangunan gedung bertingkat sekarang ini adalah metode beton prategang penuh (full Prestress) yang telah banyak dikenal. Padahal ada satu metode beton prategang yang mampu dan dapat memenuhi syarat keamanan dan efisiensi untuk dilaksanakan. Yaitu metode beton prategang sebagian (partial prestress) dimana sebagian tulangan prategang (tendon) dikurangi dan digantikan oleh tulangan non-prategang (tulangan konvensional).

Dalam tugas akhir ini akan dibandingkan antara penggunaan beton prategang penuh dengan beton prategang sebagian. Dimana dengan mengurangi prosentasi gaya yang bekerja akan diperoleh pengurangan luasan baja prategang yang akan digantikan oleh baja non-prategang, maka akan diperoleh suatu prategang yang lebih efisien namun tidak mengurangi kekuatannya.

Dengan pemakaian metode prategang sebagian ini akan diperoleh beberapa keuntungan antara lain pengurangan luas tulangan prategang efisiensi blok ujung (end block) dan panjang tendon.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Adanya kemajuan dan perkembangan yang pesat dalam pembangunan menuntut suatu bentuk konstruksi yang bersifat tepat guna, berdaya guna dan ekonomis. Salah satunya adalah pemakaian beton prategang. Penggunaan beton prategang semakin sering dijumpai dalam proyek pembangunan suatu konstruksi beton, terutama elemen struktur yang mengalami momen lentur yang besar. Hal ini sering dijumpai pada elemen struktur balok yang memiliki bentang yang panjang. Pemakaian sistem prategang pada balok selain memberikan tegangan dalam yang besar dalam menahan beban luar juga dari segi estetika mempunyai penampang yang ramping.

Selanjutnya beton prategang yang umum digunakan adalah prategang penuh. Untuk lebih memenuhi tingkat efisiensi yang lebih, kini mulai dikembangkan perencanaan dengan metode prategang parsial. Pada penggunaan prategang parsial akan diperoleh keuntungan diantaranya pengurangan luas tendon, efisiensi endblock dan biaya grouting.

Pada tugas akhir ini dicoba menganalisa tingkat efisiensi antara beton prategang parsial dan beton prategang penuh untuk balok tampang-T struktur gedung. Karena pada masa-masa yang akan datang beton prategang akan banyak digunakan, sehingga dituntut perencanaan yang kompetitif dan efisiensi biaya.

1.2. Permasalahan

Pembuatan beton prategang pada dasarnya adalah pemberian gaya prategang yang cukup dengan cara menarik tendon, untuk menghilangkan tegangan tarik pada beton yang diakibatkan oleh lentur yang terjadi pada saat beban kerja. Apabila tegangan tarik beton yang diizinkan pada saat pembebanan sama dengan nol, desain ini disebut prategang penuh. Dalam pelaksanaannya desain prategang penuh ini kadang-kadang tidak efisien dan kurang ekonomis.

Alternatif desain prategang lain yang biasa dikenal adalah prategang parsial. Desain prategang parsial ini mengizinkan adanya tegangan tarik pada beton pada saat pembebanan, sehingga akan mengurangi gaya prategang yang harus diberikan dan luas penampang tendon yang dibutuhkan. Tetapi sejumlah tulangan non-prategang perlu diberikan untuk membantu pengontrolan retak yang terjadi

pada saat beban kerja dan untuk memberikan tambahan kekuatan lentur apabila beban ultimit tercapai.

Selain permasalahan diatas beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain, kehilangan gaya prategang akibat dari gesekan antara tendon dan beton, relaksasi dari tegangan tendon, susut pada beton, rangkai serta perpendekan elastis beton, pergeseran ankur dan bahan pelengkap lainnya.

Dengan semakin kompleks serta banyak faktor yang berpengaruh, maka pemilihan model dan sistem perencanaan yang tepat pada desain beton prategang sangat menentukan terhadap efisiensi, efektifitas serta nilai ekonomis.

1.3. Batasan Masalah

Mengingat banyaknya permasalahan yang berhubungan dengan perencanaan beton prategang ini maka perlu diberi batasan studi komprasi yang akan dilakukan. Dalam tugas akhir ini batasan masalah pembahasan meliputi hal-hal sebagai berikut ini:

1. Elemen yang akan dipakai adalah balok tampang-T dengan desain prategang penuh terhadap prategang sebagian.
2. Struktur diletakan diatas dua tumpuan sederhana (Simple beam) dengan panjang bentang 15, 20, 25, 30 dan 35 meter.

3. Tegangan karakteristik beton yang digunakan ($f'c$) adalah 45 Mpa.
4. Pembebanan dihitung berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia 1983.
5. Metode penarikan adalah Pasca tarik dengan Grouting (Bonded).
6. Kehilangan gaya prategang total ditetapkan sebesar 20%.
7. Perhitungan desain balok prategang hanya meninjau akibat lentur, sedangkan akibat gaya geser maupun puntir tidak diperhitungkan.
8. Desain prategang parsial di pakai sebesar 15%, 20% dan 30%.

1.4. Tujuan

Tujuan studi komparasi ini adalah menentukan nilai efisiensi dari perencanaan beton prategang dengan menggunakan metode prategang parsial dibanding menggunakan prategang penuh.

Berdasarkan hasil desain pada balok prategang parsial dan prategang penuh tersebut, diharapkan akan diperoleh suatu hasil kesimpulan dan rekomendasi dalam penggunaannya dilapangan. Untuk mempermudah pembacaan hasil perhitungan akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

1.5. Dasar Analisis dan Hipotesis

Dalam perencanaan beton prategang penuh, perhitungan didasarkan atas seluruh kekuatan penampang beton menahan tegangan desak, sedangkan prategang parsial masih diizinkan penampang beton menahan tarik yang selanjutnya tegangan tarik ini akan ditahan oleh tulangan non-prategang.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Konsep Dasar Beton Prategang

Beton adalah bahan yang mampu menahan gaya desak sedang kemampuannya menahan gaya tarik kecil. Dalam perencanaan beton bertulang biasa, bagian dari penampang beton yang menahan tarik biasanya diabaikan, sehingga luasan efektif tampang adalah daerah yang hanya menahan desak, dengan demikian terdapat inefisiensi terhadap luasan yang direncanakan.

Atas dasar ini para ahli berusaha mereduksi gaya tarik yang terjadi pada beton, sehingga keseluruhan penampang beton dapat memaksimalkan kemampuannya dalam menahan gaya desak. Gaya tarik pada beton dapat direduksi dengan memadukan pemakaian beton dan baja mutu tinggi yang terlebih dahulu diberi tegangan awal, untuk memberikan gaya tekan pada beton, prinsip inilah yang dinamakan beton prategang.

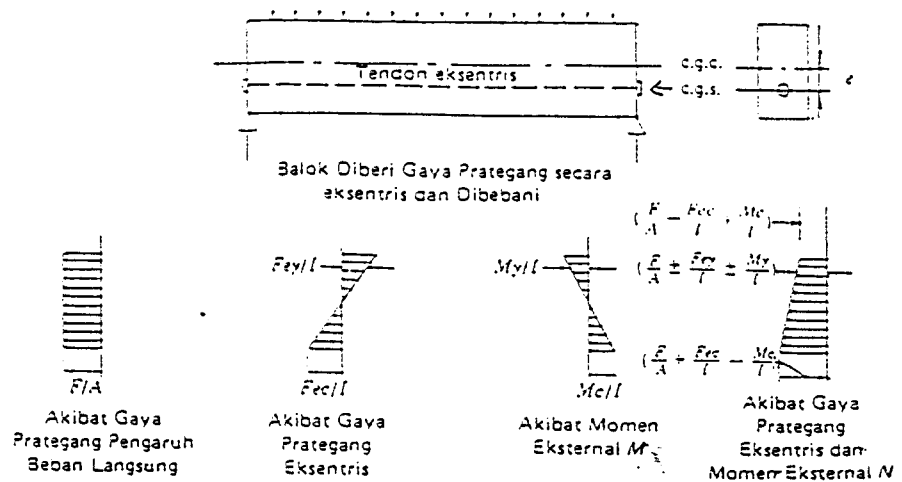
Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal. Sistem ini dilakukan dengan menarik kawat baja atau tendon sesuai dengan

kemampuan tegangan izin baja dan beton yang disyaratkan. Konsep yang umum untuk menjelaskan dan menganalisa sifat-sifat dasar dari beton prategang untuk memperoleh desain yang baik dan efisien adalah sebagai berikut:

2.1.1. Sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis.

Konsep ini memperlakukan beton sebagai bahan yang elastis dan mungkin merupakan pendapat yang umum dari para sarjana. Pada dasarnya beton prategang adalah beton yang ditransformasikan dari bahan yang getas menjadi bahan yang elastis dengan memberikan tekanan (desakan) terlebih dahulu pada bahan tersebut. Dari konsep ini lahirlah kriteria bahwa tidak ada tegangan tarik pada beton.

Kriteria tidak terjadi tegangan tarik pada beton, pertama kali dikemukakan oleh *Eeugene Freyssinet*, dari konsep ini dapat diambil kesimpulan bahwa tidak akan terjadi retak tarik pada beton. Dengan demikian beton tidak lagi menjadi bahan yang getas melainkan sebagai material yang elastis. Atas dasar pandangan ini beton divisualkan sebagai benda yang mengalami dua sistem pembebanan yaitu gaya internal prategang dan beban eksternal, dengan tegangan tarik akibat gaya eksternal dilawan oleh tegangan akibat gaya prategang.



Gambar 2.1. Distribusi tegangan pada penampang beton prategang dengan eksentrisitas tetap [1]

Dari gambar 2.1. diperoleh distribusi terakhir pada penampang sebagai berikut :

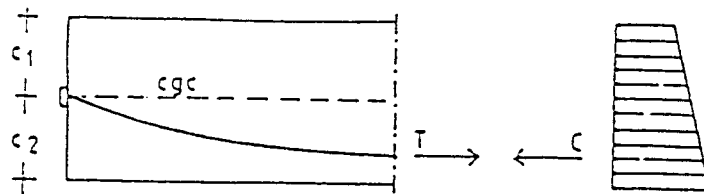
$$f = - \frac{P}{A_c} \pm \frac{P \cdot e \cdot c}{I_c} \pm \frac{M \cdot c}{I_c} \tag{2.1}$$

dengan :

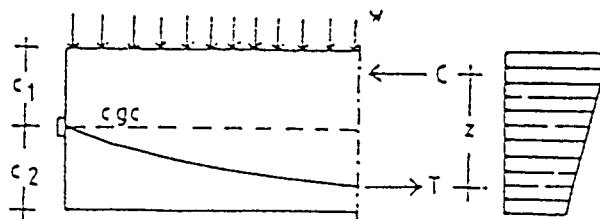
- f = tegangan pada penampang yang ditinjau (Mpa)
- P = gaya prategang yang diberikan (N)
- A_c = luasan penampang (mm²)
- e = eksentrisitas tendon (mm)
- c = jarak terhadap titik berat penampang (mm)
- M = momen total dari beban yang bekerja (Nmm)
- I_c = momen inersia total dari penampang (mm⁴)

2.1.2. Prategang sebagai kombinasi baja mutu tinggi dan beton

Konsep ini mempertimbangkan beton prategang sebagai kombinasi dari baja dan beton, seperti pada beton bertulang konvensional. Dimana baja menahan gaya tarik dan beton menahan gaya tekan, dengan demikian kedua bahan membentuk kopel penahan untuk melawan momen eksternal. [1]



Gambar 2.2. Kopel dalam komponen prategang akibat gaya prategang. [1]



Gambar 2.3 Kopel dalam akibat gaya prategang dan beban kerja. [1]

Sebelum beban luar bekerja, gaya tarik pada tendon (T) dan gaya tekan beton (C), bekerja pada titik yang sama sehingga kopel dalam sama dengan nol. Ketika beban luar bekerja, pusat blok gaya tekan akan terangkat akibat perubahan distribusi tegangan, sejauh kemampuan kopel dalam menahan beban eksternal sebesar :

$$M = C \cdot z = T \cdot z \quad (2.2)$$

Gaya T praktis bernilai konstan, karena penambahan tegangan akibat lentur dan kehilangan gaya prategang adalah kecil. Oleh karena itu untuk suatu beban yang bervariasi, C dan T dapat dianggap konstan tetapi dengan lengan momen (z) yang bervariasi. Bila eksentrisitas sudah diketahui atau dihitung, maka:

$$k_t = z - k_b, \text{ karena} \quad (2.3)$$

$$C = T \text{ dan } z = M/T \quad (2.4)$$

dengan melakukan substitusi persamaan di atas dan dari gambar (2.2) dan (2.3) diperoleh :

$$f_a = - \frac{C}{A_c} + \frac{C \cdot K_t \cdot c_1}{I_c} \quad (2.5)$$

$$f_b = - \frac{C}{A_c} - \frac{C \cdot K_t \cdot c_2}{I_c} \quad (2.6)$$

Pada tendon besarnya gaya tarik T sama dengan gaya prategang efektif P_e dan $I_c = A_c \cdot r^2$, maka :

$$f_a = - \frac{P_e}{A_c} \left[1 - \frac{k_t \cdot c_1}{r^2} \right] \quad (2.7)$$

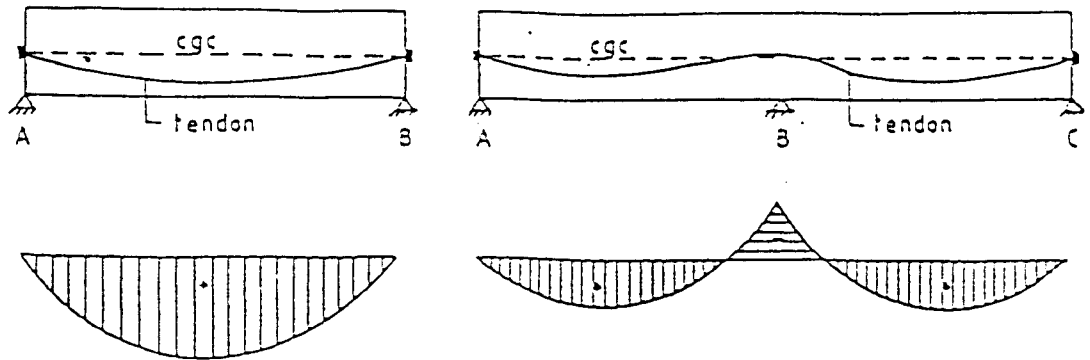
$$f_b = - \frac{P_e}{A_c} \left[1 + \frac{k_t \cdot c_2}{r^2} \right] \quad (2.8)$$

2.1.3. Sistem Prategang Untuk mencapai Perimbangan beban

Teknik ini didasarkan atas penggunaan gaya vertikal dari tendon prategang dengan cara menempatkan kabel sesuai dengan diagram momen yang terjadi, untuk dapat mengimbangi atau melawan beban gravitasi yang dialami oleh balok. Konsep ini dikembangkan oleh *T.Y. Lin*.^[1]

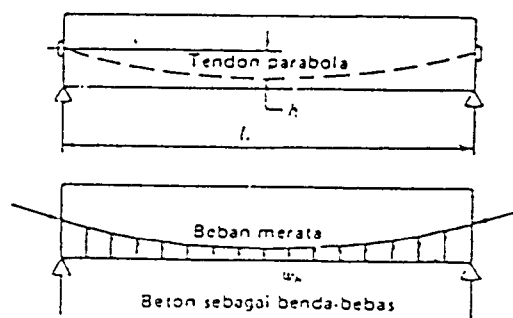
Besarnya beban imbang yang dihasilkan oleh tendon dengan gaya-gaya yang terdistribusi secara merata keatas adalah:

$$w_b = \frac{8 \cdot p \cdot z}{L^2} \quad (2.9)$$



Gambar 2.4. Penempatan tendon dan diagram momen.

Gaya prategang pada metode ini harus bekerja pada titik berat penampang untuk tumpuan dan titik berat ujung bebas pada balok kantilever. Kondisi ini untuk mencegah momen takimbang eksentris.



Gambar 2.5. Gaya pengimbang beban dari diagram free body. [1]

Pada gambar 2.5 simple beam dengan tendon berbentuk parabola, P_i adalah gaya prategang, L panjang bentang dan h jarak tendon terjauh dari garis netral, maka besarnya beban imbang yang dihasilkan oleh profil tendon parabola tersebut adalah:

$$W_b = 8.P_i.h / L^2$$

Ketika beban bekerja melampaui beban imbang (W_b), akan timbul beban tak imbang (W_{ab}) yang mengakibatkan momen (M_{ab}) = $1/8 . W_{ab} . L^2$

Sehingga tegangan pada serat ekstrim balok menjadi:

$$f_a = - \frac{P_e}{A_c} - \frac{M_{ab}}{S_1} \quad (2.10)$$

$$f_b = - \frac{P_e}{A_c} + \frac{M_{ab}}{S_2} \quad (2.11)$$

2.2. Prategang Parsial

2.2.1. Perilaku balok prategang parsial

Ketika beton prategang diperkenalkan, filosofi desainnya adalah menciptakan suatu material baru dengan membuat beton dalam keadaan tertekan sehingga tidak akan terjadi suatu tegangan tarik pada beton tersebut, setidaknya pada saat beban bekerja. Dalam perkembangannya ternyata dapat diindikasikan bahwa masih ada kekuatan tambahan yang terkandung pada struktur prategang tersebut. Oleh karena itu sebagian sarjana menyakini bahwa sejumlah tertentu tegangan tarik dapat diijinkan dalam desain, bertolak belakang dengan kriteria awal yang menyatakan bahwa tidak boleh terjadi tegangan tarik, yang biasanya disebut prategang penuh. Maka metode desain lain mengijinkan adanya sejumlah tegangan tarik yang biasanya disebut prategang sebagian. Sebenarnya tidak ada perbedaan mendasar antara keduanya, karena meskipun suatu struktur didesain tanpa suatu tegangan tarik pada beban kerja, tetapi tetap akan terjadi tarik pada kondisi beban berlebih (*overload*). [2]

Sebenarnya perbedaan itu hanya terletak pada tingkat tegangan tarik yang dipakai. Tegangan tarik akan lebih besar dan terjadi lebih sering untuk suatu struktur yang didesain dengan prategang parsial dari pada yang didesain menggunakan prategang penuh.

Untuk memberikan keamanan tambahan pada beton prategang parsial, suatu tulangan non-prategang sering ditambahkan untuk memberikan suatu kekuatan batas ultimit yang lebih tinggi pada balok dan memberi kekuatan tambahan untuk memikul tegangan tarik yang terjadi pada beton. Jadi pada struktur ini ada sebagian tulangan yang diprategangkan dan ada sebagian yang tidak (tulangan non-prategang). Suatu struktur prategang dapat dikatakan merupakan prategang parsial bila salah satu atau kedua pernyataan dibawah ini terpenuhi, meskipun kadang-kadang hanya digunakan pernyataan atau kondisi yang pertama saja.

1. Tegangan tarik diijinkan pada saat beton dibebani oleh beban kerja.
2. Sejumlah tulangan non-prategang ditambahkan pada struktur tersebut.

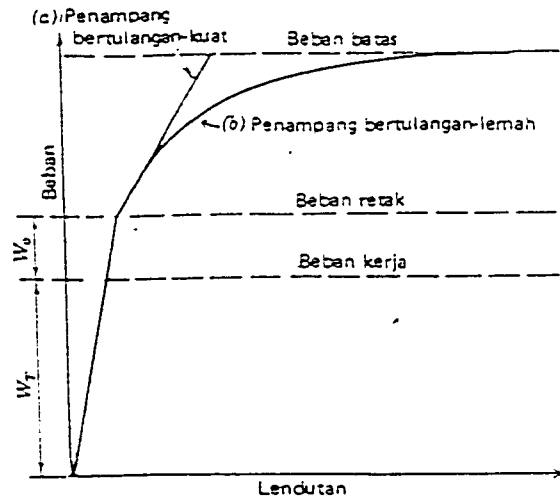
Suatu keuntungan yang penting dari prategang parsial adalah pengurangan besarnya lendutan keatas. Meminimumkan lendutan keatas adalah penting terutama ketika beban gelagar atau beban mati relatif kecil bila dibandingkan dengan beban rencana total. Meminimumkan lendutan keatas awal juga berarti menurunkan efek dari rangkai lentur dan mempermudah kontrol dari ketidak

seragaman lendutan keatas tersebut.

Untuk lebih memahami perilaku dari balok prategang parsial, perlu untuk mempelajari dari balok tersebut, yaitu dengan memberikan jumlah tulangan dan besar gaya prategang yang berbeda-beda. Perbedaan pada perilaku suatu balok yang bertulangan kuat (*over-reinforced*) dan bertulangan lemah (*under-reinforced*) terlihat dengan membandingkan kurva (a) dan kurva (b) dalam gambar 2.6. Sedangkan perbedaan perilaku dari prategang kuat (*over-prestressed*) dan prategang lemah (*under-prestressed*) dapat dilihat dalam gambar 2.7.

Suatu penampang yang diberi tulangan kuat akan mengalami suatu kegagalan akibat tekan pada beton sebelum tegangan tarik baja melewati batas elastisnya. Jadi deformasi batas dari baja dan lendutan dari balok adalah kecil dan kegagalan yang terjadi adalah kegagalan getas. Apabila tulangan yang diberikan terlalu kuat, meskipun bajanya tidak diberi gaya prategang, lendutan pada balok sebelum runtuh akan tetap terbatas. Ketika penampang tersebut diberi tulangan lemah, lendutannya akan terus meningkat sangat nyata sebelum kegagalan terjadi, sehingga akan memberikan suatu tanda yang cukup sebelum terjadi keruntuhan. Keruntuhan akan bermula dengan perpanjangan baja yang berlebihan dan berakhir

dengan keruntuhan beton secara bertahap pada daerah tekan.



Gambar 2.6. Kurva defleksi dan lendutan pada tulangan kuat dan lemah. [1]

Dalam usaha mencegah terjadinya kegagalan yang tiba-tiba atau keruntuhan yang getas dan juga untuk faktor ekonomis maka suatu beton prategang yang didesain berdasarkan peraturan ACI adalah *under-reinforced*. Ketika suatu penampang *under-reinforced* didesain untuk prategang penuh, yang mensyaratkan tidak terjadinya tegangan tarik pada saat beban kerja, hubungan antara beban dan defleksi diberikan oleh gambar 2.6. Sebelum retak, penampang akan menahan satu beban tambahan W_0 di atas beban kerja W_t , yang besarnya adalah :

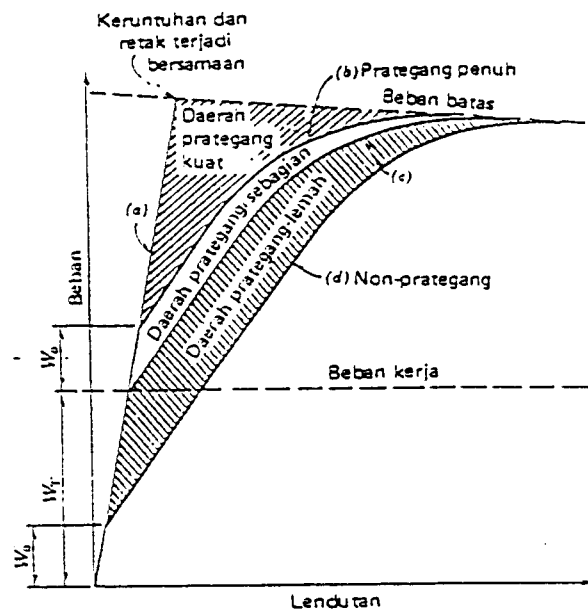
$$W_o = k \frac{f_r \cdot I_g}{C_b} \quad (2.12)$$

dengan:

k = suatu konstanta yang tergantung pada panjang bentang dan kondisi ujung-ujung.

f_r = modulus keruntuhan dari beton (N/mm^2).

C_b = jarak dari ogc keserat terluar (mm).



Gambar 2.7. Kurva beban lendutan untuk berbagai tingkat prategang. [1]

Jika suatu penampang yang sama bertulangan lemah dengan sejumlah baja yang sama diberi suatu prategang yang lebih kecil, sehingga retak baru akan terjadi bila beban kerja tercapai, tegangan tarik akan sama dengan modulus keruntuhan (f_r) dibawah beban kerja, hubungan beban lendutan ditunjukkan oleh kurva (c), dengan lendutan pada penampang retak mulai terjadi pada beban

kerja. Jika balok tidak diberi prategang sama sekali, tetapi masih diberi tulangan dengan jumlah baja yang sama, dan direkatkan pada beton, balok akan berperilaku seperti pada kurva (d). Balok tersebut akan mulai retak ketika beban W_0 tercapai, meskipun kekuatan batasnya tidak banyak berkurang.

Jika balok diberi tulangan kuat (*over-reinforced*), balok akan mulai retak bila beban telah melampaui $W_t + W_0$, dan kurva beban lendutan akan berada diantara kurva (a) dan (b), gambar 2.7. Untuk kasus yang ekstrim ketika suatu balok diberi tulangan lemah (*under-reinforced*) tetapi diberi gaya prategang yang tinggi, retak dan keruntuhan akan terjadi secara bersamaan sedemikian rupa sehingga keruntuhan getas terjadi. Pada prinsipnya balok prategang parsial akan mempunyai kurva beban lendutan yang terletak diantara kurva (b) dan (d), tergantung dari besarnya prategang. Tetapi dalam pelaksanaannya, retak yang terjadi pada saat beban kerja tidak diijinkan, sehingga kurva beban lendutan biasanya terletak diantara kurva (b) dan (c), dan jarang berada dibawah kurva (c).

Jumlah prategang yang digunakan tergantung pada type struktur. Untuk struktur yang tidak boleh mengalami retak pada kondisi beban kerja dan sering mengalami beban berlebih, sebaiknya digunakan prategang penuh yang

diperlihatkan oleh kurva (b) . Untuk struktur yang jarang mengalami beban berlebih, Prategang parsial diantara kurva (b) dan (c) dapat diijinkan. Jumlah baja prategang dapat dihemat bila digunakan desain dengan prategang parsial, tetapi jika diinginkan kekuatan batas yang sama, paling tidak harus digunakan jumlah tulangan total yang sama.

Luas dibawah kurva beban lendutan adalah suatu ukuran dari kekuatan balok untuk menahan beban kejut dan menyerap goncangan, sehingga akan terlihat bahwa balok dengan prategang penuh ataupun parsial memiliki kekenyalan yang besar, sedangkan balok prategang kuat (*over-prestressed*) dan prategang lemah (*under-prestressed*) memiliki kekenyalan yang kecil. Balok prategang kuat (*over-prestressed*) akan mempunyai energi plastis yang lebih kecil, sedangkan balok prategang lemah (*under-prestressed*) akan menyerap energi elastis yang lebih kecil.

Prategang parsial dapat diperoleh dengan salah satu cara berikut ini^[1]:

1. Dengan menggunakan baja prategang yang lebih sedikit akan menghemat bajanya, tetapi akan mengakibatkan penurunan kekuatan batas, yang proporsinya berbanding lurus dengan jumlah bajanya.

2. Dengan menggunakan sejumlah baja berkekuatan tarik yang sama, tetapi sebagian tidak diprategangkan, dengan ini akan dihemat sejumlah penarikan dan pengangkuran, dan dapat meningkatkan kekenyalan tetapi retak terjadi lebih awal dan akan sedikit mengurangi kekuatan batasnya.
3. Dengan menggunakan jumlah baja yang sama, tetapi dengan tingkat penarikan yang rendah, pengaruh dari cara ini sesuai dengan metode (2) tetapi tanpa penghematan angkur ujung.
4. Dengan menggunakan baja prategang yang lebih kecil dan menambahkan sejumlah tulangan non-prategang akan memberikan kekuatan batas seperti yang diinginkan dan menghasilkan kekenyalan yang lebih besar, tetapi retak akan terjadi lebih awal.

2.2.2 Keuntungan dan kerugian penggunaan prategang parsial

Dalam pelaksanaannya penggunaan balok prategang parsial mempunyai suatu keuntungan dan kerugian bila dibandingkan dengan balok prategang penuh. Keuntungan dan kerugian diantaranya adalah sebagai berikut:

a) Keuntungan Prategang Parsial^[1]

Prategang parsial mempunyai beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan prategang penuh untuk sejumlah aplikasi dengan alasan sebagai berikut:

1. Pada prategang parsial gaya prategang dan luas penampang baja prategang dapat dikurangi, sehingga kuat lentur yang dihasilkan adalah sesuai dengan yang dibutuhkan untuk memikul beban berfaktor.
2. Pengurangan lendutan keatas (camber), sehubungan dengan adanya pengurangan gaya prategang yang diberikan
3. Penggunaan baja non-prategang pada prategang parsial akan meningkatkan daktilitas dan penyerapan energi pada penampang selama beban berulang terjadi pada kondisi inelastis.

Hal ini akan memberikan keuntungan dalam desain struktur gempa.

4. Secara ekonomis ada suatu penghematan karena adanya penghematan baja prategang, penghematan penarikan dan pengangkuran ujung.

b) Kerugian beton prategang parsial^[1]

Adapun kerugian dari penggunaan beton prategang parsial bila dibandingkan dengan prategang penuh adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan beton prategang parsial lebih kompleks, karena analisa dari penampang retak tidak dapat menggunakan teori elastis dalam menghitung tegangan dan lendutan yang terjadi sehubungan dengan gaya prategang dan beban yang bekerja.
2. Pada kondisi beban berlebih lendutan yang terjadi akan lebih besar, hal tersebut akan membahayakan konstruksi.
3. Untuk struktur yang membutuhkan kedalaman yang tinggi beton prategang parsial kurang menguntungkan karena retak yang ditimbulkan.
4. Pengurangan kekuatan lentur batas untuk jumlah baja yang sama.

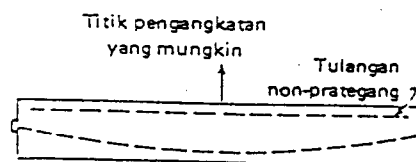
2.3. Penempatan Tulangan Non-Prategang

Salah satu dari beberapa perkembangan dalam beton prategang adalah penggunaan tulangan non-prategang. Tulangan non-prategang yang digunakan bersama dengan tulangan prategang akan membentuk kombinasi kekuatan yang efektif. Tulangan prategang akan mengimbangi sebagian dari beban, mengurangi lendutan dan memberikan sebagian terbesar dari kekuatan, sementara baja non-prategang akan mendistribusikan retak secara merata, meningkatkan kekuatan batas dan memperkuat bagian yang tidak terjangkau oleh baja prategang serta memberikan keamanan untuk kondisi pembebanan yang tak terduga.

Tulangan non-prategang dapat ditempatkan pada posisi yang berbeda dalam balok untuk tujuan dan fungsi tertentu. Tulangan ini terlihat jelas dengan memeriksa fungsi seperti berikut ini:

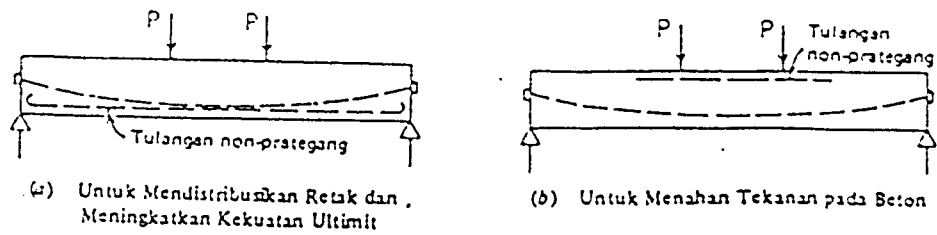
dapat ditempatkan untuk perkuatan. Gambar 2.8. (b).

- c. Jika tegangan tekan yang besar terjadi pada flens tarik sebagai akibat gaya prategang, maka tulangan dapat digunakan untuk memperkuat flens tersebut. Penempatan tulangan ini cenderung mengurangi rangkai pada beton. Gambar 2.8. (c).



Gambar 2.9. Tulangan non-prategang untuk memperkuat pracetak selama pengerjaan. [1]

2. Untuk memperkuat beberapa bagian tertentu dari balok pracetak agar mampu memikul beban tak terduga selama pengangkatan dan pemasangan. Gambar 2.9.



Gambar 2.10. Tulangan non-prategang untuk memperkuat balok akibat beban kerja dan ultimit. [1]

3. Untuk memperkuat balok pada tahap beban kerja.
 - a. Baja akan membantu meratakan retak yang terjadi dan juga meningkatkan beban batas, khususnya jika tendon tak terekat. Gambar 2.10. (a).
 - b. Baja dapat ditambahkan pada flens tersebut terhadap tekanan yang tinggi. Penempatan ini tidak ekonomis tetapi kadang-kadang terpaksa dilakukan pada kondisi tertentu. Gambar 2.10.(b).

Jika tulangan non-prategang dan prategang dikombinasikan dalam satu struktur, maka perilaku tegangan dari keduanya harus diperiksa. Baja non-prategang hampir selalu tidak efektif sampai terjadi retak. Setelah retak terjadi, baja non-prategang akan meratakan retak dan mencegah retak lebih besar yang akan menimbulkan keruntuhan. Kekuatan batas balok untuk beban statis dan beban berulang dapat ditingkatkan dengan menggunakan baja non-prategang.

2.4. Tendon Prategang

Dewasa ini telah terdapat banyak sekali sistem prategang yang menjadi milik dari suatu perusahaan tertentu. Setiap sistem biasanya memiliki kekhususan yang merupakan ciri dari sistem tersebut, misalnya adalah bahan untuk menghasilkan prategang atau tendon prategang.

Sebagai contoh sistem pasca tarik DYWIDAG menggunakan batang ulir Dywidag yang tersedia dalam diameter nominal 5/8", 1", 1 1/4" dan 1 3/8", sistem pasca tarik BBRV menggunakan beberapa atau banyak kawat berkekuatan tinggi diameter 1/4", sistem Freyssinet atau The Freyssinet Monogroup K System menggunakan untaian kawat (strand). Setiap sistem juga memiliki rincian angkur, perangkat dan selongsong tersendiri.

Dalam perencanaan tugas akhir ini kami menggunakan tendon VSL (Vorspann System Losinger) yang dikenal dengan VSL Multistrand System (Sistem Kawat Untaian VSL). Beberapa kekhususan dari sistem ini adalah sebagai berikut^[9]:

- Sederhana dan praktis dalam perencanaan maupun pelaksanaan.
- Tidak memerlukan ukuran yang tepat pada penentuan panjang awal tendon dilapangan.

- Tersedia berbagai ukuran angkur hidup dan angkur mati, sesuai dengan gaya yang diperlukan.
- Pemasangan kepala angkur dan tendon dapat dilakukan segera sebelum tendon ditarik.
- Penarikan tendon dapat dilakukan bertahap sesuai dengan tahap pembebanan konstruksi.
- Cara kerja penarikan yang cepat dan aman dengan peralatan yang mudah dikendalikan.
- Gaya prategang dapat dikontrol dengan teliti setiap saat.
- Sifat-sifat umum dari tendon VSL dapat dilihat pada lampiran 5.

$$\text{Kekuatan Batas, } f_{pu} = 18600 \text{ kg/cm}^2 = 1860 \text{ Mpa}$$

$$\text{Kekuatan Leleh, } f_{py} = 16150 \text{ kg/cm}^2 = 1581 \text{ Mpa}$$

SKSNI pasal 3.11.5 memberikan batas-batas maksimum bagi tegangan tarik baja prategang (f_{ps}) yang boleh terjadi dalam tendon prategang. Tegangan tersebut tidak boleh melampaui nilai-nilai berikut:

Tabel 2.4. Tegangan izin tendon prategang.

a. akibat gaya penjangkaran tendon	0,94.fpy
tetapi tidak boleh lebih besar dari	0,85.fpu
b. sesaat setelah pemindahan gaya prategang	0,82.fpy
tetapi tidak lebih besar dari	0,74.fpu
c. tendon pasca tarik pada daerah jangkar dan sambungan sesaat setelah penjangkaran tendon	0,70.fpu

Sistem VSL sendiri mensyaratkan tegangan tarik (fps) maksimum dalam tendon pada saat peralihan gaya prategang (awal) sebesar^[1]:

$$fps \leq 0,70.fpu \quad (2.13)$$

Dengan fpu dan fpv sebesar 1860 Mpa dan 1581 Mpa untuk sistem VSL, maka berdasarkan tabel dan persamaan 2.13 tegangan tarik (fps) yang disyaratkan adalah 1296,5 MPa.

BAB III
ANALISA DAN DESAIN PENAMPANG
TERHADAP LENTUR

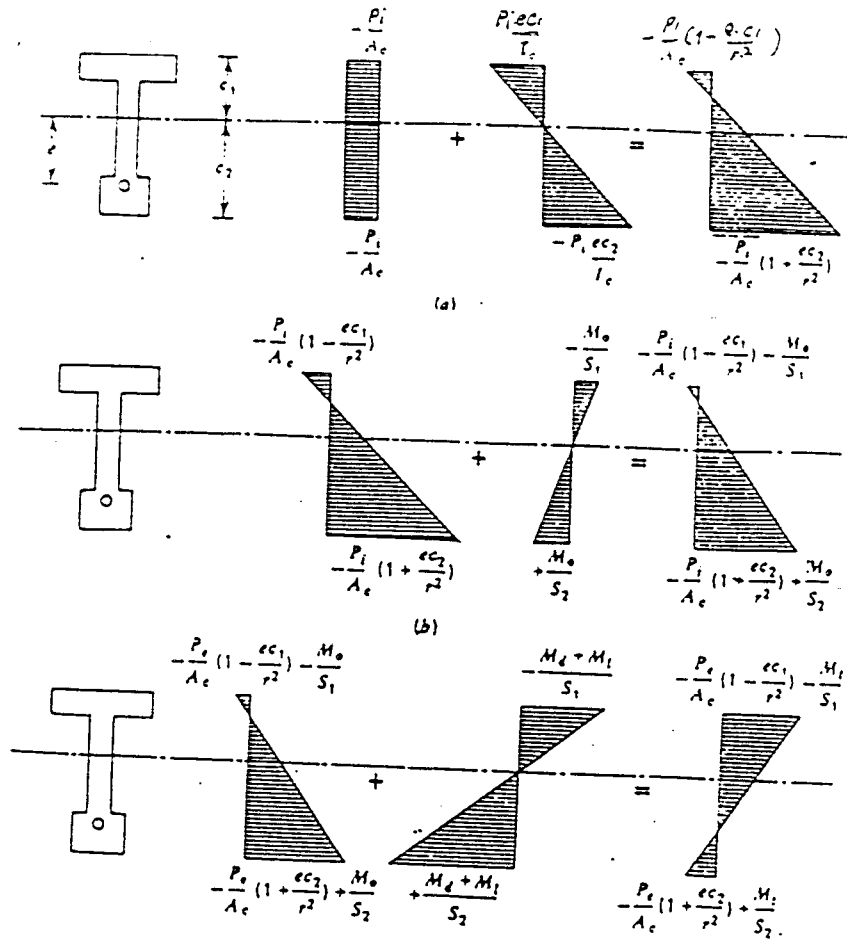
3.1. Analisis lentur dengan metode elastis

Di dalam pengembangan persamaan-persamaan elastis untuk tegangan lentur, efek gaya prategang, momen akibat beban mati dan akibat beban hidup dihitung secara terpisah. Tegangan-tegangan yang terpisah tersebut kemudian disuperposisikan. Apabila gaya prategang P_i dikerjakan dengan eksentrisitas e dibawah pusat penampang dengan luasan A_c dan jarak serat atas dan bawah berturut-turut adalah c_1 dan c_2 , maka akan menyebabkan terjadinya tegangan tekan sebesar $-P_i/A_c$. Akibat eksentrisitas kabel untuk serat atas $+ P_i \cdot e \cdot c_1 / I_c$ dan untuk serat bawah $- P_i \cdot e \cdot c_2 / I_c$. Dengan demikian tegangan total yang terjadi akibat gaya prategang untuk serat atas (f_a) dan untuk serat bawah (f_b) adalah:

$$f_a = - \frac{P_i}{A_c} + \frac{P_i \cdot e \cdot c_1}{I_c} = - \frac{P_i}{A_c} \left[1 - \frac{e \cdot c_1}{r^2} \right] \quad (3.1)$$

$$f_b = - \frac{P_i}{A_c} - \frac{P_i \cdot e \cdot c_2}{I_c} = - \frac{P_i}{A_c} \left[1 + \frac{e \cdot c_2}{r^2} \right] \quad (3.2)$$

dimana $r^2 = I_c/A_c$



Gambar 3.1. Distribusi tegangan pada penampang balok prategang. (a) akibat gaya prategang, (b) akibat gaya prategang berat sendiri balok (c) akibat gaya prategang efektif balok + beban service. [7]

Umumnya setelah gaya prategang bekerja dan akibat adanya eksentrisitas, balok akan mengalami defleksi keatas (*camber*). Berat sendiri balok W_0 menyebabkan tambahan momen sebesar M_0 bekerja, menjadikan tegangan penampang adalah:

$$f_a = - \frac{P_i}{A_c} \left[1 - \frac{e \cdot c_1}{r^2} \right] - \frac{M_o \cdot c_1}{I_c} \quad (3.3)$$

$$f_b = - \frac{P_i}{A_c} \left[1 + \frac{e \cdot c_2}{r^2} \right] + \frac{M_o \cdot c_2}{I_c} \quad (3.4)$$

Karena kekuatan tergantung "waktu", maka terjadi kehilangan tegangan akibat dari shringkage, creep dan relaksasi akibatnya secara berangsur-angsur gaya prategang berkurang dari P_i menjadi P_e , yang sering disebut kehilangan prategang (*loss of prestressed*). Saat beban service bekerja penuh (beban mati dan beban hidup) digunakan, maka tegangan menjadi:

$$f_a = - \frac{P_e}{A_c} \left[1 - \frac{e \cdot c_1}{r^2} \right] - \frac{(M_o + M_d + M_l) \cdot c_1}{I_c} \quad (3.5)$$

$$f_b = - \frac{P_e}{A_c} \left[1 + \frac{e \cdot c_2}{r^2} \right] + \frac{(M_o + M_d + M_l) \cdot c_2}{I_c} \quad (3.6)$$

Tegangan pada penampang beton yang diijinkan menurut SKSNI T-15 1991 untuk komponen struktur lentur. Tegangan ijin beton sesuai dengan kondisi gaya prategang dan tegangan beton pada tahap beban kerja, tidak boleh melampaui nilai berikut^[6]:

Tabel 3.1. Tegangan izin beton untuk komponen struktur lentur

- 1) tegangan beton sesaat sesudah pemindahan gaya prategang (sebelum kehilangan tegangan yang merupakan fungsi waktu) tidak boleh melampaui nilai berikut:
 - (1) serat terluar mengalami tegangan tekan $0,60 f'_{ci}$
 - (2) serat terluar mengalami tegangan tarik kecuali seperti yang diijinkan dalam (3)..... $f'_{ci}/4$
 - (3) serat terluar pada ujung komponen struktur yang didukung sederhana mengalami tegangan..... $f'_{ci}/2$ bila tegangan tarik terhitung melampaui nilai tersebut diatas, maka harus dipasang tulangan tambahan (non-prategang atau prategang) dalam daerah tarik untuk memikul gaya tarik total dalam beton, yang dihitung berdasarkan asumsi suatu penampang utuh.

- 2) tegangan beton pada tingkat beban kerja (sesudah memperhitungkan semua kehilangan prategang yang mungkin terjadi) tidak boleh melampaui nilai berikut:
 - (1) Serat terluar mengalami tegangan tekan..... $0,5 f'_{c}$
 - (2) tegangan pada serat terluar dalam daerah tarik yang pada awalnya mengalami tekan..... $f'_{c}/2$
 - (3) tegangan pada serat terluar dalam daerah tarik yang pada awalnya mengalami tekan dari komponen (kecuali pada sistem plat dua arah) dimana analisis didasrkan pada transformasi penampang retak dan hubungan bilinier dari momen lendutan jangka panjang memenuhi persyaratan 3.2.5 butir 4 dan persyaratan mutu beton memenuhi ayat 3.16.7 butir 3 sub butir (2)..... f'_{c}

- 3) tegangan ijin beton dalam ayat 3.11.4 butir 1 dan 3.11.4 butir 2 boleh dilampaui bila dapat ditunjukkan dengan pengujian atau analisis bahwa kemampuan strukturnya tidak berkurang.

3.2. Analisa Tampang Berdasarkan Keadaan Batas

Analisa dapat diartikan sebagai penentuan tegangan dan regangan yang terjadi pada beton dan baja bila diketahui komponennya baik mutu bahan, beban yang bekerja dan ukuran penampang. Tujuan dari analisa pada keadaan batas ialah untuk menentukan momen perlawanan nominal dari suatu tampang. Dengan anggapan bahwa dimensi tampang, sifat-sifat bahan, posisi dan luasan tulangan diketahui.

Tegangan-tegangan baja dan beton dalam keadaan batas bersifat sudah tidak linier lagi. Untuk dapat menganalisa distribusi tegangan dan regangan yang exact dan teliti dalam keadaan batas ini dipandang sudah tidak efisien lagi. Oleh karena itu untuk sederhana dan mempercepat perhitungan momen perlawanan nominal maka perlu diberikan asumsi sebagai berikut:

1. Distribusi regangan pada penampang tetap linier sampai beban batas.
2. Antara besi tulangan dan beton terjadi lekatan yang sempurna. Yaitu perubahan regangan pada tulangan akibat pembebanan akan sama dengan perubahan regangan beton pada serat tulangan yang diakibatkan oleh beban yang sama.

Disamping asumsi diatas , SK SNI T-15-1991-03 menambah asumsi sebagai berikut:[3,4]

1. Regangan batas dari beton $\epsilon_{cu} = 0,003$ dengan mengabaikan kekuatan dari beton, bentuk dari penampang dan kuantitas dari tulangan.
2. Kekuatan tarik dari beton diabaikan, titik dimana tegangan sama dengan nol menyatakan batas antara tampang retak dan tak retak.
3. Tegangan tekan dari beton diidealisir dengan bentuk segi empat, dimana besar tegangana sama dengan $0,85 f_c'$ dan setinggi $a = \beta_1 \cdot c$

SKSNI pasal 3.2.3 menggunakan faktor reduksi kekuatan (ϕ) didalam disain, yaitu untuk menghitung kemungkinan kehilangan perlawanan akibat ketidak sempurnaan dalam bahan dan pelaksanaan yang tidak diharapkan. Untuk itu dapat dilihat pada tabel 3.2.[6]

Desain Momen perlawanan nominal = ϕ Momen perlawanan nominal

Tabel 3.2. Tabel faktor reduksi.

1. lentur tanpa beban axial	0,80
2. beban axial dan beban axial dengan lentur.	
a. aksial tarik,dan aksial tarik dengan lentur	0,80
b. aksial tekan,dan aksial tekan dengan lentur:	
komponen struktur dengan tulangan spiral maupun	
senggang ikat	0,70
komponen struktur dengan tulangan senggang biasa ...	0,65
3. geser dan torsi	0,60
4. tumpuan pada beton	0,70

3.2.1. Analisa keadaan batas tendon terekat (bonded).

Analisa tampang akibat lentur dengan teori kuat batas (*ultimite strenght*) untuk mengetahui kemampuan batas tampang dalam menahan beban yang bekerja, dengan demikian dapat ditentukan besarnya kapasitas batas tampang. Apabila kapasitas momen batas tampang lebih kecil dari beban yang dipikul, maka struktur tersebut tidak aman. Untuk menentukan kekuatan lentur batas, ACI memberikan batasan-batasan untuk kondisi berikut ini^[3]:

1. Kehancuran yang terjadi, terutama akibat lentur, bukan kehancuran akibat geser, lekatan atau pengangkuran yang dapat mengurangi kekuatan tampang.
2. Balok dan tulangan prategang terekat (*bounded*).

3. Beban batas adalah beban statik, pembebanan seperti kejut, kelelahan (*fatigue*) untuk jangka waktu yang lama tidak dipertimbangkan.

Metode kuat batas ini didasarkan pada prinsip sederhana kopel penahan pada beton prategang seperti pada balok beton bertulang biasa. Pada beban batas kopel terdiri dari gaya T akibat tarik baja dan C akibat desak beton yang bekerja dengan lengan d .

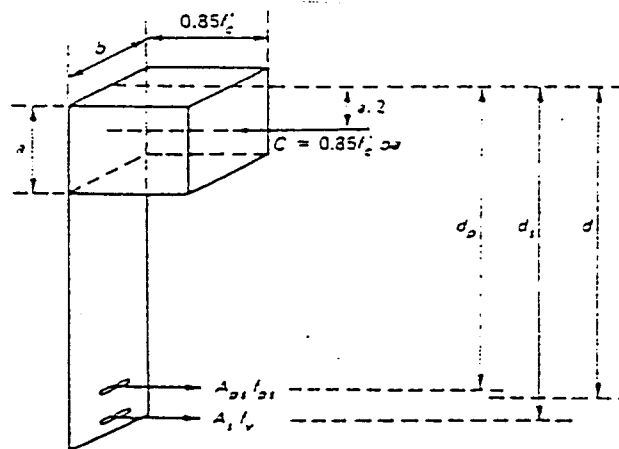


Figure 5.6 Rectangular section: forces at ultimate.

Gambar 3.2. Tegangan batas. [4]

Seperti pada uraian mengenai tulangan prategang dan non-prategang, ragam kehancuran akibat tingkat kemampuan tulangan berpengaruh terhadap besarnya kemampuan batas tampang. Ragam kehancuran penampang beton prategang

dapat dimulai oleh baja ataupun beton, tergantung keadaan tulangan.

Kehancuran akibat lentur biasanya terjadi pada balok bertulangan lemah, dimana kehancuran dimulai dengan perpanjangan baja yang berlebihan dan diakhiri dengan hancurnya beton. Jika tulangan kuat, beton akan hancur terlebih dahulu sebelum baja tertarik sampai keadaan plastis. Batasan yang jelas dan nyata antara prosentase penulangan untuk balok bertulangan kuat atau lemah, sehingga didapat keadaan seimbang (balance) yaitu saat baja hancur maka beton juga mulai hancur sangat sukar ditetapkan karena baja prategang tidak menunjukkan batas leleh yang tepat. Indeks penulangan (w_p) yang mendekati nilai batas dan menjamin kehancuran plastis diberikan oleh ACI sebagai berikut,

$$w_p = \frac{\rho \cdot f_{ps}}{f'_c} \leq 0,3 \quad (3.7)$$

dengan, $\rho = \frac{A_{ps}}{b \cdot d}$

Pada keadaan saat baja prategang (A_{ps}) dan baja non-prategang (A_s) digunakan bersama-sama serta kemungkinan juga digunakan baja tekan tulangan non-prategang (A_s'),

maka perbandingan penulangan batas diberikan sebagai berikut:

$$(w + w_p - w') \leq 0,30 \quad (3.8)$$

dengan,

$$w = \frac{\rho \cdot f_y}{f'c} \quad \rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$w = \frac{\rho' \cdot f_y}{f'c} \quad \rho' = \frac{A_s'}{b \cdot d}$$

Jika tendon terekat (bounded) dengan grouting maka tegangan baja pada kapasitas momen batas balok adalah :

$$f_{ps} = f_{pu} \left[1 - \frac{\tau_p \cdot \rho \cdot f_{pu}}{\beta_1 \cdot f'c} \right] \quad (3.9)$$

dengan,

$$\begin{array}{ll} \tau_p = 0,28 & \text{jika } \geq 0,90 f_{pu} \\ \tau_p = 0,4 & \text{jika } \geq 0,85 f_{pu} \\ \beta_1 = 0,85 & \text{jika } f'c \leq 30 \text{ Mpa} \\ \beta_1 = 0,85 - 0,008 \cdot (f'c - 30) & \text{jika } 30 < f'c < 55 \text{ Mpa} \\ \beta_1 = 0,65 & \text{jika } f'c \geq 55 \end{array}$$

Dari gambar (3.2) diperoleh,

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$C = T_1 \quad (3.10a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$C = T_1 + T_2 \quad (3.10b)$$

dengan

$$T_1 = A_{ps} \cdot f_{ps} \quad (3.11a)$$

$$T_2 = A_s \cdot f_y \quad (3.11b)$$

Dengan menggunakan pendekatan metode Whitney tegangan desak beton adalah :

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \quad (3.12)$$

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = A_{ps} \cdot f_{ps} \quad (3.13a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y \quad (3.13b)$$

Bila lengan momen adalah d , maka batas kekuatan nominal menurut ACI adalah,

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2) \quad (3.14)$$

dari persamaan 3.13 maka,

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (3.15a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$a' = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (3.15b)$$

$$d = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot dp + A_s \cdot f_y \cdot ds}{A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y} \quad (3.16a)$$

Dengan anggapan blok tegangan berbentuk empat persegi panjang maka,

$$z = d - a/2$$

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$M_n = A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot (dp - a/2) \quad (3.17a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$M_n = (A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y) \cdot (d - a/2)$$

$$M_n = A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot (dp - a'/2) + A_s \cdot f_y \cdot (ds - a'/2) \quad (3.17b)$$

Untuk penampang persegi panjang dengan $\rho_p = A_{ps}/bd$ dan faktor reduksi menurut SKSNI (untuk lentur $\phi = 0,8$), sehingga momen batas desain adalah :

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

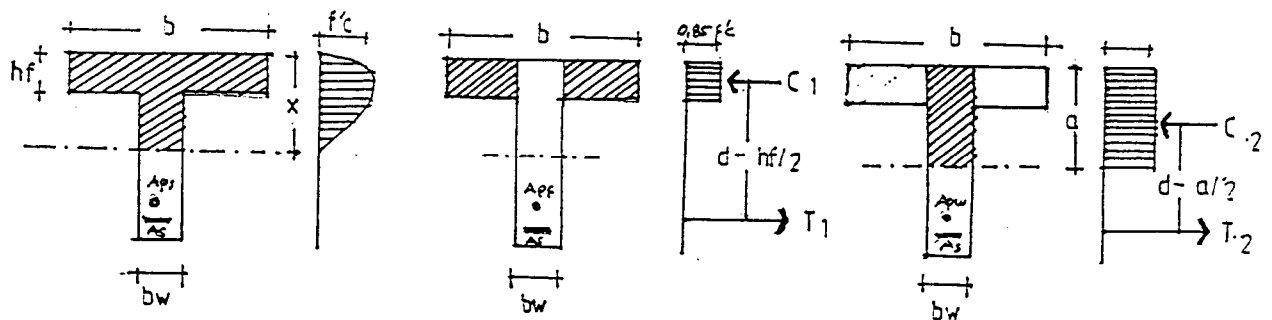
$$M_n = \phi [A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot (dp - a/2)] \quad (3.18a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot (d_p - a'/2) + A_s \cdot f_y \cdot (d_s - a'/2)] \quad (3.18b)$$

Dalam menghitung kapasitas momen batas pada balok tampang T, terlebih dahulu perlu diketahui letak blok desak pada penampang beton. Keadaan tersebut diatas dapat digolongkan menjadi jika :

1) blok desak terjadi di badan



Gambar 3.3. Balok tampang T dengan blok desak di badan. [4]

Daerah tekan yang diarsir pada gambar 3.3 tidak berbentuk empat persegi panjang, maka momen batas dapat dipandang terdiri dari dua bagian, yaitu bagian beton pada badan yang setara dengan baja prategang A_{ps} dengan lengan $(d - a/2)$ dan bagian sayap yang setara dengan baja A_{pf} dengan lengan momen $(d - hf/2)$. Dengan demikian

kapasitas momen nominal tampang dihitung dengan rumus sebagai berikut,

bila, $w_p > 0,3$

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [0,85.f'c.bw.a.(d_p - a/2) + 0,85.f'c.(b - bw).hf.(d_p - hf/2)] \quad (3.19a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [0,85.f'c.bw.a'.(d - a'/2) + 0,85.f'c.(b - bw).hf.(d - hf/2)] \quad (3.19b)$$

bila, $w_p < 0,3$

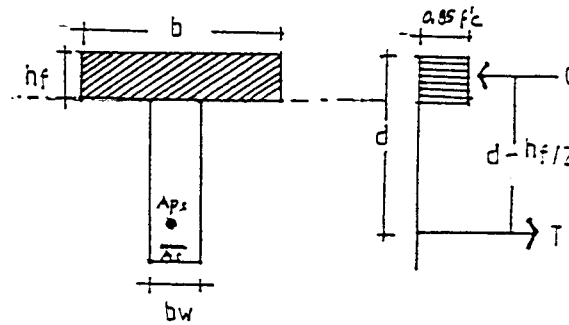
(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [A_{ps}.f_{ps}.(d_p - a/2)] \quad (3.20a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [A_{ps}.f_{ps}.(d - a'/2) + A_s.f_y.(d - a'/2)] \quad (3.20b)$$

2) blok desak terjadi di sayap



Gambar 3.4. Balok tampang T dengan blok desak di sayap. [4]

Kapasitas momen nominal dihitung terhadap lengan kopel momen $(d-a/2)$, dan mempunyai gaya resultan tekan yang bekerja sejauh $a/2$ terhadap sisi tampang atas, maka kapasitas momen nominal dihitung dengan rumus,

bila, $w_p > 0,3$

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [0,25 \cdot f'_c \cdot b \cdot (d_p)^2] \quad (3.21a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [0,25 \cdot f'_c \cdot b \cdot (d)^2] \quad (3.21a)$$

bila, $w_p < 0,3$

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot (d_p - a/2)] \quad (3.22a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot (d - a'/2) + A_s \cdot f_y \cdot (d - a'/2)] \quad (3.22b)$$

Kapasitas momen batas (ultimate strength) diperoleh dengan mengalikan faktor ϕ yang ditetapkan, untuk SKSNI $\phi = 0,8$.

3.3. Konsep Dasar Desain Elastis

Dalam mendesain suatu tampang balok beton prategang, langkah-langkah pokok yang harus dilaksanakan yaitu:

1. Pemilihan bentuk dan dimensi tampang.
2. Menganalisa tegangan yang terjadi pada tampang akibat beban kerja, serta mencari luasan baja prategang yang diperlukan.

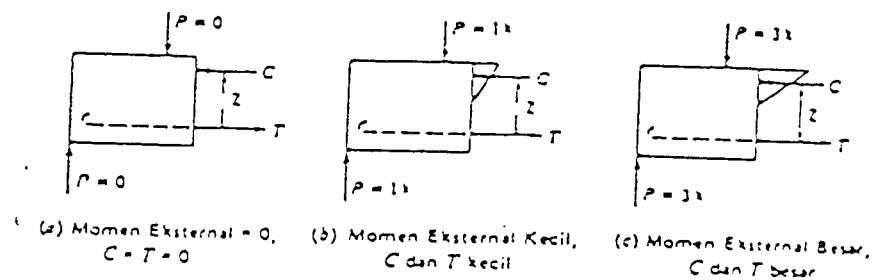
Sebelum melangkah pada tahap desain tampang, perlu diketahui dahulu konsep dasar dari desain elastis.



Konsep dasar desain elastis mencakup konsep kopel yang menahan pada penampang balok prategang. Menurut hukum statika, momen penahan balok prategang sama seperti pada balok beton bertulang konvensional, yaitu momen penahan tampang sama dengan momen eksternal. Momen penahan internal ini diwakili oleh sebuah kopel C dan T. C adalah pusat gaya desak pada tampang beton, sedangkan T adalah titik pusat gaya prategang atau gaya tarik baja.

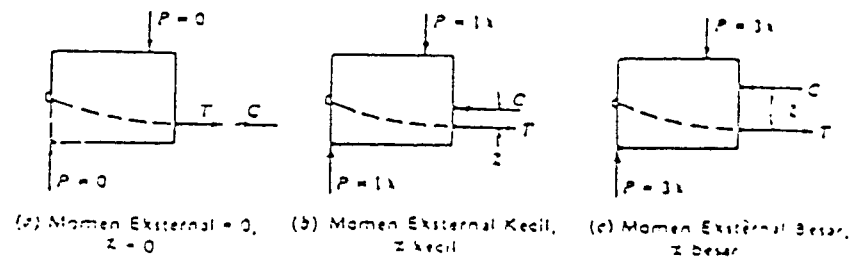
Jika menyangkut kopel C dan T ini, terdapat perbedaan pokok antara penampang beton prategang dengan penampang beton bertulang konvensional. Perbedaan ini akan dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Pada penampang balok beton bertulang konvensional, bila momen lentur bertambah, besarnya kopel C dan T akan bertambah sebanding. Sedangkan lengan momen z akan praktis tetap tidak ada perubahan. Hal ini dapat dijelaskan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Momen penahan pada tampang beton bertulang biasa. [5]

2) Pada penampang balok beton prategang, bila momen lentur bertambah, besarnya kopel C dan T akan tetap. Sedangkan lengan momen z akan berubah sebanding. Hal ini dapat dijelaskan pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Momen penahan pada balok beton prategang. [5]

Dari gambar diatas, dapat diketahui bahwa letak T adalah tetap. Sedangkan letak C akan berubah-ubah sebanding dengan besarnya momen eksternal. Seperti telah disebutkan diatas, besarnya momen penahan internal sama dengan momen eksternal. Dengan dasar ini dapat ditulis suatu persamaan sebagai berikut:

$$M_{\text{ext.}} = M_{\text{int.}}$$

$$M_{\text{ext.}} = C \cdot z = T \cdot z \quad (3.23)$$

Dari persamaan (3.23) tersebut dapat diketahui besarnya nilai z yaitu:

$$z = \frac{M_{\text{ext.}}}{C} = \frac{M_{\text{ext.}}}{T} \quad (3.24)$$

Dengan demikian jika nilai $M_{\text{ext.}} = 0$, $z=0$ dan C berimpit dengan T . Bila $M_{\text{ext.}}$ kecil maka nilai z juga kecil, demikian juga jika sebaliknya.

Pada balok beton prategang besarnya gaya prategang awal P_i dapat diketahui. Pada tahap transfer besarnya $T = P_i$. Setelah kehilangan gaya prategang terjadi maka $T = P_e$. P_e disini adalah besarnya gaya prategang setelah terjadi kehilangan prategang (*loss of prestressed*).

3.4. Desain Penampang Terhadap Lentur

3.4.1 Modulus Penampang Minimum

Penampang prategang yang menerima aksi lenturan harus memenuhi batas-batas yang ditentukan oleh tegangan yang diperbolehkan pada tahap transfer prategang dan pada beban kerja. [2]

Berdasarkan kondisi distribusi tegangan maka besarnya modulus tampang minimum dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$S_1 \geq = \frac{M_d + M_l}{f_{ar}} \quad (3.25)$$

$$S_2 \geq = \frac{Md + M1}{f_{br}} \quad (3.26)$$

Besarnya f_{ar} dan f_{br} dapat dihitung berdasarkan tegangan ijin f_{ti} , f_{ts} , f_{ci} dan f_{cs} serta reduksi sebesar f_a dan f_b pada serat atas maupun serat bawah. Seperti yang telah disebutkan diatas, f_a dan f_b terjadi akibat adanya kehilangan gaya prategang akibat adanya pengangkuran, gesekan rangkai maupun susut pada beton. Reduksi f_a dan f_b ini mengakibatkan berkurangnya tegangan tarik pada serat atas serta tegangan desak pada serat bawah. Dengan demikian gaya prategang yang terjadi adalah gaya prategang efektif dengan rasio efektifitas (R) didefinisikan sebagai berikut:

$$R = \frac{P_e}{P_i} \quad (3.27)$$

dengan demikian besarnya kehilangan pada gaya prategang adalah,

$$P_i - P_e = (1-R) \cdot P_i \quad (3.28)$$

Selisih tegangan pada serat atas dan bawah tampang, yaitu f_a dan f_b , setelah kehilangan gaya prategang terjadi adalah sama dengan $(1-R)$ kali dari tegangan yang

terjadi akibat gaya prategang awal, yaitu:

$$f_a = (1-R) \left[f_{ti} + \frac{M_o}{S_1} \right] \quad (3.29)$$

$$f_b = (1-R) \left[-f_{ci} + \frac{M_o}{S_2} \right] \quad (3.30)$$

Dengan diketahuinya nilai f_a dan f_b maka besarnya f_{ar} dan f_{br} dapat dihitung dengan rumus:

$$f_{ar} = f_{ti} - f_b - f_{cs}$$

$$f_{ar} = R \cdot f_{ti} - (1-R) \frac{M_o}{S_1} - f_{cs} \quad (3.31)$$

dan,

$$f_{br} = f_{ts} - f_{ci} - f_b$$

$$f_{br} = f_{ts} - R \cdot f_{ci} - (1-R) \frac{M_o}{S_2} \quad (3.32)$$

Maka besarnya modulus tampang minimum yang diperlukan adalah:

$$S_1 \geq \frac{(1-R) \cdot M_o + M_d + M_1}{R \cdot f_{ti} - f_{cs}} \quad (3.33)$$

$$S_2 \geq \frac{(1-R) \cdot M_0 + M_d + M_1}{f_{ts} - R \cdot f_{ci}} \quad (3.34)$$

Dalam desain profil penampang besarnya modulus penampang harus sama dengan atau lebih besar dari S_1 atau S_2 . Jika nilai S_1 hampir mendekati S_2 maka tampang yang diperlukan adalah penampang dengan profil simetris. Sebaliknya jika nilai S_1 lebih besar dari S_2 maka dipilih tampang yang tidak simetris. Untuk memudahkan dalam perencanaan dapat digunakan tabel pembantu seperti yang terlampir pada lampiran 6.

Seperti yang telah diketahui, nilai $I_c = S_1 \cdot C_1 = S_2 \cdot C_2$ maka garis netral tampang dapat diletakan pada,

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{S_1}{S_2} \quad (3.35)$$

Dengan demikian tegangan baja prategang pada garis netral tampang akibat pembebanan P_i adalah,

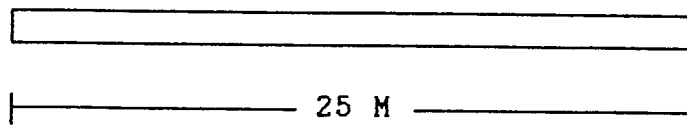
$$f_{cci} = f_{ti} - \frac{C_1}{h} (f_{ti} - f_{ci}) \quad (3.36)$$

Setelah tegangan baja prategang pada garis netral tampang diketahui, maka besarnya gaya prategang awal (P_i) dapat diketahui dengan,

$$P_i = A_c \cdot f_{cci} \quad (3.37)$$

BAB IV
DESAIN
BALOK BETON PRATEGANG TAMPANG T

4.1. Perencanaan balok prategang sistem pasca tarik
(Post Tension)



Diketahui:

$$\begin{aligned} L &= 25 \text{ M} \\ f_{pu} &= 1860 \text{ Mpa} \\ f_{py} &= 0,85 f_{pu} \\ &= 0,85 (1860) \\ &= 1581 \text{ Mpa} \\ f'c &= 45 \text{ Mpa} \\ U_{36} &= 3600 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 360 \text{ N/mm}^2 \\ &= 360 \text{ Mpa} \\ 20\% & \text{ (LOP)} \\ R &= (1 - 0.2) \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

Tegangan ijin

1. Tegangan beton ijin awal.

$$\begin{aligned} - \text{ Serat desak : } f_{ci} &= 0,6 \cdot f'c \\ &= 0,6 \cdot (45) \\ &= 27 \text{ Mpa} \\ - \text{ Serat tarik : } f_{ti} &= 0,25 \cdot f'c \\ &= 0,25 \cdot 45 \\ &= 1,677 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

2. Tegangan beton ijin akhir.

- Serat tarik : $f_{ts} = 0,5.\sqrt{f'c}$
 $= 0,5.\sqrt{45}$
 $= 3,354 \text{ Mpa}$
- Serat desak : $f_{cs} = 0,45.(f'c)$
 $= 0,45.(45)$
 $= 20,25 \text{ Mpa}$

a) Menghitung momen

- Akibat berat sendiri balok ($W_o=11 \text{ KN/M}$)

$$\begin{aligned} M_o &= 1/8.g.l^2 \\ &= 1/8 (11) (25)^2 \\ &= 859,375 \text{ KN-M} \end{aligned}$$

- Akibat beban mati ($W_{da}=27,8362 \text{ KN/M}$)

$$\begin{aligned} M_{da} &= 1/8.g.l^2 \\ &= 1/8 (27,8362) (25)^2 \\ &= 2174,7031 \text{ KN-M} \end{aligned}$$

- Akibat beban hidup ($W_l=8,75 \text{ KN/M}$)

$$\begin{aligned} M_l &= 1/8.g.l^2 \\ &= 1/8 (8,75) (25)^2 \\ &= 683,5937 \text{ KN-M} \end{aligned}$$

b) Menghitung modulus penampang rencana (e.variable)

$$\begin{aligned} S_a &= \frac{(1-R) M_o + (M_d + M_l)}{R.f_{ti} - f_{cs}} \\ &= \frac{[(1-0,8) 859,375 + (2858,2968)] 10^6}{0,8 (1,677) - (-20,25)} \\ &= 140340308,3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_b &= \frac{(1-R) M_o + (M_d + M_l)}{f_{ts} - R \cdot f_{ci}} \\
 &= \frac{[(1-0,8) 859,375 + (2858,2968)] 10^6}{3,354 - 0,8 (-27)} \\
 &= 121430303,8 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

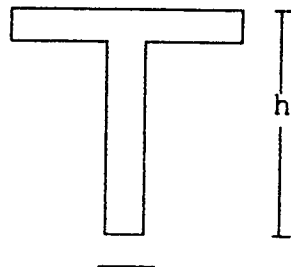
Sebagai perencanaan diambil S yang terbesar yaitu

$$S_a = 140340308,3 \text{ mm}^3$$

c) Perhitungan dimensi penampang (l=25 m)

$$\begin{aligned}
 \text{Diambil : } h &= \frac{1}{17} L - \frac{1}{25} L \\
 &= \frac{1}{17}(25) - \frac{1}{25}(25) \\
 &= 1,47 - 1,00
 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai } \frac{h = 1,3 \text{ m}}{b}$$



Menentukan lebar badan profil (b_w)

$$\text{ambil : } \frac{b_w}{b} = 0,3$$

$$\frac{h_f}{h} = 0,2$$

$$C_t = 0,374 \cdot h$$

$$C_b = 0,626 \cdot h$$

$$I_c = 0,0408 \cdot bh^3$$

$$A_c = 0,440 \cdot bh$$

$$S_t = \frac{I_c}{C_t} = \frac{0,0408 \cdot bh^3}{0,374 \cdot h}$$

$$= 0,1091 \cdot bh^2$$

$$S_b = \frac{I_c}{C_b} = \frac{0,0408 \cdot bh^3}{0,626 \cdot h}$$

$$= 0,0652 \cdot bh^2$$

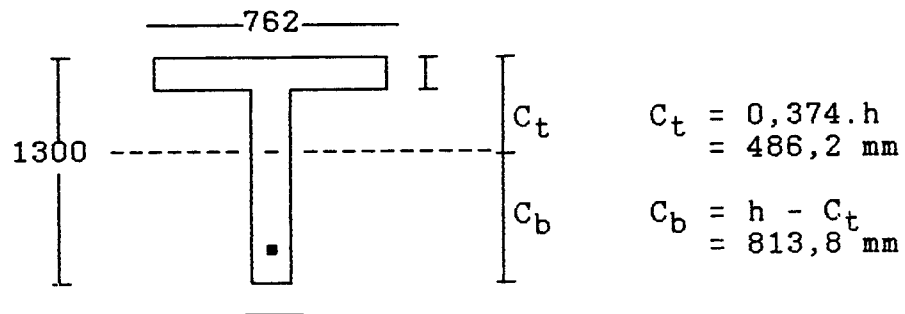
$$S_a = S_t \longrightarrow 140340308,3 = 0,1091 \cdot bh^2$$

$$b = \frac{140340308,3}{0,1091 \cdot (1300)^2}$$

$$b = 761,8495 \text{ mm} \approx 762 \text{ mm}$$

Maka dimensi penampang:

$$\begin{aligned}
 h &= 1300 \text{ mm} \\
 b &= 762 \text{ mm} \\
 h_f &= 0,2 \cdot h = 260 \text{ mm} \\
 b_w &= 0,3 \cdot b = 229 \text{ mm} \\
 A_c &= 0,440 \cdot bh = 130988 \text{ mm}^2 \\
 I_c &= 0,0408 \cdot bh^3 = 2,0527 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 * \text{ Luas flens} &: A_f = 762 \cdot 260 &= 198120 & \text{ mm}^2 \\
 \text{Luas webb} &: A_w = 1040 \cdot 229 &= 238160 & \text{ mm}^2 \\
 A_c &= A_f + A_w &= 436280 & \text{ mm}^2 +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_o &= A_c \cdot b_j \\
 &= 436280 \cdot 10^{-6} \cdot 24 \\
 &= 10,4707 \text{ KN/M} < W_o \text{ taksiran} = 11 \text{ KN-M}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_o &= 1/8 \cdot W_o \cdot l^2 \\
 &= 1/8 \cdot 10,4707 \cdot (25)^2 \\
 &= 818,025 \text{ KN-M} < 859,375 \text{ KN-M}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{ps} &= 0,82 \cdot f_{py} \quad \checkmark \\
 &= 0,82 \cdot 1581 \\
 &= 1296,4 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

dipakai:

$$f_{ps} = 1296,4 \text{ Mpa}$$

Luas baja prategang yang diperlukan

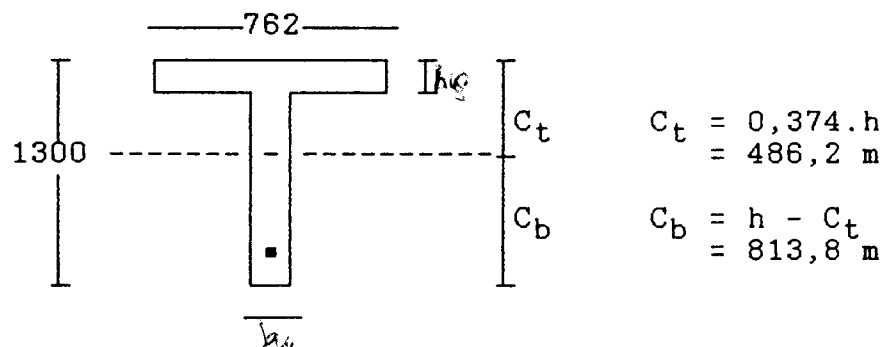
$$\begin{aligned}
 A_{ps} &= \frac{P_i}{f_{ps}} \\
 &= \frac{3947,5478 \cdot 10^3}{1296,4} \\
 &= 3045,0075 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

dipakai sesuai tabel VSL

$$P_i = 3947,5478 \text{ KN} \quad \text{dipakai type 22Sc}$$

$$\text{luas selongsong prategang } (A_s) = 6361,725 \text{ mm}^2$$

f) Rencana letak tendon



Perencanaan PASCA TARIK dipakai A_c netto

$$\begin{aligned} A_{cnetto} &= A_c - A_s \\ &= 436280 - 6361,725 \\ &= 429918,2749 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Mencari garis netral

$$\begin{aligned} C_t &= [hf \cdot bf \cdot (1/2 \cdot hf) + bw \cdot hw \cdot (hf + hw/2) \\ &\quad - A_s \cdot (h - d')] / A_{cnetto} \\ &= [260 \cdot 762 \cdot (130) + 229 \cdot 1040 \cdot (260 + 1040/2) \\ &\quad - 6361,725(1300 - 150)] / 429918,2749 \\ &= 474,9842 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= h - C_t \\ &= 1300 - 474,9842 \\ &= 824,0158 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ER &= C_b - d' \\ &= 824,0158 - 150 \\ &= 674,0158 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{cnetto} &= 1/12 \cdot b_f \cdot h_f^3 + A_f \cdot (C_t - h_f/2)^2 \\ &\quad + 1/12 \cdot b_w \cdot h_w^3 + A_w \cdot (C_b - h_w/2)^2 \\ &\quad - A_s \cdot ER^2 \\ &= 1/12 \cdot 762 \cdot 260^3 \\ &\quad + 762 \cdot 260 \cdot (474,9842 - 260/2)^2 \\ &\quad + 1/12 \cdot 229 \cdot 1040^3 \\ &\quad + 229 \cdot 1040 \cdot (824,0158 - 1040/2)^2 \\ &\quad - 6361,7251 \cdot (674,0158)^2 \\ &= 6,52832 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_a &= I_{cnetto}/C_t \\
 &= 6,52832 \cdot 10^{10}/474,9842 \\
 &= 137442887,6 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_b &= I_{cnetto}/C_b \\
 &= 6,52832 \cdot 10^{10}/824,0158 \\
 &= 79225665,33 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

g) Menghitung eksentrisitas

* Serat atas

$$E = (f_{ti} - f_{cci}) \cdot \frac{S_a}{P_i} + \frac{M_o}{P_i}$$

$$\begin{aligned}
 E &= (10,72519) \cdot \frac{137442887,6}{3947547,823} + \frac{818,025 \cdot 10^6}{3947547,823} \\
 &= 580,8129 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

* Serat bawah

$$E = (f_{cci} - f_{ci}) \cdot \frac{S_b}{P_i} + \frac{M_o}{P_i}$$

$$\begin{aligned}
 E &= (17,95181) \cdot \frac{79225665,33}{3947547,823} + \frac{818,025 \cdot 10^6}{3947547,823} \\
 &= 567,4726 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

dipakai E = 580,8129 mm

i) Kontrol tegangan beton dan tendon
Sistem Pasca Tarik (post tension) dengan grouting

Beban mati sudah bekerja 75%

$$W_d = 0,75 \cdot 16,8362 = 12,627 \text{ KN/M}$$

$$\begin{aligned} W_d &= 12,6271 + 10,47072 \\ &= 23,0977 \text{ N/M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_d &= 1/8 \cdot W_o \cdot L^2 \\ &= 1/8 \cdot 23,0977 \cdot (25)^2 \\ &= 1804,50937 \text{ KN-M} \end{aligned}$$

- Tegangan Beton
* Pada saat Transfer

Serat atas

$$\begin{aligned} f_a &= - \frac{P_i}{A_{c_{net}}} + \frac{P_i \cdot E \cdot C_t}{I_{c_{net}}} - \frac{M_o \cdot C_t}{I_{c_{net}}} \leq 0,25 f_{c'} \\ &= - \frac{3947547,82}{429918,275} + \frac{3947547,82 \cdot 580,813 \cdot 474,99}{6,52832 \cdot 10^{10}} \\ &\quad - \frac{1804,509 \cdot 10^6 \cdot 474,99}{6,52832 \cdot 10^{10}} \\ &= -5,62949 \text{ Mpa} < 1,677 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Serat bawah

$$\begin{aligned}
 f_b &= - \frac{P_i}{A_{c_{net}}} - \frac{P_i \cdot E \cdot C_b}{I_{c_{net}}} + \frac{M_o \cdot C_b}{I_{c_{net}}} \leq -0,6 \cdot f_c' \\
 &= - \frac{3947547,82}{429918,275} + \frac{3947547,82 \cdot 580,813 \cdot 824,01}{6,52832 \cdot 10^{10}} \\
 &\quad - \frac{1804,509 \cdot 10^6 \cdot 824,01}{6,52832 \cdot 10^{10}} \\
 &= -15,3451 \text{ Mpa} < -27 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

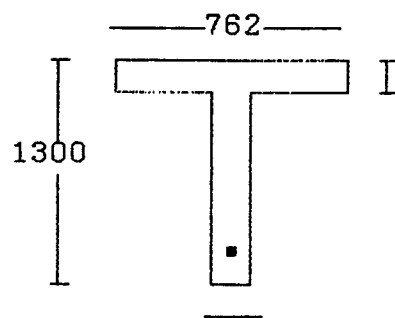
- Tegangan tendon

$$\begin{aligned}
 f_{si} &= P_i / A_{ps} \\
 &= 3947547823 / 3045,0075 \\
 &= 1296,4 \text{ Mpa} \\
 f_{ct} &= \frac{(h-d') \cdot f_b}{h} \\
 &= \frac{(1300-150) \cdot -15,3451}{1300} \\
 &= -13,574 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{se} &= f_{si} + n \cdot f_{ct} \\
 &= 1296,4 + 6 \cdot (-13,574) \\
 &= 1214,952 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Tegangan Beton
- * Pada saat akhir (layan)

dipakai penampang transformasi



Perencanaan PASCA TARIK dipakai A_t

$$\begin{aligned}
 A_t &= A_c + A_c' \\
 &= 436280 + (6-1) \cdot 3045,0075 \\
 &= 451505,0375 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Mencari garis netral

$$\begin{aligned}
 C_t &= [hf \cdot bf \cdot (1/2 \cdot hf) + bw \cdot hw \cdot (hf + hw/2) \\
 &\quad - A_c' \cdot (h - d')] / A_t \\
 &= [260 \cdot 762 \cdot (130) + 229 \cdot 1040 \cdot (260 + 1040/2) \\
 &\quad - 3045,0075 \cdot (1300 - 150)] / 451505,0375 \\
 &= 429,6997 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= h - C_t \\
 &= 1300 - 429,6997 \\
 &= 870,3003 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ER &= C_b - d' \\
 &= 870,3003 - 150 \\
 &= 720,3003 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

dipakai $E = 720,3003 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 I_t &= 1/12 \cdot b_f \cdot h_f^3 + A_f \cdot (C_t - h_f/2)^2 \\
 &\quad + 1/12 \cdot b_w \cdot h_w^3 + A_w \cdot (C_b - h_w/2)^2 \\
 &\quad + A_c \cdot ER^2 \\
 &= 1/12 \cdot 762 \cdot 260^3 \\
 &\quad + 762 \cdot 260 \cdot (429,6997 - 260/2)^2 \\
 &\quad + 1/12 \cdot 229 \cdot 1040^3 \\
 &\quad + 229 \cdot 1040 \cdot (870,3003 - 1040/2)^2 \\
 &\quad + 3045,0075 \cdot (720,3003)^2 \\
 &= 7,750116 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Beban mati sudah bekerja 100 %

$$W_d = 16,8362 \text{ KN/M}$$

$$\begin{aligned}
 W_d' &= 16,8362 + 10,47072 \\
 &= 27,3069 \text{ N/M}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Md' &= 1/8 \cdot Wd' \cdot L^2 \\
 &= 1/8 \cdot 27,3069 \cdot (25)^2 \\
 &= 2133,3531 \text{ KN-M}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mt &= Md' + Ml \\
 &= 2133,3531 + 683,5937 \\
 &= 2816,9468 \text{ KN-M}
 \end{aligned}$$

Serat atas

$$\begin{aligned}
 f_a &= - \frac{P_e}{A_t} + \frac{P_e \cdot E \cdot C_t}{I_c} - \frac{Mt \cdot C_t}{I_c} \leq 0,45 \cdot f'c \\
 &= - \frac{3158038,25}{451505,037} + \frac{3158038,25 \cdot 720,30 \cdot 429,69}{7,750116 \cdot 10^{10}} \\
 &\quad - \frac{2816,9468 \cdot 10^6 \cdot 429,69}{7,750116 \cdot 10^{10}} \\
 &= - 10,0072 \text{ Mpa} \leq 20,25 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Serat bawah

$$\begin{aligned}
 f_b &= - \frac{P_e}{A_t} - \frac{P_e \cdot E \cdot C_b}{I_c} + \frac{Mt \cdot C_b}{I_c} \leq 0,5 \cdot f'c \\
 &= - \frac{3158038,25}{451505,037} - \frac{3158038,25 \cdot 720,30 \cdot 870,30}{7,750116 \cdot 10^{10}} \\
 &\quad + \frac{2816,9468 \cdot 10^6 \cdot 870,30}{7,750116 \cdot 10^{10}} \\
 &= - 0,9056 \text{ Mpa} \leq 3,354 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Tegangan tendon

$$\begin{aligned} f_{ct} &= (d'/h) \cdot f_a - f_b \\ &= (150/1300) \cdot 10,0072 - 0,9056 \\ &= -2,0602 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_s &= f_{si} + n \cdot f_c \\ &= 1296,4 + 6 \cdot (-2,0602) \\ &= 1284,0383 \text{ Mpa} < f_{si} = 1296,45 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

j) Menghitung kapasitas momen

$$\begin{aligned} f'_c &= 45 \text{ Mpa} \\ P_e &= 3158038,258 \text{ N} \\ A_{ps} &= 3045,0075 \text{ mm}^2 \\ f_{pu} &= 1860 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Metode pendekatan SKSNI-T15.1991

$$\begin{aligned} f'_c &\geq 30 \text{ Mpa} = 45 \text{ Mpa} \\ f_{pu} &\geq 1700 \text{ Mpa} = 1860 \text{ Mpa} \\ f_{sc} &\geq 0,5 f_{pu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_p &= \frac{A_{ps}}{b \cdot (h-d')} \\ &= \frac{3045,0075}{762 \cdot 115} \\ &= 0,003474 \end{aligned}$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left[1 - \frac{\tau_p \cdot \rho_p \cdot f_{pu}}{\beta_1 \cdot f'_c} \right]$$

$$\rightarrow f_{py}/f_{pu} = 0,85$$

$$\delta_p = 0,4$$

$$\beta_1 = 0,850 - 0,008 \cdot (45 - 30) = 0,73$$

$$f_{ps1} = 1860 \left[1 - \frac{0,4 \cdot 0,003474 \cdot 1860}{0,73 \cdot 45} \right]$$

$$= 1713,6541 \text{ Mpa}$$

$$w_p = \frac{\rho \cdot f_{ps1}}{f'_c} \leq 0,36\beta_1 \text{ atau } q \leq 0,3$$

$$= \frac{0,003474 \cdot 1713,6541}{45} = 0,132 < 0,3$$

Maka besarnya f_{ps1} dengan (Tulangan non-prategang tidak diperhitungkan) adalah :

Menentukan letak garis netral daerah desak

$$a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps1}}{0,85 \cdot \beta_1 \cdot b \cdot f'_c}$$

$$= \frac{3045,0075 \cdot 1713,6541}{0,85 \cdot 0,73 \cdot 762 \cdot 45}$$

$$= 245,246 < hf=260 \text{ mm (disayap)}$$

Karena $w_p < 0,3$

$$M_n = A_{ps} \cdot f_{ps1} \cdot [(h-d') - (a/2)]$$

$$= 3045,0075 \cdot 1713,6541 \cdot [(1150) - (122,623)]$$

$$= 5360945225 \text{ N-mm}$$

$$= 5360,945225 \text{ KN-M}$$

$$\begin{aligned}M_{ultimit} &= 1,2.Md' + 1,6.Ml \\ &= 1,2.(2133,3531) + 1,6.(683,5937) \\ &= 3653773640 \text{ N-mm} \\ &= 3653,77364 \text{ KN-M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n \text{ perlu} &= \frac{M_{ult}}{\phi} \\ &= \frac{3653,77364}{0,8} \\ &= 4567,2170 \text{ KN-M} < 5360,9452 \text{ KN-M}\end{aligned}$$

4.2. Perencanaan balok Prategang Parsial 15% sistem pasca tarik (Post tension)

a) Gaya Prategang Awal

$$\begin{aligned}P_{ip} &= 0,85 \cdot P_i \\ &= 0,85 \cdot 3947547,823 \\ &= 3355415,65 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{ep} &= 0,80 \cdot P_{ip} \\ &= 0,80 \cdot 3355415,65 \\ &= 2684332,52 \text{ N}\end{aligned}$$

b) Luas Baja Prategang

$$\begin{aligned}A_{psp} &= \frac{P_{ip}}{f_{ps1}} \\ &= \frac{3355415,65}{1713,6541} \\ &= 1958,0472 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

dipakai tendon VSL type 19Sc

luas selongsong prategang (A_s) = 5541.769 mm²

c) Luas baja non-prategang yang diperlukan

$$M_{np} = A_{psp} \cdot f_{ps1} \cdot [(h-d')-a/2] + A_s \cdot f_y \cdot [(h-40)-a/2]$$

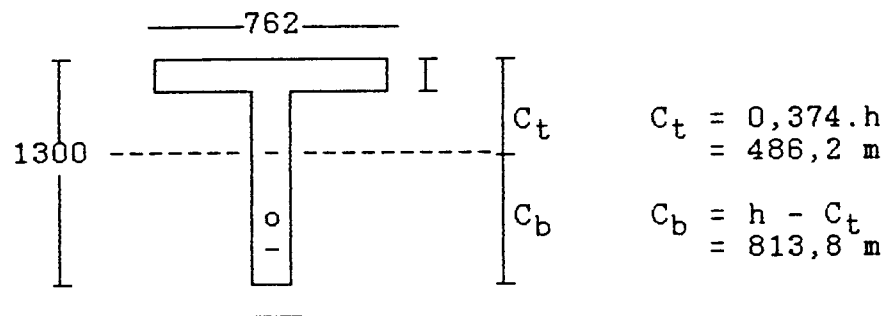
$$A_{sn} = \frac{M_{np} - A_{psp} \cdot f_{ps1} \cdot [(h-d')-a/2]}{f_y \cdot [(h-d')-a/2]}$$

$$= \frac{4567,2170 \cdot 10^6 - 3447,2768 \cdot 10^6}{360 \cdot [(1260)-245,246/2]}$$

$$= \frac{1119940200}{409455,72}$$

$$= 2735,1924 \text{ mm}^2$$

d) Rencana letak tendon



Perencanaan PASCA TARIK dipakai A_c netto

$$\begin{aligned} A_{cnetto} &= A_c - A_s - (n-1) \cdot A_{sn} \\ &= 436280 - 5541,769 - (7-1) \cdot 2735,1924 \\ &= 414327,0766 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Mencari garis netral

$$\begin{aligned}
 C_t &= [h_f \cdot b_f \left(\frac{1}{2} \cdot h_f\right) + b_w \cdot h_w \cdot (h_f + h_w/2) \\
 &\quad - A_s \cdot (h - d') - (n-1) \cdot A_{sn} \cdot (h-40)] / A_{cnetto} \\
 &= [260 \cdot 762 \cdot (130) + 229 \cdot 1040 \cdot (260 + 1040/2) \\
 &\quad - 5541,769 \cdot (1300 - 150) \\
 &\quad - (7-1) \cdot 2735,1924 \cdot (1260)] / 414327,0766 \\
 &= 445,2262 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= h - C_t \\
 &= 1300 - 445,2262 \\
 &= 854,7737 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ER &= C_b - d' \\
 &= 854,7737 - 150 \\
 &= 704,7737 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{cnetto} &= 1/12 \cdot b_f \cdot h_f^3 + A_f \cdot (C_t - h_f/2)^2 \\
 &\quad + 1/12 \cdot b_w \cdot h_w^3 + A_w \cdot (C_b - h_w/2)^2 \\
 &\quad - [A_s \cdot ER^2 + (n-1) \cdot A_{sn} \cdot (C_b - 40)^2] \\
 &= 1/12 \cdot 762 \cdot 260^3 \\
 &\quad + 762 \cdot 260 \cdot (445,2262 - 260/2)^2 \\
 &\quad + 1/12 \cdot 229 \cdot 1040^3 \\
 &\quad + 229 \cdot 1040 \cdot (854,7737 - 1040/2)^2 \\
 &\quad - [5541,769 \cdot (704,7737)^2 \\
 &\quad \quad + 6 \cdot 2735,1924 \cdot (854,7737 - 40)^2] \\
 &= 5,53130 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_a &= I_{cnetto}/C_t \\
 &= 5,53130 \cdot 10^{10}/445,2262 \\
 &= 124235859,5 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_b &= I_{cnetto}/C_b \\
 &= 5,53130 \cdot 10^{10}/854,7737 \\
 &= 64710768,69 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

e) Menghitung eksentrisitas

* Serat atas

$$\begin{aligned}
 E &= (f_{ti} - f_{cci}) \cdot \frac{S_a}{P_i} + \frac{M_o}{P_i} \\
 E &= (10,72519) \cdot \frac{124235867,5}{3947547,823} + \frac{818,025 \cdot 10^6}{3947547,823} \\
 &= 544,7630 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

* Serat bawah

$$\begin{aligned}
 E &= (f_{cci} - f_{ci}) \cdot \frac{S_b}{P_i} + \frac{M_o}{P_i} \\
 E &= (17,95181) \cdot \frac{64710768,69}{3947547,823} + \frac{818,025 \cdot 10^6}{3947547,823} \\
 &= 567,4726 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

dipakai E = 544,763 mm

**f) Kontrol tegangan beton dan tendon
Sistem Pasca Tarik (post tension) dengan grouting**

Beban mati sudah bekerja 75%

$$W_d = 0,75 \cdot 16,8362 = 12,627 \text{ KN/M}$$

$$\begin{aligned} W_d &= 12,6271 + 10,47072 \\ &= 23,0977 \text{ N/M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_d &= 1/8 \cdot W_o \cdot L^2 \\ &= 1/8 \cdot 23,0977 \cdot (25)^2 \\ &= 1804,50937 \text{ KN-M} \end{aligned}$$

- Tegangan Beton

* Pada saat Transfer

Serat atas

$$\begin{aligned} f_a &= - \frac{P_i}{A_{c_{net}}} + \frac{P_i \cdot E \cdot C_t}{I_{c_{net}}} - \frac{M_o \cdot C_t}{I_{c_{net}}} \leq 0,25 f_{c'} \\ &= - \frac{3947547,82}{414327,076} + \frac{3947547,82 \cdot 544,763 \cdot 445,22}{5,53130 \cdot 10^{10}} \\ &\quad - \frac{1804,509 \cdot 10^6 \cdot 445,22}{5,53130 \cdot 10^{10}} \\ &= -6,7428 \text{ Mpa} < 1,677 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Serat bawah

$$\begin{aligned}
 f_b &= - \frac{P_i}{A_{c_{net}}} - \frac{P_i \cdot E \cdot C_b}{I_{c_{net}}} + \frac{M_o \cdot C_b}{I_{c_{net}}} \leq -0,6 \cdot f_{c'} \\
 &= - \frac{3947547,82}{414327,076} + \frac{3947547,82 \cdot 544,763 \cdot 854,77}{5,53130 \cdot 10^{10}} \\
 &\quad - \frac{1804,509 \cdot 10^6 \cdot 854,77}{5,53130 \cdot 10^{10}} \\
 &= -14,8739 \text{ Mpa} < -27 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Tegangan tendon

$$f_{si} = 1296,45$$

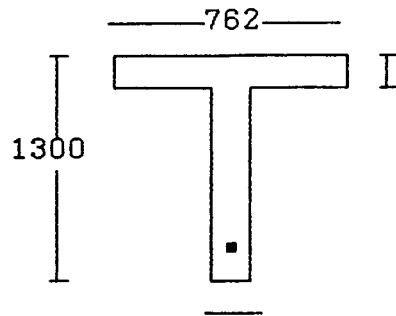
$$\begin{aligned}
 f_{ct} &= \frac{(h-d') \cdot f_b}{h} \\
 &= \frac{(1300-150) \cdot -14,8739}{1300} \\
 &= -13,1576 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{se} &= f_{si} + n \cdot f_{ct} \\
 &= 1296,45 + 6 \cdot (-13,1576) \\
 &= 1217,504 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Tegangan Beton

* Pada saat akhir (layan)

dipakai penampang transformasi



Perencanaan PASCA TARIK dipakai A_t

$$\begin{aligned} A_t &= A_c + A_{c'} + A_{s_{sn}} \\ &= 436280 + (6-1) \cdot 1958,047 + (7-1) \cdot 2735,1924 \\ &= 462481,3904 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Mencari garis netral

$$\begin{aligned} C_t &= [hf \cdot bf \cdot (1/2 \cdot hf) + bw \cdot hw \cdot (hf + hw/2) \\ &\quad - A_{c'} \cdot (h - d') - A_{s_{sn}} \cdot (h - 40)] / A_t \\ &= [260 \cdot 762 \cdot (130) + 229 \cdot 1040 \cdot (260 + 1040/2) \\ &\quad - (6-1) \cdot 1958,0472 \cdot (1300 - 150) \\ &\quad - (7-1) \cdot 2735,1924 \cdot (1300 - 40)] / 462481,3904 \\ &= 388,3044 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= h - C_t \\ &= 1300 - 388,3044 \\ &= 911,6955 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ER &= C_b - d' \\
 &= 911,6955 - 150 \\
 &= 761,6955 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

dipakai $E = 761,6955 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 I_t &= 1/12 \cdot b_f \cdot h_f^3 + A_f \cdot (C_t - h_f/2)^2 \\
 &\quad + 1/12 \cdot b_w \cdot h_w^3 + A_w \cdot (C_b - h_w/2)^2 \\
 &\quad + (n-1) \cdot A_c' \cdot ER^2 \\
 &\quad + (n-1) \cdot A_{sn} \cdot (C_b - 40) \\
 &= 1/12 \cdot 762 \cdot 260^3 \\
 &\quad + 762 \cdot 260 \cdot (388,3044 - 260/2)^2 \\
 &\quad + 1/12 \cdot 229 \cdot 1040^3 \\
 &\quad + 229 \cdot 1040 \cdot (911,6955 - 1040/2)^2 \\
 &\quad + (6-1) \cdot 1958,0472 \cdot (761,6955)^2 \\
 &\quad + (7-1) \cdot 2735,1924 \cdot (911,6955 - 40) \\
 &= 9,049097 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Beban mati sudah bekerja 100 %

$$W_d = 16,8362 \text{ KN/M}$$

$$\begin{aligned}
 W_d' &= 16,8362 + 10,47072 \\
 &= 27,3069 \text{ N/M}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Md' &= 1/8 \cdot Wd' \cdot L^2 \\
 &= 1/8 \cdot 27,3069 \cdot (25)^2 \\
 &= 2133,3531 \text{ KN-M}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mt &= Md' + Ml \\
 &= 2133,3531 + 683,5937 \\
 &= 2816,9468 \text{ KN-M}
 \end{aligned}$$

Serat atas

$$\begin{aligned}
 f_a &= - \frac{P_e}{A_t} + \frac{P_e \cdot E \cdot C_t}{I_c} - \frac{Mt \cdot C_t}{I_c} \leq 0,45 \cdot f'_c \\
 &= - \frac{3158038,25}{462481,390} + \frac{3158038,25 \cdot 761,69 \cdot 388,30}{9,049097 \cdot 10^{10}} \\
 &\quad - \frac{2816,9468 \cdot 10^6 \cdot 388,30}{9,049097 \cdot 10^{10}} \\
 &= - 8,5941 \text{ Mpa} \leq 20,25 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Serat bawah

$$\begin{aligned}
 f_b &= - \frac{P_e}{A_t} - \frac{P_e \cdot E \cdot C_b}{I_c} + \frac{Mt \cdot C_b}{I_c} \leq 0,5 \cdot f'_c \\
 &= - \frac{3158038,25}{462481,390} - \frac{3158038,25 \cdot 761,69 \cdot 911,69}{9,049097 \cdot 10^{10}} \\
 &\quad + \frac{2816,9468 \cdot 10^6 \cdot 911,69}{9,049097 \cdot 10^{10}} \\
 &= -2,6826 \text{ Mpa} < 3,354 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Tegangan tendon

$$\begin{aligned}f_{ct} &= (d'/h) \cdot f_a - f_b \\ &= ((150/1300) \cdot -8,5941) - 2,6826 \\ &= -2,5834 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_s &= f_{si} + n \cdot f_c \\ &= 1296,4 + 6 \cdot (-2,5834) \\ &= 1280,8993 \text{ Mpa} < f_{si} = 1296,45 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

g) Menghitung kapasitas momen

$$\begin{aligned}f &= \frac{A_{sn}}{b \cdot (h-40)} \\ &= \frac{2735,1924}{762 \cdot 1260} \\ &= 0,002848\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_p &= \frac{A_{psp}}{b \cdot (h-d')} \\ &= \frac{1958,0472}{762 \cdot 1150} \\ &= 0,002234\end{aligned}$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left[1 - \frac{\tau_p \cdot \rho \cdot f_{pu}}{\beta_1 \cdot f'_c} \right]$$

$$\rightarrow f_{py}/f_{pu} = 0,85$$

$$\delta_p = 0,4$$

$$\beta_1 = 0,850 - 0,008 \cdot (45 - 30) = 0,73$$

$$f_{ps1} = 1860 \left[1 - \frac{0,4 \cdot 0,002234 \cdot 1860}{0,73 \cdot 45} \right]$$

$$= 1765,8904 \text{ Mpa}$$

$$w_p = \frac{\rho \cdot f_{ps1}}{f'_c}$$

$$= \frac{0,002234 \cdot 1765,8904}{45} = 0,087$$

$$w = \frac{\rho \cdot f_y}{f'_c}$$

$$= \frac{0,002848 \cdot 360}{45} = 0,0227$$

$$w = w_p + w \leq 0,3$$

$$= 0,087 + 0,0227$$

$$= 0,1097 \leq 0,3$$

Maka besarnya f_{ps1} dengan (Tulangan non-prategang tidak diperhitungkan) adalah :

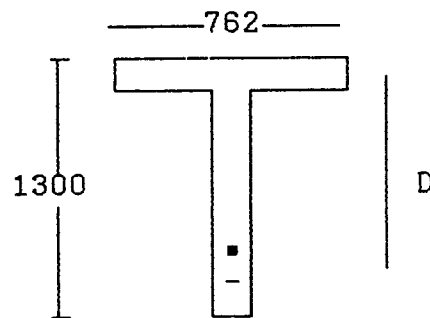
Menentukan letak garis netral daerah desak

$$a' = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps1} + A_{sn} \cdot f_y}{0,85 \cdot \beta_1 \cdot b \cdot f'c}$$

$$= \frac{1958,0475 \cdot 1765,8904 + 2735,1924 \cdot 360}{0,85 \cdot 0,73 \cdot 762 \cdot 45}$$

$$= 208,7878 < hf=260 \text{ mm (disayap)}$$

Karena $w_p < 0,3$



$$D = \frac{A_{psp} \cdot f_{ps1} \cdot (H-DD) + A_{sn} \cdot f_y \cdot (H-40)}{A_{psp} \cdot f_{ps1} + A_{sn} \cdot f_y}$$

$$= \frac{3457696,75 \cdot (1150) + 984669,26 \cdot (1260)}{1958,0472 \cdot 1765,8904 + 2735,1924 \cdot 360}$$

$$= 1174,3819 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}M_n &= A_{psp} \cdot f_{ps1} \cdot (D - (a'/2)) + A_{sn} \cdot f_y \cdot (D - (a'/2)) \\&= 1958,0472 \cdot 1765,8904 \cdot (1069,988) \\&\quad + 2735,1924 \cdot 360 \cdot (1069,988) \\&= 4753278330 \text{ N-mm} \\&= 4753,278330 \text{ KN-M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{ultimit} &= 1,2 \cdot Md' + 1,6 \cdot Ml \\&= 1,2 \cdot (2133,3531) + 1,6 \cdot (683,5937) \\&= 3653773640 \text{ N-mm} \\&= 3653,77364 \text{ KN-M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n \text{ perlu} &= \frac{M_{ult}}{\phi} \\&= \frac{3653,77364}{0,8} \\&= 4567,2170 \text{ KN-M} < 4753,2783 \text{ KN-M}\end{aligned}$$

BAB V

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Data dan Asumsi Desain

Pada perencanaan beton prategang ini kami mengambil panjang bentang yang bervariasi yaitu, 15 m, 20m, 25 m, 30 m, dan 35 m. Sedangkan untuk jarak antar balok kami pakai panjang 3,5 m. Dan desain prategang parsial dipakai sebesar 15%, 20%, dan 30%. Beban-beban yang bekerja didasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia 1983. Data-data beban yang bekerja pada bentang seperti tersebut dibawah ini:

1. Untuk panjang bentang (L) 15 meter.

$$W_{bs} = 7 \quad \text{KN/m}$$

$$W_d = 23,8362 \text{ KN/m}$$

$$W_l = 8,75 \quad \text{KN/m}$$

2. Untuk panjang bentang (L) 20 meter.

$$W_{bs} = 9 \quad \text{KN/m}$$

$$W_d = 25,8362 \text{ KN/m}$$

$$W_l = 8,75 \quad \text{KN/m}$$

3. Untuk panjang bentang (L) 25 meter.

$$W_{bs} = 11 \quad \text{KN/m}$$

$$W_d = 27,8362 \quad \text{KN/m}$$

$$W_l = 8,75 \quad \text{KN/m}$$

4. Untuk panjang bentang (L) 30 meter.

$$W_{bs} = 15 \quad \text{KN/m}$$

$$W_d = 31,8362 \quad \text{KN/m}$$

$$W_l = 8,75 \quad \text{KN/m}$$

5. Untuk panjang bentang (L) 35 meter.

$$W_{bs} = 19 \quad \text{KN/m}$$

$$W_d = 35,8362 \quad \text{KN/m}$$

$$W_l = 8,75 \quad \text{KN/m}$$

Dari data diatas dengan perhitungan mekanika diperoleh momen eksternal untuk masing-masing bentang, yang selanjutnya momen eksternal ini sebagai dasar untuk pemilihan profil tampang. Pemilihan profil tampang T didasarkan pada tabel H Nilson yang bisa dilihat pada lampiran 6.

Mutu bahan yang digunakan dalam perencanaan ini untuk beton menggunakan kuat karakteristik (f'_c)= 45 Mpa, tegangan ultimit tendon (f_{pu})= 1860 Mpa dan mutu baja non-prategang (f_y)= 360 Mpa.

5.2. Pembahasan Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan pada bab ini diperoleh beberapa hasil untuk selanjutnya dianalisa menurut keadaan yang terjadi didalam perhitungan.

1. Didalam perencanaan tugas akhir ini kami hanya menggunakan satu macam profil tampang yaitu, yaitu profil tampang T tipe (1-j) yang bisa dilihat pada lampiran 6.
2. Pemakaian bentang yang panjang akan mengakibatkan beban dan gaya prategang yang dibutuhkan semakin besar. Hubungan antara gaya prategang dan bentang merupakan hubungan garis lurus.
3. Pemakaian tipe tendon untuk tiap bentang didasarkan atas gaya prategang. Pada kondisi prategang parsial yang ada hanya pengurangan jumlah serat tendon. Pengurangan ini seiring berkurangnya gaya prategang yang terjadi.
4. Dalam analisa tegangan beton yang terjadi untuk prategang parsial asumsi gaya yang bekerja tetap bekerja 100 %. Karena gaya yang ditahan baja non-prategang dianggap tetap bekerja bersamaan dengan baja prategang.

5. Pada saat transfer tegangan yang terjadi pada serat atas adalah terjadi tarik, dengan adanya pemakaian tulangan non-prategang pada prategang parsial tegangan tarik yang terjadi akan berkurang bahkan dapat menjadi tegangan tekan. Hal ini dikarenakan peningkatan pemakaian baja non-prategang dan pengurangan baja prategang yang digunakan akan mengurangi lendutan keatas (camber).
6. Pada prategang parsial dengan tipe tendon yang sama penambahan pemakaian baja non-prategang akan meningkatkan kapasitas momen dari penampang.
7. Pengurangan prosentase gaya prategang pada prategang parsial akan mengurangi momen retak yang terjadi akibat lendutan ke atas (camber). Sementara penggunaan baja non-prategang untuk kondisi layan (beban service) akan mengurangi retak yang tidak beraturan akibat lendutan.
8. Adanya penggunaan prategang parsial mengakibatkan berkurangnya eksentrisitas yang terjadi. Secara umum akan mengurangi panjang tendon yang digunakan.

Pemilihan mutu bahan yang digunakan untuk beton akan sangat berpengaruh terhadap tegangan izin beton setelah transfer dan saat layan (akhir). Semakin tinggi mutu beton yang digunakan tegangan izin beton yang

disyaratkan akan semakin besar, hal ini akan mempengaruhi luasan beton yang dibutuhkan.

Kenaikkan jumlah tendon dan besarnya gaya prategang awal yang digunakan sebanding dengan luas penampang yang dipakai dengan mutu bahan yang sama, karena pada prinsipnya dasar perencanaan beton prategang terdapat pada kemampuan tampang betonya. Peningkatan mutu baja prategang akan memperkecil luasan baja prategang yang digunakan.

5.2. Tabel dan Grafik hasil Hitungan

Seluruh hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik, seperti yang tertera dibawah ini.

Tabel 5.1. Tegangan yang terjadi pada prategang penuh dan prategang sebagian untuk panjang bentang (L) = 15 meter.

NO	% PRATEGANG	TYPE TENDON	E (mm)	TEGANGAN BETON (Mpa)				TEGANGAN TENDON (Mpa)	
				SAAT TRANSFER		SAAT LAYAN		SAAT TRANSFER	SAAT LAYAN
				f_a	f_b	f'_a	f'_b	f_{se}	f'_{se}
1	100 %	12Sc	306,44	-6,61	-13,70	-11,56	2,15	1229,62	1270,50
2	85 %	12Sc	278,33	-8,21	-12,59	-9,29	-0,53	1235,02	1282,76
3	80 %	12Sc	274,01	-8,47	-12,30	-9,04	-0,85	1236,43	1281,13
4	70 %	12Sc	280,79	-9,06	-11,58	-8,60	-1,45	1239,94	1278,02

Keterangan :

$f'_c = 45$ Mpa	$W_{bs} = 7$ KN/M
$f_{pu} = 1860$ Mpa	$W_d = 23,8362$ KN/M
$f_y = 360$ Mpa	$W_l = 8,75$ KN/M
$f_{ci} = 27,00$ Mpa	$f_{ti} = 1,677$ Mpa
$f_{cs} = 20,25$ Mpa	$f_{ts} = 3,354$ Mpa
$f_a =$ Tegangan serat atas saat transfer (Mpa)	$f_b =$ Tegangan serat bawah saat transfer (Mpa)
$f'_a =$ Tegangan serat atas saat layan (Mpa)	$f'_b =$ Tegangan serat bawah saat layan (Mpa)
$f_{se} =$ Tegangan tendon saat transfer (Mpa)	$f'_{se} =$ Tegangan tendon saat layan (Mpa)
$E =$ Eksentrisitas (mm)	

Tabel 5.2. Luasan tulangan baja prategang dan baja non-prategang serta kapasitas momen untuk bentang (L) = 15 meter

NO	%	TYPE	P_i	P_e	M_n	A_{ps}	A_s
	PRATEGANG	TENDON	(KN)	(KN)	(KN-M)	(MM ²)	(MM ²)
1	100 %	12Sc	2019,501	1615,601	1523,8778	1557,75	-
2	85 %	12Sc	1716,576	1373,261	1520,8014	1009,29	1788,30
3	80 %	12Sc	1615,601	1292,480	1528,5493	949,92	2023,76
4	70 %	12Sc	1413,651	1130,920	1542,6449	831,18	2494,67

Keterangan :

$f'_c = 45$ Mpa

$f_{pu} = 1860$ Mpa

$f_y = 360$ Mpa

P_i = Gaya prategang awai (KN)

A_{ps} = Luas baja prategang (mm²)

M_n = Kapasitas tampang (KN-M)

$W_{bs} = 7$ KN/M

$W_d = 23,8362$ KN/M

$W_l = 8,75$ KN/M

P_e = Gaya prategang efektif (KN)

A_s = Luas baja non-prategang (mm²)

$M_u = 1428,44928$ (KN-M)

Tabel 5.3. Tegangan yang terjadi pada prategang penuh dan prategang sebagian untuk panjang bentang (L) = 20 meter.

NO	% PRATEGANG	TYPE TENDON	E (mm)	TEGANGAN BETON (Mpa)				TEGANGAN TENDON (Mpa)	
				SAAT TRANSFER		SAAT LAYAN		SAAT TRANSFER	SAAT LAYAN
				f_a	f_b	f'_a	f'_b	f_{se}	f'_{se}
1	100 %	19Sc	421,19	-6,10	-14,59	-10,87	0,82	1221,99	1281,75
2	85 %	19Sc	387,85	-7,53	-13,75	-8,99	-1,46	1226,27	1279,54
3	80 %	19Sc	382,05	-7,80	-13,50	-8,75	-1,78	1227,55	1277,84
4	70 %	12Sc	372,84	-8,22	-12,99	-8,31	-2,39	1230,15	1274,58

Keterangan :

$f'_c = 45$ Mpa	$w_{bs} = 9$ KN/M
$f_{pu} = 1860$ Mpa	$w_d = 25,8362$ KN/M
$f_y = 360$ Mpa	$w_i = 8,75$ KN/M
$f_{ci} = 27,00$ Mpa	$f_{ti} = 1,677$ Mpa
$f_{cs} = 20,25$ Mpa	$f_{ts} = 3,354$ Mpa
f_a = Tegangan serat atas saat transfer (Mpa)	f_b = Tegangan serat bawah saat transfer (Mpa)
f'_a = Tegangan serat atas saat layan (Mpa)	f'_b = Tegangan serat bawah saat layan (Mpa)
f_{se} = Tegangan tendon saat transfer (Mpa)	f'_{se} = Tegangan tendon saat layan (Mpa)
E = Eksentrisitas (mm)	

Tabel 5.3. Tegangan yang terjadi pada prategang penuh dan prategang sebagian untuk panjang bentang (L) = 20 meter.

NO	% PRATEGANG	TYPE TENDON	E (mm)	TEGANGAN BETON (Mpa)				TEGANGAN TENDON (Mpa)	
				SAAT TRANSFER		SAAT LAYAN		SAAT TRANSFER	SAAT LAYAN
				f_a	f_b	f'_a	f'_b	f_{se}	f'_{se}
1	100 %	19Sc	421,19	-6,10	-14,59	-10,87	0,82	1221,99	1281,75
2	85 %	19Sc	387,85	-7,53	-13,75	-8,99	-1,46	1226,27	1279,54
3	80 %	19Sc	382,05	-7,80	-13,50	-8,75	-1,78	1227,55	1277,84
4	70 %	12Sc	372,84	-8,22	-12,99	-8,31	-2,39	1230,15	1274,58

Keterangan :

$f'_c = 45$ Mpa	$W_{bs} = 9$ KN/M
$f_{pu} = 1860$ Mpa	$W_d = 25,8362$ KN/M
$f_y = 360$ Mpa	$W_i = 8,75$ KN/M
$f_{ci} = 27,00$ Mpa	$f_{ti} = 1,677$ Mpa
$f_{cs} = 20,25$ Mpa	$f_{ts} = 3,354$ Mpa
f_a = Tegangan serat atas saat transfer (Mpa)	f_b = Tegangan serat bawah saat transfer (Mpa)
f'_a = Tegangan serat atas saat layan (Mpa)	f'_b = Tegangan serat bawah saat layan (Mpa)
f_{se} = Tegangan tendon saat transfer (Mpa)	f'_{se} = Tegangan tendon saat layan (Mpa)
E = Eksentrisitas (mm)	

Tabel 5.5. Tegangan yang terjadi pada prategang penuh dan prategang sebagian untuk panjang bentang (L) = 25 meter.

NO	% PRATEGANG	TYPE TENDON	E (mm)	TEGANGAN BETON (Mpa)				TEGANGAN TENDON (Mpa)	
				SAAT TRANSFER		SAAT LAYAN		SAAT TRANSFER	SAAT LAYAN
				f_a	f_b	f'_a	f'_b	f_{se}	f'_{se}
1	100 %	22Sc	581,57	-5,63	-15,36	-10,02	-0,87	1214,87	1284,24
2	85 %	19Sc	544,63	-6,76	-14,85	-8,61	-2,64	1217,58	1274,59
3	80 %	19Sc	536,84	-7,02	-14,66	-8,37	-2,95	1218,58	1272,90
4	70 %	19Sc	520,25	-7,59	-14,13	-7,95	-3,54	1221,40	1269,65

Keterangan :

$f'_c = 45$ Mpa	$W_{bs} = 11$ KN/M
$f_{pu} = 1860$ Mpa	$W_d = 27,8362$ KN/M
$f_y = 360$ Mpa	$W_l = 8,75$ KN/M
$f_{ci} = 27,00$ Mpa	$f_{ti} = 1,677$ Mpa
$f_{cs} = 20,25$ Mpa	$f_{ts} = 3,354$ Mpa
f_a = Tegangan serat atas saat transfer (Mpa)	f_b = Tegangan serat bawah saat transfer (Mpa)
f'_a = Tegangan serat atas saat layan (Mpa)	f'_b = Tegangan serat bawah saat layan (Mpa)
f_{se} = Tegangan tendon saat transfer (Mpa)	f'_{se} = Tegangan tendon saat layan (Mpa)
E = Eksentrisitas (mm)	

Tabel 5.6. Luasan tulangan baja prategang dan baja non-prategang serta kapasitas momen untuk bentang (L) = 25 meter

NO	% PRATEGANG	TYPE TENDON	P_i (KN)	P_e (KN)	M_n (KN-M)	A_{ps} (MM ²)	A_s (MM ²)
1	1006%	22Sc	3939,698	3151,7587	5351,1173	3038,91	-
2	85 %	19Sc	3348,743	2678,9944	4853,0862	1954,03	2744,80
3	80 %	19Sc	3151,758	2521,4069	4876,8235	1839,09	3239,07
4	70 %	19Sc	2757,789	2206,2312	4920,1587	1609,20	4227,60

Keterangan :

f'_c = 45 Mpa

f_{pu} = 1860 Mpa

f_y = 360 Mpa

P_i = Gaya prategang awal (KN)

A_{ps} = Luas baja prategang (mm²)

M_n = Kapasitas tampang (KN-M)

W_{bs} = 11 KN/M

W_d = 27,8362 KN/M

W_l = 8,75 KN/M

P_e = Gaya prategang efektif (KN)

A_s = Luas baja non-prategang (mm²)

M_u = 4564,78156 (KN-M)

Tabel 5.7. Tegangan yang terjadi pada prategang penuh dan prategang sebagian untuk panjang bentang (L) = 30 meter.

NO	%	TYPE	E	TEGANGAN BETON (Mpa)				TEGANGAN TENDON (Mpa)	
				SAAT TRANSFER		SAAT LAYAN		SAAT TRANSFER	SAAT LAYAN
				f_a	f_b	f'_a	f'_b	f_{se}	f'_{se}
1	100 %	31Sc	729,78	-4,85	-16,71	-9,54	-1,83	1206,16	1279,69
2	85 %	27Sc	692,73	-5,74	-16,55	-8,42	-3,26	1207,03	1271,78
3	80 %	27Sc	683,69	-5,98	-16,45	-8,19	-3,57	1207,57	1270,06
4	70 %	22Sc	665,97	-6,45	-16,15	-7,78	-4,15	1209,19	1266,83

Keterangan :

$f'_c = 45$ Mpa	$W_{bs} = 15$ KN/M
$f_{pu} = 1860$ Mpa	$W_d = 31,8362$ KN/M
$f_y = 360$ Mpa	$W_l = 8,75$ KN/M
$f_{ci} = 27,00$ Mpa	$f_{ti} = 1,677$ Mpa
$f_{cs} = 20,25$ Mpa	$f_{ts} = 3,354$ Mpa
f_a = Tegangan serat atas saat transfer (Mpa)	f_b = Tegangan serat bawah saat transfer (Mpa)
f'_a = Tegangan serat atas saat layan (Mpa)	f'_b = Tegangan serat bawah saat layan (Mpa)
f_{se} = Tegangan tendon saat transfer (Mpa)	f'_{se} = Tegangan tendon saat layan (Mpa)
E = Eksentrisitas (mm)	

Tabel 5.8. Luasan tulangan baja prategang dan baja non-prategang serta kapasitas momen untuk bentang (L) = 30 meter

NO	% PRATEGANG	TYPE TENDON	P_i (KN)	P_e (KN)	M_n (KN-M)	A_{ps} (MM ²)	A_s (MM ²)
1	100 %	31Sc	5525,217	4420,173	8839,1383	4261,90	-
2	85 %	27Sc	4696,434	3757,147	7743,4895	2736,43	3387,09
3	80 %	27Sc	4420,173	3536,138	7781,1706	2575,47	4090,46
4	70 %	22Sc	3867,651	3094,121	7849,9256	2253,53	5497,19

Keterangan :

$f'_c = 45$ Mpa

$f_{pu} = 1860$ Mpa

$f_y = 360$ Mpa

P_i = Gaya prategang awal (KN)

A_{ps} = Luas baja prategang (mm²)

M_n = Kapasitas tampang (KN-M)

$w_{bs} = 15$ KN/M

$w_d = 31,8362$ KN/M

$w_l = 8,75$ KN/M

P_e = Gaya prategang efektif (KN)

A_s = Luas baja non-prategang (mm²)

$M_u = 7282,97062$ (KN-M)

Tabel 5.9. Tegangan yang terjadi pada prategang penuh dan prategang sebagian untuk panjang bentang (L) = 35 meter.

NO	%	TYPE	E	TEGANGAN BETON (Mpa)				TEGANGAN TENDON (Mpa)		
				PRATEGANG	TENDON	(mm)	SAAT TRANSFER		SAAT LAYAN	
							f_a	f_b	f'_a	f'_b
1	100 %	42Sc	908,81	-4,22	-17,80	-9,15	-2,60	1198,78	1276,09	
2	85 %	37Sc	868,39	-5,00	-17,86	-8,26	-3,78	1198,42	1269,47	
3	80 %	37Sc	857,65	-5,22	-17,81	-8,03	-4,08	1198,69	1267,79	
4	70 %	31Sc	837,60	-5,63	-17,65	-7,62	-4,66	1199,57	1264,52	

Keterangan :

$f'_c = 45$ Mpa	$W_{bs} = 19$ KN/M
$f_{pu} = 1860$ Mpa	$W_d = 35,8362$ KN/M
$f_y = 360$ Mpa	$W_l = 8,75$ KN/M
$f_{ci} = 27,00$ Mpa	$f_{ti} = 1,677$ Mpa
$f_{cs} = 20,25$ Mpa	$f_{ts} = 3,354$ Mpa
f_a = Tegangan serat atas saat transfer (Mpa)	f_b = Tegangan serat bawah saat transfer (Mpa)
f'_a = Tegangan serat atas saat layan (Mpa)	f'_b = Tegangan serat bawah saat layan (Mpa)
f_{se} = Tegangan tendon saat transfer (Mpa)	f'_{se} = Tegangan tendon saat layan (Mpa)
E = Eksentrisitas (mm)	

Tabel 5.10. Luasan tulangan baja prategang dan baja non-prategang serta kapasitas momen untuk bentang (L) = 35 meter

NO	% PRATEGANG	TYPE TENDON	P_i (KN)	P_e (KN)	M_n (KN-M)	A_{ps} (MM ²)	A_s (MM ²)
1	100 %	42Sc	7155,973	5724,778	13608,561	5519,79	-
2	85 %	37Sc	6082,577	4866,061	11595,481	3539,46	3920,84
3	80 %	37Sc	5724,778	4579,822	11651,589	3331,25	4843,95
4	70 %	31Sc	5009,181	4007,344	11753,958	2914,85	6690,16

Keterangan :

f'_c = 45 Mpa

f_{pu} = 1860 Mpa

f_y = 360 Mpa

P_i = Gaya prategang awal (KN)

A_{ps} = Luas baja prategang (mm²)

M_n = Kapasitas tampang (KN-M)

W_{bs} = 19 KN/M

W_d = 35,8362 KN/M

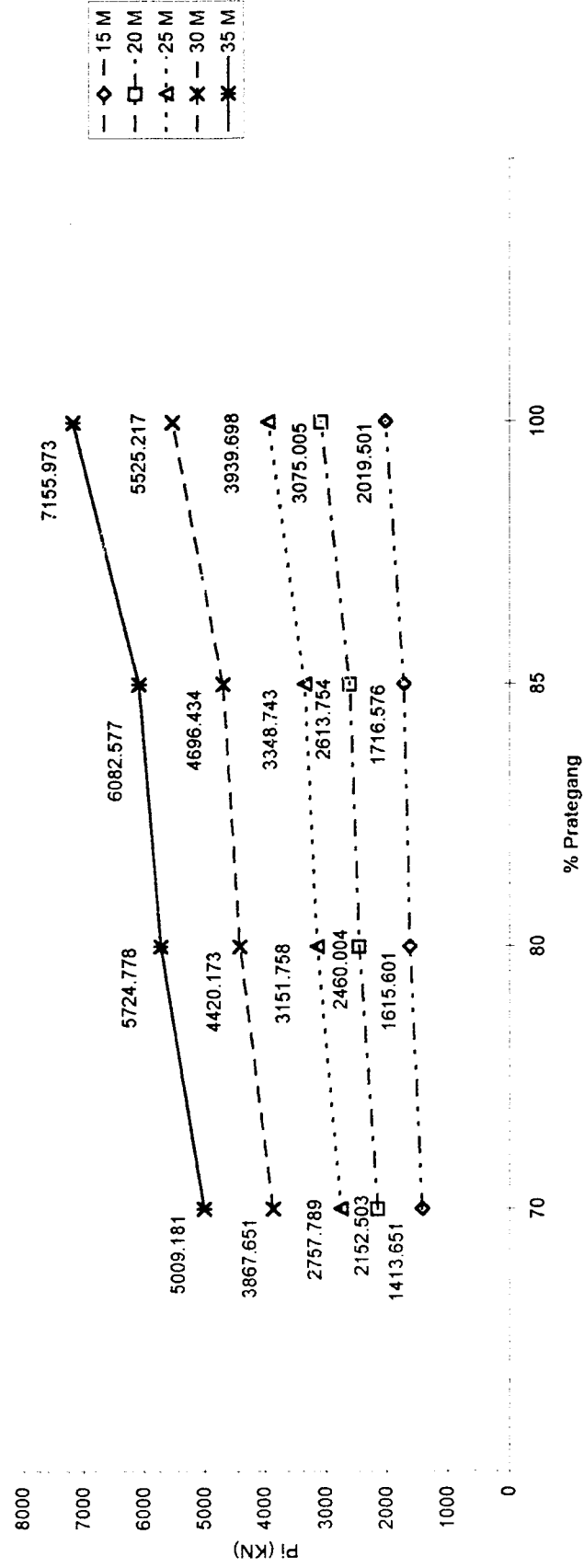
W_l = 8,75 KN/M

P_e = Gaya prategang efektif (KN)

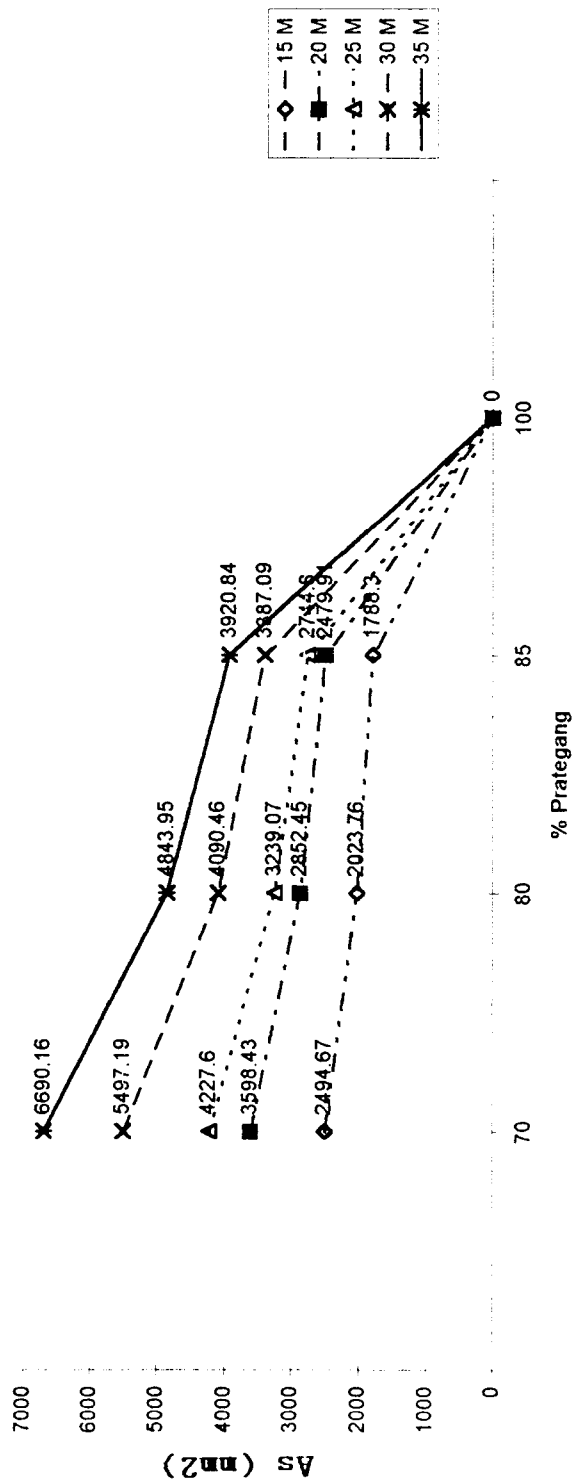
A_s = Luas baja non-prategang (mm²)

M_u = 10906,4519 (KN-M)

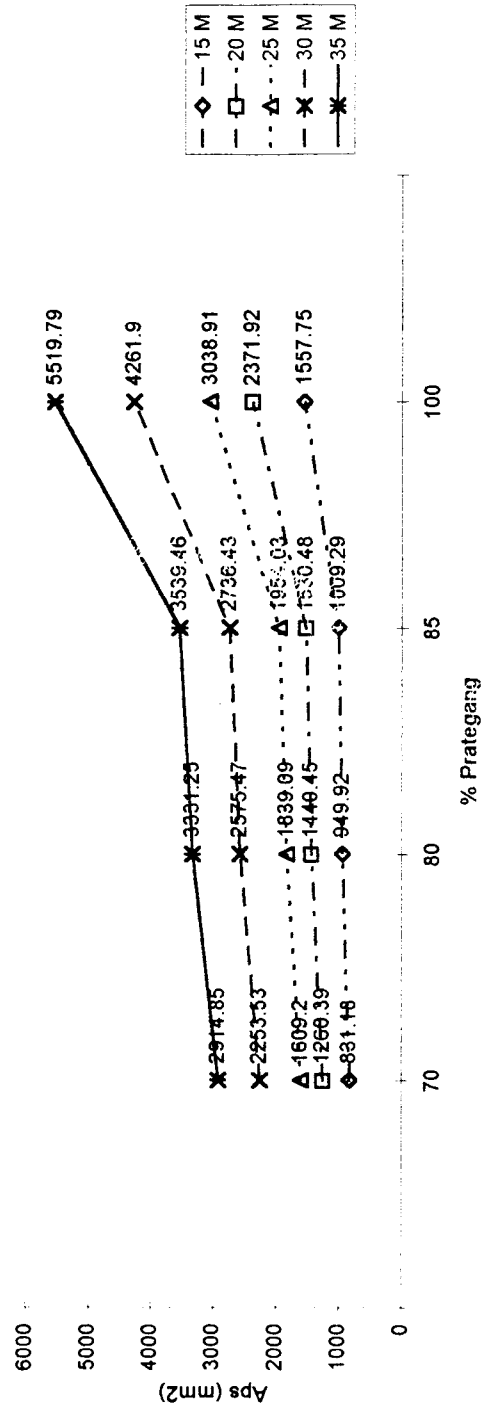
Grafik 5.1.1. Prosentase Prategang Terhadap Gaya Prategang Awal



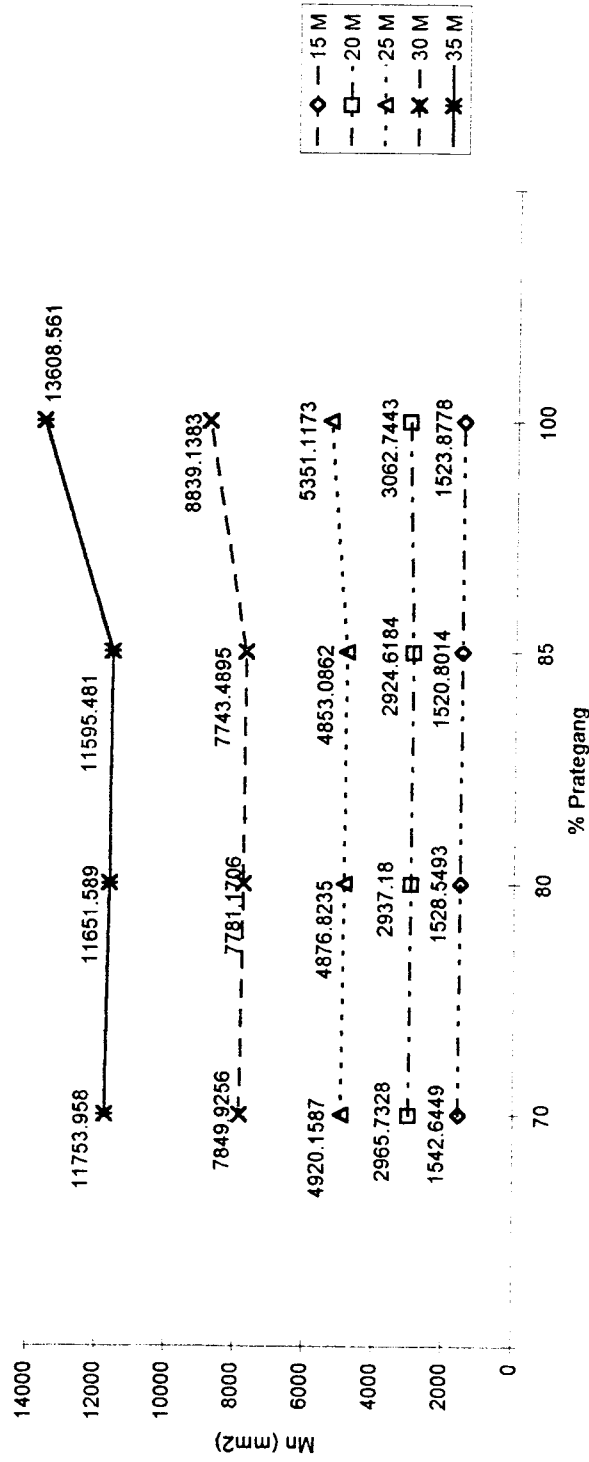
Grafik 5.2. Prosentase Prategang Terhadap Luasan Baja Non-Prategang



Grafik 5.3. Prosentase Prategang terhadap Luasan Baja Prategang.



Grapik 5.4. Prosentase Prategang Terhadap Momen Nominal



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dari Bab I sampai dengan Bab V, disini dapat disimpulkan sebagai berikut ini:

1. Pengurangan besarnya gaya prategang dalam desain prategang parsial menjadi dasar dalam pengurangan jumlah serat tendon yang digunakan. Pada prategang parsial 70 % gaya prategang kapasitas momen yang didapat mendekati prategang penuh (100%). Cara tersebut dilakukan dengan memberikan sejumlah tulangan non-prategang, sehingga kapasitas dapat ditingkatkan.
2. Tegangan pada beban kerja.
Pengurangan jumlah tendon akan memperbesar tegangan yang terjadi saat beban kerja maupun beban layan. Dengan demikian akan berpengaruh terhadap kemampuan betonnya dengan kata lain mengoptimalkan sifat beton dalam menahan desak.
3. Pada desain prategang parsial, eksentrisitas maksimum yang terjadi semakin kecil. Hal ini berarti secara keseluruhan mengurangi panjang tendon yang diperlukan.

4. Dengan adanya tulangan non-prategang pada prategang parsial, secara umum biaya konstruksi akan lebih murah dan daya dukung tetap sama dibanding dengan penggunaan baja prategang penuh.
5. Dari hasil hitungan kami peroleh efisiensi perencanaan terjadi pada prategang parsial 30 %.

6.2. Saran

1. Pada konstruksi balok T untuk struktur gedung hendaknya pengerjaan pelat dilaksanakan secara menyatu dengan baloknya atau harus diusahakan didapat lekatan yang efektif antara balok dan pelat.
2. Untuk penulisan selanjutnya tentang studi banding beton prategang penuh dengan prategang parsial, hendaknya ditinjau pula seberapa besar lentur yang terjadi pada kedua prategang tersebut.
3. Untuk mengantisipasi semakin berkembangnya teknologi dan ilmu pengetahuan dimana beton prategang parsial akan sering digunakan pada pembangunan bidang teknik sipil. Hendaknya ada mata kuliah prategang parsial yang diajarkan pada bangku kuliah teknik sipil.
4. Perlu adanya kerja sama yang lebih jauh lagi antara pihak akademisi dengan instansi terkait juga para praktisi dilapangan untuk mengetahui lebih jauh tentang desain prategang khususnya prategang parsial.

DAFTAR PUSTAKA

1. T.Y. Lin, 1988, **DESAIN STRUKTUR BETON PRATEGANG**, jilid 1 dan 2, edisi ketiga, Erlangga Jakarta.
2. Krishna Raju N, 1987, **BETON PRATEGANG**, edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
3. American Concrete Institute, 1978, **COMENTARY ON BUILDING CODE FOR REINFORCED CONCRETE (ACI 318M-83)**.
4. Naaman, AE, 1982, **PRESTRESSED CONCRETE ANALYSIS AND DESIGN**, Mc Graw-Hill Book Company, New York.
5. Kadir Aboe, 1992, **BETON PRATEGANG**, STUDI INDIVIDUAL DALAM TEKNIK STRUKTUR II, Program Teknik Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Pasca Sarjana ITB, Bandung.
6. Departemen Pekerjaan Umum, 1991, **TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG SK-SNI T-15 1991**, Yayasan LPMB, Bandung.
7. Arthur H. Nilson, 1991, **DESIGN OF CONCRETE STRUCTURE**, Mc. Graw Hill International Edition, Eleventh Edition.
8. Arthur H. Nilson, 1978, **DESIGN OF PRESTRESSED CONCRETE**, Second Edition.
9. VSL Indonesia, **TABEL SPESIFIKASI TENDON**.
10. Preston, 1967, **MODERN PRESTRESSED CONCRETE**, Mc Graw Hill Book Company.

LAMPIRAN



LAMPIRAN 1. SURAT PENGESAHAN TUGAS AK
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 68554

Nomor : 752/C.08.03/JTS/III/96 Yogyakarta, 29 MARET 1996
Lamp. : -
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR.

Kepada Yth. :
Bapak IR. M. SAMSUDIN
di -
YOGYAKARTA.

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak/Ibu agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : ARI SAPTOYUONO
No. Mhs. : 88 310 032
N.I.R.M. : 88 501 4330 030
Bidang Studi : KONSTRUKSI
Tahun Akademi : 1995-1996
2. Nama : RACHMAT WIJAYA
No. Mhs. : 90 310 150
N.I.R.M. : 900051 - 131
Bidang Studi : KONSTRUKSI

Dapat diberikan petunjuk-petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir. Mahasiswa tersebut berkelompok dengan dosen Pembimbing sbb. :

Dosen Pembimbing I : IR.M. SAMSUDIN
Dosen Pembimbing II : IR.A. KADIR ABOE, MS

Dengan mengambil topik : STUDI PERBANDINGAN ANALISA DAN DESAIN BALOK PRATEGANG PENUH DENGAN PRATEGANG PARSIAL Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

an. Dekan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil,



Tembusan Kepada Yth. :
- Mahasiswa ybs.
- Arsip.



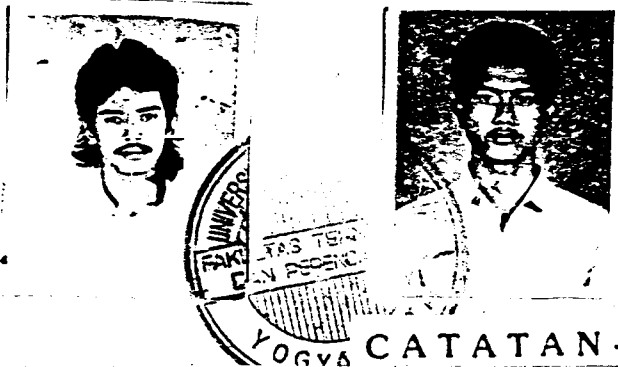
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	Ari Saptoyuono	88 310 032		Konstruksi
2.	Rachmat Wijaya	90 310 150		Konstruksi

Dosen Pembimbing I : Ir. M. Samsudin
 Dosen Pembimbing II : Ir. A. Kadir Abor, MS.
 1. 2

Yogyakarta, 29 Maret 1996
 A/n Dekan.



[Handwritten Signature]
 (Ir. Bb. Sulistiono, MSCE.)

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN	Paraf
1	28/05/96	1	- perbaikan & Hiccup - Kaitikan, pustaka?	<i>[Signature]</i>
2	11/06/96		- Teori matega parsial? - perbaikan	<i>[Signature]</i>
3	1/08/96		→ kontrol/nemisa sama dalam	<i>[Signature]</i>
4	8/08/96		- perbaikan/temple	<i>[Signature]</i>
5	14/09/96		- perbaikan perbaikan	<i>[Signature]</i>
6	02/10/96		- perbaikan - dapat ditunjukkan ke Dosen Pembimbing I	<i>[Signature]</i>
7	09/10-96		- Ceramah, heningin salah lebih, halimat shway hem dsb. - perbaikan tulisan tayar fad. gambar. - lehyagi fdi siap diperbaiki.	<i>[Signature]</i>
8	14/10-96		→ perbaikan	<i>[Signature]</i>

```

10 CLS
20 PRINT TAB(10); "*****"
30 PRINT TAB(10); "*          DESAIN BALOK PRATEGANG          *"
40 PRINT TAB(10); "*          TAMPANG T          *"
50 PRINT TAB(10); "*****"
55 '
60 PRINT : PRINT : PRINT
70 INPUT "f'c (MPa) = ", FCP: PRINT
80 INPUT "fpu (MPa) = ", FPU: PRINT
90 FPY = .85 * FPU
100 INPUT "fy (MPa) = ", FY: PRINT
110 INPUT "Panjang Bentang L (m) = ", L: PRINT : L = L * 1000
120 INPUT "LOP (%) = ", LOP: PRINT
130 R = (1 - LOP)
140 PRINT TAB(10); "R (%) = "; R: PRINT
145 OK$ = " "
150 PRINT : INPUT "Data Benar (Y/N) = ", OK$: IF OK$ = "Y" OR OK$ = "Y" THEN PR
NT : GOTO 170
155 PRINT : CLS : GOTO 60
160 '***** Tegangan Ijin Menurut SKSNI 1991 (MPa)
170 FCI = .6 * FCP
180 FTI = .25 * (SQR(FCP))
190 FCS = .45 * FCP
200 FTS = .5 * (SQR(FCP))
210 PRINT : PRINT TAB(10); "TEGANGAN IJIN BETON MENURUT SKSNI 1991 (MPa)"
220 PRINT TAB(10); "=====": PRINT
230 G$ = "#,###,###,###.###"
240 PRINT TAB(10); "fci (MPa) = "; USING G$; FCI: PRINT
250 PRINT TAB(10); "fti (MPa) = "; USING G$; FTI: PRINT
260 PRINT TAB(10); "fcs (MPa) = "; USING G$; FCS: PRINT
270 PRINT TAB(10); "fts (MPa) = "; USING G$; FTS: PRINT
280 '
290 '***** Input Data Beban *****
300 PRINT TAB(10); "BEBAN-BEBAN YANG BEKERJA"
310 PRINT TAB(10); "=====": PRINT : PRINT
320 INPUT "Asumsi Berat Sendiri WBS (KN/m) = ", WBS: PRINT
330 INPUT "Beban Mati WBD (KN/m) = ", WBD: PRINT
340 INPUT "Beban Hidup WL (KN/m) = ", WL: PRINT
350 '
360 '***** PERHITUNGAN MOMEN *****
370 MO = 1 / 8 * WBS * (L ^ 2)
380 MD = 1 / 8 * WBD * (L ^ 2)
390 ML = 1 / 8 * WL * (L ^ 2)
398 PRINT : OK$ = " ": INPUT "Data Benar (Y/T) = ", OK$: IF OK$ = "Y" OR OK$ =
y" THEN PRINT : GOTO 405
400 PRINT : CLS : GOTO 170
402 '***** MENGHITUNG MODULUS PENAMPANG RENCANA *****
405 J$ = "#,###,###,###.###"
410 SA = (((1 - R) * MO) + (MD + ML)) / ((R * FTI) - (-FCS))
420 SB = (((1 - R) * MO) + (MD + ML)) / (FTS - (R * (-FCI)))
430 PRINT TAB(10); "SA (mm3) = "; USING J$; SA: PRINT
440 PRINT TAB(10); "SB (mm3), = "; USING J$; SB: PRINT
450 PRINT TAB(10); "PERENCANAAN DIDASARKAN ATAS NILAI S YANG TERBESAR": PRINT
460 INPUT "Masukkan Nilai S Yang Dipakai = ", S: PRINT
470 '
480 '***** MENGHITUNG DIMENSI PENAMPANG *****
490 H1 = (1 / 25) * L: H2 = (1 / 17) * L
510 PRINT : PRINT
520 M$ = "###.###"
530 PRINT TAB(10); "Tinggi Tampang Minimum h(mm) = "; H1: PRINT
535 PRINT TAB(10); "Tinggi Tampang Maksimum h(mm) = "; H2: PRINT

```

```

540 INPUT "Tinggi Tampang Yang Dipakai antara h1 & h2, h(mm) = ", H: PRINT
541
550 PRINT ; TAB(10); "*** MASUKKAN KOEFISIEN BERIKUT BERDASARKAN TABEL ***": PR
551
560 INPUT "bw / b = ", BWB
570 INPUT "hf / h = ", HFH
580 INPUT "ct = ", CT
590 INPUT "cb = ", CB
600 INPUT "Ic = ", IC
610 INPUT "Ac = ", AC
615 PRINT ; OK$ = " ": INPUT "Data Benar (Y/T) = ", OK$: IF OK$ = "Y" OR OK$ =
616 y" THEN PRINT : GOTO 620
616 PRINT : CLS : GOTO 405
620 IF IC < 0 THEN 600
630 B1 = S * CT / (IC * H ^ 2): B2 = S * CB / (IC * H ^ 2)
640 IF B1 < B2 THEN B = B1: GOTO 670
650 B = B2
660 ***** Menghitung b berdasarkan nilai S terbesar
670 PRINT : PRINT TAB(10); "St = "; B1: PRINT TAB(10); "Sb = "; B2: PRINT
680 N$ = "###,###,###,###.###": PRINT
690 PRINT TAB(10); "B(mm) = "; USING N$: B: PRINT : PRINT
710 ***** Dimensi Penampang Menjadi *****
720 BW = BWB * B: HF = HFH * H: CT = CT * H: CB = CB * H:
730 IC = IC * B * (H ^ 3): AC = AC * B * H
740 PRINT
750 P$ = "###,###,###,###,###.##"
760 PRINT TAB(10); "bw (mm) = "; USING P$: BW: PRINT
770 PRINT TAB(10); "hf (mm) = "; USING P$: HF: PRINT
780 PRINT TAB(10); "Ct (mm) = "; USING P$: CT: PRINT
790 PRINT TAB(10); "Cb (mm) = "; USING P$: CB: PRINT
800 PRINT TAB(10); "Ic (mm4) = "; USING P$: IC: PRINT
810 PRINT TAB(10); "Ac (mm2) = "; USING P$: AC: PRINT
820
830 ***** Menghitung WO Berdasarkan Disain Penampang *****
840 PRINT : PRINT
850 INPUT "BJ (kn/m3) = ", BJ: PRINT : BJ = BJ * (10 ^ -6)
860 WO = AC * BJ
865 PRINT TAB(10); "WO BERAT SENDIRI HITUNGAN (KN/M)="; USING P$: WO: PRINT
870 IF WO < WBS THEN WO = WBS: GOTO 920
880 PRINT : PRINT
890 PRINT TAB(10); "BERAT SENDIRI LEBIH BESAR DARI BERAT SENDIRI TAKSIRAN ": PR
891 IT
900 PRINT TAB(10); "DESAIN HARUS DIRUBAH ": PRINT
910 GOTO 540
915
920 PRINT TAB(10); "BERAT SENDIRI LEBIH KECIL DARI BERAT TAKSIRAN ": PRINT
930 PRINT TAB(10); "DIPAKAI BERAT SENDIRI HITUNGAN": PRINT
940 MO1 = (1 / B) * WO * (L ^ 2)
950 PRINT TAB(10); "MO1 ="; USING P$: MO1: PRINT
960
970 ***** Menghitung Besar Gaya Prategang *****
980
990 ***** Tegangan Beton Pada Pusat Beton (fcci)
000 FCCI = FTI - ((CT / H) * (FTI - (-FCI)))
010 PRINT TAB(10); "fcci = "; USING P$: FCCI: PRINT
011
020 ***** Gaya Prategang Awal (Pi)
030 PI = ABS(AC * FCCI): PRINT TAB(10); "Pi = "; USING P$: PI: PRINT
035
040 ***** Gaya Prategang Efektif (Pe)
050 PE = R * PI: PRINT TAB(10); "Pe = "; USING P$: PE: PRINT
055

```

```

.060 'Menghitung Luas Baja Prategang
1070 FPS2 = .74 * FPU: FPS1 = .82 * FPY
1080 IF FPS2 > FPS1 THEN FPS = FPS1: GOTO 1100
1090 FPS = FPS2
1100 PRINT TAB(10); "fps1 = "; USING P$; FPS1: PRINT
1210 '
1220 'Luas Baja Prategang yang Diperlukan (Aps)
1230 APS = PI / FPS1
1240 PRINT TAB(10); "Aps = "; USING P$; APS: PRINT
1250 '
1260 'Rencana Letak Tendon
1265 INPUT "ASP LUAS SELONGSONG PRATEGANG =", ASP: PRINT
1270 INPUT "Np' = ", NP: PRINT
1275 ACC = (NP - 1) * APS
1280 INPUT "DD (mm) = ", DD: PRINT
1295 ACN = AC - ASP
1296 PRINT TAB(10); "Ac Netto = "; USING P$; ACN: PRINT
1300 HW = H - HF
1302 PRINT : OK$ = " ": INPUT "Data Benar (Y/T) = ", OK$: IF OK$ = "Y" OR OK$ =
"y" THEN PRINT : GOTO 1305
1303 PRINT : CLS : GOTO 1270
1305 PRINT TAB(10); "HW = "; USING P$; HW: PRINT
1306 '
1310 CTT = (((HF * B * (1 / 2 * HF)) + (BW * HW * (HF + (HW / 2)))) - (ASP * (H
DD)))) / ACN
1320 PRINT TAB(10); "Ctt Tinggi Garis Netral Dari Sisi Atas = "; USING P$; CTT
PRINT
1330 CBB = H - CTT
1340 PRINT TAB(10); "Cbb Tinggi Garis Netral Dari Sisi Bawah = "; USING P$; CBB
PRINT
2135 '
1355 '***** Rumus ini dibuat tiga bagian
1360 '
1361 ICN1 = ((1 / 12) * B * (HF ^ 3)) + B * HF * ((CTT - (HF / 2)) ^ 2)
1362 ICN2 = ((1 / 12) * BW * (HW ^ 3)) + BW * HW * ((CBB - (HW / 2)) ^ 2)
1363 ICN3 = ASP * ((CBB - DD) ^ 2)
1365 ICN = ICN1 + ICN2 - ICN3
1370 PRINT TAB(10); "Ic Netto = "; USING P$; ICN: PRINT
1380 '***** Menghitung Eksentrisitas Perencanaan
1390 SAA = ICN / CTT: SBB = ICN / CBB
1400 PRINT TAB(10); "Saa = "; USING P$; SAA: PRINT
1405 PRINT TAB(10); "Sbb = "; USING P$; SBB: PRINT
1406 '
1410 '***** Serat Atas
1411 X1 = FTI - FCCI
1412 X2 = FCCI - (-FCI)
1413 PRINT TAB(10); "X1="; USING P$; X1: PRINT
1414 PRINT TAB(10); "X2="; USING P$; X2: PRINT
1420 E1 = (X1 * SAA / PI) + ((MO1) / PI)
1430 E2 = (X2 * SBB / PI) + ((MO1) / PI)
1440 PRINT TAB(10); "e1 = "; USING P$; E1: PRINT
1450 PRINT TAB(10); "e2 = "; USING P$; E2: PRINT
1455 ERN = CBB - DD
1460 PRINT TAB(10); "e Rencana = "; USING P$; ERN: PRINT
1480 INPUT "E' Eksentrisitas Perencanaan = "; E: PRINT
1490 '
1491 PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanjutnya, Tekan ENTER ", IENTER: PRINT
1500 PRINT TAB(10); "KONTROL TEGANGAN BETON DAN TENDON"
1510 PRINT TAB(10); "wd = BERAT MATI TAMPA BERAT SENDIRI (kn/m)"
1520 INPUT "WD' = ", WD: PRINT
1530 WOA = WO + .75 * WD
1540 MOA = (1 / 8) * WOA * (L ^ 2)

```

```

1541 WOA1 = WO + WD
1542 MOA1 = (1 / B) * WOA1 * (L ^ 2)
1543 PRINT TAB(10); "MOA  ="; USING P$; MOA: PRINT
1544 PRINT TAB(10); "MOA1  ="; USING P$; MOA1: PRINT
1550 '
1560 PRINT TAB(10); "Tegangan Saat Transfer (Awal)"
1570 PRINT TAB(10); "Tegangan Beton"
1580 FA = (-PI / ACN) + ((PI * E * CTT) / ICN) - ((MOA * CTT) / ICN)
1585 PRINT TAB(10); "FA Tegangan Serat Atas Awal  = "; USING P$; FA: PRINT
1590 IF FA < FTI THEN PRINT TAB(10); "<<<< Tegangan Serat Atas Aman >>>>": GOTO
1620
1600 PRINT TAB(10); "<<<< Tegangan Serat Atas Tidak Aman >>>>": GOTO 540
.610 '
1620 FB = (-PI / ACN) - ((PI * E * CBB) / ICN) + ((MOA * CBB) / ICN)
1625 PRINT TAB(10); "FB Tegangan Serat Bawah Awal = "; USING P$; FB: PRINT
1630 IF FB < FCI THEN PRINT TAB(10); "<<<< Tegangan Serat Bawah Aman >>>> ": PR
NT : GOTO 1650
1640 PRINT TAB(10); "<<<< Tegangan Serat Bawah Tidak Aman >>>>": PRINT : GOTO 5
0
1641 '
1650 IF FA < 0 AND FB < 0 THEN 1660
1660 PRINT TAB(10); "Tegangan Tandon ": PRINT
1680 'Apabila FA dan FB (Negatip dan negatip)
1690 FCT = ((H - DD) / H) * FB
1700 FSE = FPS1 + (NP * FCT)
1710 GOTO 1762
1715 '
1720 'Apabila Terjadi FA & FB (Positip & Negatip)
1730 Y1 = (FA / (FA + FB)) * H
1740 Y2 = H - Y1
.750 FCT = ((Y2 - DD) / Y2) * FB
.760 FSE = FPS1 + (NP * FCT)
.761 PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanjutnya, Tekan ENTER ", IENTER: PRINT
.762 PRINT TAB(10); "FPS1 = "; USING P$; FPS1: PRINT
.763 PRINT TAB(10); "FCT  = "; USING P$; FCT: PRINT
.764 PRINT TAB(10); "FSE  = "; USING P$; FSE: PRINT
.765 PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanjutnya, Tekan ENTER ", IENTER: PRINT
.770 PRINT TAB(10); "Tegangan saat layan (akhir) ": PRINT
1771 ACT = AC + ACC
1772 PRINT TAB(10); "Dipakai AC = AC Transformasi (ACT) = "; USING P$; ACT: PRI
:
1773 CTA = ((HF * B * (HF / 2)) + (BW * HW * (HF + (HW / 2)))) - (ACC * (H - DD)
/ ACT
.774 PRINT TAB(10); "Cta' Jarak Garis Netral Dari Sisi Atas = "; USING P$; CTA:
PRINT
.775 CBA = H - CTA: EA = CBA - DD
.776 PRINT TAB(10); "Cba' Jarak Garis Netral Dari Sisi Bawah ="; USING P$; CBA:
PRINT
.777 PRINT TAB(10); "Esentrisitas Transpormasi = "; USING P$; EA: PRINT
778 '
779 IT1 = ((1 / 12) * B * (HF ^ 3)) + B * HF * ((CTA - (HF / 2)) ^ 2)
780 IT2 = ((1 / 12) * BW * (HW ^ 3)) + BW * HW * ((CBA - (HW / 2)) ^ 2)
781 IT3 = ACC * (EA ^ 2)
783 ITR = IT1 + IT2 + IT3
784 PRINT TAB(10); "ITR = "; USING P$; ITR: PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanju
ya, Tekan ENTER "; IENTER
785 'Tegangan Beton
786 FAL = (-PE / ACT) + ((PE * EA * CTA) / ITR) - (((MOA1 + ML) * CTA) / ITR)
787 FBL = (-PE / ACT) - ((PE * EA * CBA) / ITR) + (((MOA1 + ML) * CBA) / ITR)
788 PRINT TAB(10); "FAL Tegangan Serat Atas Akhir  = "; USING P$; FAL: PRINT
789 PRINT TAB(10); "FBL Tegangan Serat Bawah Akhir = "; USING P$; FBL: PRINT
790 '

```

```

1800 IF FAL < 0 AND FBL < 0 THEN 1810
1810 PRINT TAB(10); "TEGANGAN TENDON ": PRINT
1830 '
1840 'Apabila FAL dan FBL (Negatip dan negatip)
1850 FCTL = ((DD / H) * FAL) - FBL
1860 FSEL = FPS1 + (NP * FCTL)
1870 GOTO 1950
1880 '
1890 'Apabila FAL dan FBL (Negatip dan Positip)
1910 Y2L = (FBL / (FAL + FBL)) * H
1920 Y1L = H - Y2L
1925 FCTL = ((DD - Y1L) / Y2L) * FAL
1930 FSEL = FPS1 + (NP * FCTL)
1940 '
1950 PRINT TAB(10); "FPS1 = "; USING P$; FPS1: PRINT
1960 PRINT TAB(10); "FCTL = "; USING P$; FCTL: PRINT
1970 PRINT TAB(10); "FSEL = "; USING P$; FSEL: PRINT
1980 '
1990 PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanjutnya, Tekan ENTER ", IENTER: PRINT
2000 PRINT TAB(10); "MENGHITUNG KAPASITAS MOMEN": PRINT
2010 PRINT TAB(10); "Cara Pendekatan SKSNI 1991": PRINT
2020 PRINT TAB(10); "BETA 1 ( Koefisien tergantung dari mutu beton (f'c)": PRIN
2030 PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanjutnya, Tekan ENTER ", IENTER: PRINT
2050 B1 = .85 - .008 * (FCP - 30): GOTO 2080
2070 '
2080 PRINT : PRINT TAB(10); "BETA 1 = "; USING G$; B1: PRINT
2090 RO = APS / (B * (H - DD)): PRINT
2100 PRINT TAB(10); "RO (ro) Rasio Penulangan = "; USING G$; RO: PRINT
2110 '
2120 'GAMA P = Faktor Jenis Baja Prategang
2140 GP = .4: PRINT
2150 PRINT TAB(10); "GAMA P = Faktor Jenis Baja Prategang = "; USING G$; GP
PRINT
2160 PRINT TAB(10); "FPS1 ( Tegangan Tarik Tulangan Prategang ) ": PRINT
2170 FPS3 = FPU * (1 - ((GP * RO * FPU) / (B1 * FCP)))
2180 PRINT TAB(10); "FPS3 = "; USING P$; FPS3: PRINT
2190 MU = (1.2 * MOA1) + (1.6 * ML)
2200 MNP = MU / .8
2210 PRINT TAB(10); "MNP : Momen Batas = "; USING P$; MNP: PRINT
2220 PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanjutnya, Tekan ENTER ", IENTER: PRINT
2230 'Momen Nominal
2240 YGN = (APS * FPS3) / (.85 * B * B1 * FCP)
2250 PRINT TAB(10); "YGN ="; USING P$; YGN: PRINT
2260 '
2270 'Batasan tulangan prategang dan non-prategang
2280 WP = (RO * FPS3) / FCP
2285 PRINT TAB(10); "WP ="; USING G$; WP: PRINT
2290 '
2300 IF YGN < HF THEN 2305
2302 GOTO 2415
2305 IF WP < .3 THEN 2340
2310 '
2320 'MOMEN NOMINAL
2330 MN = .25 * FCP * B * (H - DD) ^ 2
2335 GOTO 2350
2340 MN = APS * FPS3 * ((H - DD) - (YGN / 2))
2350 PRINT TAB(10); "MN = "; USING P$; MN: PRINT
2390 IF MN >= MNP THEN 2520
2400 GOTO 2500
2410 '
2415 IF WP > .3 THEN 2430

```

```

2417 GOTO 2454
2420 `*** MN1 = Momen Nominal Badan, MN2 = Momen Nominal Sayap
2430 MN1 = .85 * FCP * BW * YGN * ((H - DD) - (YGN / 2))
2440 MN2 = .85 * FCP * (B - BW) * HF * ((H - DD) - (HF / 2))
2450 MN = MN1 + MN2
2452 GOTO 2460
2454 MN1 = APS * FPS3 * ((H - 40) - (YGN / 2))
2456 MN2 = APS * FPS3 * ((H - 40) - (HF / 2))
2458 MN = MN1 + MN2
2460 PRINT TAB(10); "MN = "; USING P$; MN: PRINT
2470 IF MN >= MNP THEN 2520
2480 GOTO 2500
2490 `
2500 PRINT : PRINT TAB(10); "<<< GAYA PRATEGANG DIPERBESAR >>> ": GOTO 1000
2510 `
2520 PRINT TAB(10); "      <<<< Tampang Aman >>>>          ": PRINT
2525 `
2527 INPUT "WIT/ARI MAU LANJUT KE PARSIAL (Y/N)"; y$: PRINT
2530 IF y$ = "Y" OR y$ = "y" THEN 2540 ELSE 2535
2535 PRINT TAB(10); "**** PROGRAM FULL SELESAI WIT/ARI ****": END
2537 `
2540 PRINT TAB(10); "PERENCANAAN BALOK PRATEGANG PARSIAL": PRINT
2550 PRINT : INPUT "(%) Gaya Prategang Yang Telah Dikurangi = ", PAR: PRINT
2560 PIP = PAR * PI
2565 PEP = R * PIP
2570 PRINT TAB(10); "Gaya Prategang Parsial Awal = "; USING P$; PIP: PRINT
2580 APSP = PIP / FPS3
2590 PRINT TAB(10); "Luas Baja Prategang Parsial = "; USING P$; APSP: PRINT
2600 ASN = (MNP - APSP * FPS3 * ((H - DD) - (YGN / 2))) / (FY * ((H - 40) - (YGN / 2)))
2610 PRINT TAB(10); "Luas Baja Non Prategang          = "; USING P$; ASN: PRINT
2620 `
2650 `Rencana Letak Tendon
2660 INPUT "Nb` = ", NB: PRINT
2670 INPUT "ASPP` =", ASPP: PRINT
2680 ASN1 = (NB - 1) * ASN
2690 ACCP = (NP - 1) * APSP
2710 ACNP = AC - ASPP - ASN1
2720 PRINT TAB(10); "Ac Netto = "; USING P$; ACNP: PRINT
2730 PRINT : OK$ = " ": INPUT "Data Benar (Y/T) = ", OK$: IF OK$ = "Y" OR OK$ = "y" THEN PRINT : GOTO 2760
2740 PRINT : CLS : GOTO 2660
2750 `
2760 CTPP = ((HF * B * (1 / 2 * HF)) + (BW * HW * (HF + (HW / 2))) - ((ASPP * (H - DD)) + (ASN1 * (H - 40)))) / ACNP
2770 PRINT TAB(10); "Cttp Tinggi Garis Netral Dari Sisi Atas = "; USING P$; CTPP: PRINT
2780 CBBP = H - CTPP
2790 PRINT TAB(10); "Cbbp Tinggi Garis Netral Dari Sisi Bawah = "; USING P$; CBBP: PRINT
2800 `
2810 `***** Rumus ini dibuat empat bagian
2820 `
2830 ICNP1 = ((1 / 12) * B * (HF ^ 3)) + B * HF * ((CTPP - (HF / 2)) ^ 2)
2840 ICNP2 = ((1 / 12) * BW * (HW ^ 3)) + BW * HW * ((CBBP - (HW / 2)) ^ 2)
2850 ICNP3 = ASPP * ((CBBP - DD) ^ 2)
2860 ICNP4 = ASN1 * ((CBBP - 40) ^ 2)
2870 ICNP = ICNP1 + ICNP2 - ICNP3 - ICNP4
2880 PRINT TAB(10); "Ic Netto = "; USING P$; ICNP: PRINT
2890 `***** Menghitung Eksentrisitas Perencanaan
2900 SAAP = ICNP / CTPP: SBBP = ICNP / CBBP
2910 PRINT TAB(10); "Saap = "; USING P$; SAAP: PRINT
2920 PRINT TAB(10); "Sbbp = "; USING P$; SBBP: PRINT
2930 `

```

```

2940 '***** Serat Atas
2950 E1 = (X1 * SAAP / PI) + ((MO1) / PI)
2960 E2 = (X2 * SBBP / PI) + ((MO1) / PI)
2970 PRINT TAB(10); "e1 = "; USING P$; E1: PRINT
2980 PRINT TAB(10); "e2 = "; USING P$; E2: PRINT
2990 ERN = CBBP - DD
3000 PRINT TAB(10); "e Rencana = "; USING P$; ERN: PRINT
3010 INPUT "E' Eksentrisitas Perencanaan = "; E: PRINT
3020 '
3030 PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanjutnya, Tekan ENTER ", IENTER: PRINT
3040 PRINT TAB(10); "KONTROL TEGANGAN BETON DAN TENDON PARSIAL"
3050 '
3060 PRINT TAB(10); "Tegangan Saat Transfer (Awal)"
3070 PRINT TAB(10); "Tegangan Beton"
3080 FAP = (-PI / ACNP) + ((PI * E * CTP) / ICNP) - ((MOA * CTP) / ICNP)
3090 PRINT TAB(10); "FAP Tegangan Serat Atas Awal = "; USING P$; FAP: PRINT
3100 IF FAP < FTI THEN PRINT TAB(10); "<<<< Tegangan Serat Atas Aman >>>>": GOT
3120
3110 '
3120 FBP = (-PI / ACNP) - ((PI * E * CBBP) / ICNP) + ((MOA * CBBP) / ICNP)
3130 PRINT TAB(10); "FBP Tegangan Serat Bawah Awal = "; USING P$; FBP: PRINT
3140 IF FBP < FCI THEN PRINT TAB(10); "<<<< Tegangan Serat Bawah Aman >>>> ": P
INT : GOTO 3160
3150 '
3160 IF FA < 0 AND FB < 0 THEN 3170
3170 PRINT TAB(10); "Tegangan Tandon ": PRINT
3190 'Apabila FAP dan FBP (Negatip dan negatip)
3200 FCTP = ((H - DD) / H) * FBP
3210 FSEP = FPS1 + (NP * FCTP)
3220 GOTO 3310
3230 '
3240 'Apabila Terjadi FAP & FBP (Positip & Negatip)
3260 Y1P = (FAP / (FAP + FBP)) * H
3270 Y2P = H - Y1P
3280 FCTP = ((Y2P - DD) / Y2P) * FBP
3290 FSEP = FPS1 + (NP * FCTP)
3300 PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanjutnya, Tekan ENTER ", IENTER: PRINT
3310 PRINT TAB(10); "FPS1 = "; USING P$; FPS1: PRINT
3320 PRINT TAB(10); "FCTP = "; USING P$; FCTP: PRINT
3330 PRINT TAB(10); "FSEP = "; USING P$; FSEP: PRINT
3340 PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanjutnya, Tekan ENTER ", IENTER: PRINT
3350 PRINT TAB(10); "Tegangan saat layan (akhir) ": PRINT
3360 ACTP = AC + ACCP + ASN1
3370 PRINT TAB(10); "Dipakai AC = AC Transformasi (ACTP) = "; USING P$; ACTP: P
INT
3380 CTAP = ((HF * B * (HF / 2)) + (BW * HW * (HF + (HW / 2))) - ((ACCP * (H -
D)) + (ASN1 * (H - 40)))) / ACTP
3390 PRINT TAB(10); "Ctap' Jarak Garis Netral Dari Sisi Atas = "; USING P$; CTA
: PRINT
3400 CBAP = H - CTAP: EAP = CBAP - DD
3410 PRINT TAB(10); "Cbap' Jarak Garis Netral Dari Sisi Bawah ="; USING P$; CBA
: PRINT
3420 PRINT TAB(10); "Esentrisitas Transpormasi = "; USING P$; EAP: PRINT
3430 '
3440 ITP1 = ((1 / 12) * B * (HF ^ 3)) + B * HF * ((CTAP - (HF / 2)) ^ 2)
3450 ITP2 = ((1 / 12) * BW * (HW ^ 3)) + BW * HW * ((CBAP - (HW / 2)) ^ 2)
3460 ITP3 = ACCP * ((CBAP - DD) ^ 2)
3470 ITP4 = ASN1 * ((CBAP - 40) ^ 2)
3480 ITP = IT1 + IT2 + IT3 + ITP4
3490 PRINT TAB(10); "ITP = "; USING P$; ITP: PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanju
ya, Tekan ENTER "; IENTER

```



```

3500 `Tegangan Beton
3510 FALP = (-PE / ACTP) + ((PE * EAP * CTAP) / ITP) - (((MOA1 + ML) * CTAP) /
FP)
3520 FBLP = (-PE / ACTP) - ((PE * EAP * CBAP) / ITP) + (((MOA1 + ML) * CBAP) /
FP)
3530 PRINT TAB(10); "FALP Tegangan Serat Atas Akhir = "; USING P$; FALP: PRINT
3540 PRINT TAB(10); "FBLP Tegangan Serat Bawah Akhir = "; USING P$; FBLP: PRINT
3550 `
3560 IF FALP < 0 AND FBLP < 0 THEN 3570
3570 PRINT TAB(10); "TEGANGAN TENDON ": PRINT
3590 `
3600 `Apabila FALP dan FBLP (Negatip dan negatip)
3610 FCTLA = ((DD / H) * FALP) - FBLP
3620 FSELA = FPS1 + (NP * FCTLA)
3630 GOTO 3720
3640 `
3650 `Apabila FALP dan FBLP (Negatip dan Positip)
3670 Y2L = (FBLP / (FALP + FBLP)) * H
3680 Y1L = H - Y2L
3690 FCTLA = ((DD - Y1L) / Y2L) * FALP
3700 FSELA = FPS1 + (NP * FCTLA)
3710 `
3720 PRINT TAB(10); "FPS1 = "; USING P$; FPS1: PRINT
3730 PRINT TAB(10); "FCTLA = "; USING P$; FCTLA: PRINT
3740 PRINT TAB(10); "FSELA = "; USING P$; FSELA: PRINT
3750 `
3760 PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanjutnya, Tekan ENTER ", IENTER: PRINT
3800 PRINT TAB(10); "MENGHITUNG KAPASITAS MOMEN": PRINT
3810 PRINT TAB(10); "Cara Pendekatan SKSNI 1991": PRINT
3820 PRINT TAB(10); "BETA 1 ( Koefisien tergantung dari mutu beton (f'c)": PRIN
3830 PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanjutnya, Tekan ENTER ", IENTR: PRINT
3850 B1 = .85 - .008 * (FCP - 30)
3860 PRINT : PRINT TAB(10); "BETA 1 = "; USING G$; B1: PRINT
3870 `
3880 RO1 = ASN / (B * (H - 40)): PRINT
3890 RO2 = APSP / (B * (H - DD)): PRINT
3895 PRINT TAB(10); "RO1 (ro1) Rasio Penulangan = "; USING G$; RO1: PRINT
3900 PRINT TAB(10); "RO2 (ro2) Rasio Penulangan = "; USING G$; RO2: PRINT
3910 `
3920 `GAMA P = Faktor Jenis Baja Prategang
3930 GP = .4: PRINT
3940 PRINT TAB(10); "GAMA P = Faktor Jenis Baja Prategang = "; USING G$; GP
PRINT
3950 `
3960 PRINT TAB(10); "FPS4 ( Tegangan Tarik Tulangan Prategang ) ": PRINT
3970 FPS4 = FPU * (1 - ((GP * RO2 * FPU) / (B1 * FCP)))
3980 PRINT TAB(10); "FPS4 = "; USING P$; FPS4: PRINT
3985 `
3990 MU = (1.2 * MOA1) + (1.6 * ML)
4000 MNPP = MU / .8
4010 PRINT TAB(10); "MNPP : Momen Batas = "; USING P$; MNPP: PRINT
4020 PRINT : INPUT "Lihat Hasil Selanjutnya, Tekan ENTER ", IENTER: PRINT
4025 `
4030 YGN = ((APSP * FPS4) + (ASN * FY)) / (.85 * B * B1 * FCP)
4040 PRINT TAB(10); "YGN ="; USING P$; YGN: PRINT
4050 `
4060 `Batasan tulangan prategang dan non-prategang
4065 WP1 = (RO1 * FY) / FCP
4070 WP2 = (RO2 * FPS4) / FCP
4073 PRINT TAB(10); "WP1 ="; USING G$; WP1: PRINT
4075 PRINT TAB(10); "WP2 ="; USING G$; WP2: PRINT
4078 WP = WP1 + WP2

```

```

080 PRINT TAB(10); "WP  ="; USING G$; WP: PRINT
085 '
090 IF YGN < HF THEN 4110
100 GOTO 4205
110 IF WP < .3 THEN 4155
120 '
130 'MOMEN NOMINAL
140 MN = .25 * FCP * B * (H - DD) ^ 2 + ASN * FY * (H - 40)
150 GOTO 4170
155 D = ((APSP * FPS4 * (H - DD)) + (ASN * FY * (H - 40))) / ((APSP * FPS4) +
ASN * FY))
160 MN = (APSP * FPS4 * (D - (YGN / 2))) + (ASN * FY * (D - (YGN / 2)))
170 PRINT TAB(10); "MN  = "; USING P$; MN: PRINT
180 IF MN >= MNPP THEN 4330
190 GOTO 4320
200 '
205 IF WP > .3 THEN 4215
207 GOTO 4247
210 '*** MN1 = Momen Nominal Badan, MN2 = Momen Nominal Sayap
215 D = ((APSP * FPS4 * (H - DD)) + (ASN * FY * (H - 40))) / ((APSP * FPS4) +
ASN * FY))
220 MN1 = .85 * FCP * BW * YGN * (D - (YGN / 2))
230 MN2 = .85 * FCP * (B - BW) * HF * (D - (HF / 2))
240 MN = MN1 + MN2
245 GOTO 4280
247 D = ((APSP * FPS4 * (H - DD)) + (ASN * FY * (H - 40))) / ((APSP * FPS4) +
ASN * FY))
250 MN1 = (APSP * FPS4 + ASN * FY) * (D - (YGN / 2))
260 MN2 = (APSP * FPS4 + ASN * FY) * (D - (HF / 2))
270 MN = MN1 + MN2
280 PRINT TAB(10); "MN  = "; USING P$; MN: PRINT
290 IF MN >= MNPP THEN 4330
300 GOTO 4320
310 '
320 PRINT : PRINT TAB(10); "<<<< GAYA PRATEGANG DIPERBESAR >>>> ": PRINT
330 PRINT TAB(10); "          <<<< Tampang Aman >>>>          ": PRINT
335 '
340 INPUT " WIT/ARI MAU COBA PARSIAL LAGI (Y/N)"; y$: PRINT
350 IF y$ = "Y" OR y$ = "y" THEN 2540 ELSE 4360
355 '
360 PRINT TAB(10); "**** PROGRAM PARSIAL SELESAI ****": END

```

```

*****
*           DESAIN BALOK PRATEGANG           *
*           TAMPANG T                         *
*****

```

R (%) = .8

TEGANGAN IJIN BETON MENURUT SKSNI 1991 (MPa)

=====

f_{ci} (MPa) = 27.000

f_{ti} (MPa) = 1.677

f_{cs} (MPa) = 20.250

f_{ts} (MPa) = 3.354

BEBAN-BEBAN YANG BEKERJA

=====

SA (mm³) = 140,340,048.00

SB (mm³) = 121,429,800.00

PERENCANAAN DIDASARKAN ATAS NILAI S YANG TERBESAR

Tinggi Tampang Minimum h(mm) = 1000

Tinggi Tampang Maksimum h(mm) = 1470.588

St = 761.2133
Sb = 1274.116

B(mm) = 761.213

bw (mm) = 228.36

hf (mm) = 260.00

Ct (mm) = 486.20

Cb (mm) = 813.80

Ic (mm⁴) = 68,233,330,688.00

Ac (mm²) = 435,413.97

WO BERAT SENDIRI HITUNGAN (KN/M)= 10.45

BERAT SENDIRI LEBIH KECIL DARI BERAT TAKSIRAN

DIPAKAI BERAT SENDIRI HITUNGAN

MO1 = 816,401,216.00

fcci = -9.05

Pi = 3,939,698.50

Pe = 3,151,758.75

fps1 = 1,296.42

Aps = 3,038.91

Ac Netto = 429,052.25

HW = 1,040.00

Ctt Tinggi Garis Netral Dari Sisi Atas = 474.68

Cbb Tinggi Garis Netral Dari Sisi Bawah = 825.32

Ic Netto = 65,273,040,896.00

Saa = 137,510,000.00

Sbb = 79,088,016.00

X1=	10.73
X2=	17.95
e1 =	581.57
e2 =	567.60
e Rencana =	675.32

KONTROL TEGANGAN BETON DAN TENDON
 wd = BERAT MATI TAMPA BERAT SENDIRI (kn/m)

MOA = 1,802,897,408.00

MOA1 = 2,131,729,408.00

Tegangan Saat Transfer (Awal)

Tegangan Beton

FA Tegangan Serat Atas Awal = -5.63

<<<< Tegangan Serat Atas Aman >>>>

FB Tegangan Serat Bawah Awal = -15.36

<<<< Tegangan Serat Bawah Aman >>>>

Tegangan Tandon

FPS1 = 1,296.42

FCT = -13.58

FSE = 1,214.91

Tegangan saat layan (akhir)

Dipakai AC = AC Transformasi (ACT) = 450,608.50

Cta' Jarak Garis Netral Dari Sisi Atas = 429.43

Cba' Jarak Garis Netral Dari Sisi Bawah = 870.57

Esentrisitas Transpormasi = 720.57

ITR = 77,344,055,296.00

FAL Tegangan Serat Atas Akhir = -10.02

FBL Tegangan Serat Bawah Akhir = -0.87

TEGANGAN TENDON

FPS1 = 1,296.42

FCTL = -0.29

FSEL = 1,294.70

MENGHITUNG KAPASITAS MOMEN

Cara Pendekatan SKSNI 1991

BETA 1 (Koefisien tergantung dari mutu beton ($f'c$)

BETA 1 = 0.730

RO (ro) Rasio Penulangan = 0.003

GAMA P = Faktor Jenis Baja Prategang = 0.400

FPS1 (Tegangan Tarik Tulangan Prategang)

FPS3 = 1,713.76

MNP : Momen Batas = 4,564,781,568.00

YGN = 245.02

WP = 0.132

MN = 5,351,117,312.00

<<<< Tampang Aman >>>>

PERENCANAAN BALOK PRATEGANG PARSIAL

Gaya Prategang Parsial Awal = 3,348,743.75

Luas Baja Prategang Parsial = 1,954.03

Luas Baja Non Prategang = 2,744.80

Ac Netto = 413,403.38

Cttp Tinggi Garis Netral Dari Sisi Atas = 444.73

Cbbp Tinggi Garis Netral Dari Sisi Bawah = 855.27

Ic Netto = 55,119,454,208.00

Saap = 123,938,304.00

Sbbp =	64,447,076.00
e1 =	544.63
e2 =	500.89
e Rencana =	705.27

KONTROL TEGANGAN BETON DAN TENDON PARSIAL

Tegangan Saat Transfer (Awal)

Tegangan Beton

FAP Tegangan Serat Atas Awal = -6.76

<<<< Tegangan Serat Atas Aman >>>>

FBP Tegangan Serat Bawah Awal = -14.85

<<<< Tegangan Serat Bawah Aman >>>>

Tegangan Tandon

FPS1 = 1,296.42

FCTP = -13.14

FSEP = 1,217.61

Tegangan saat layan (akhir)

Dipakai AC = AC Transformasi (ACTP) = 461,652.94

Ctap' Jarak Garis Netral Dari Sisi Atas = 387.72

Cbap' Jarak Garis Netral Dari Sisi Bawah = 912.28

Esentrisitas Transpormasi = 762.28

ITP = 89,874,767,872.00

FALP Tegangan Serat Atas Akhir = -8.61

FBLP Tegangan Serat Bawah Akhir = -2.64

TEGANGAN TENDON

FPS1 = 1,296.42

FCTLA = 1.64

FSELA = 1,306.28

MENGHITUNG KAPASITAS MOMEN

Cara Pendekatan SKSNI 1991

BETA 1 (Koefisien tergantung dari mutu beton ($f'c$)

RO1 (ro1) Rasio Penulangan = 0.003

RO2 (ro2) Rasio Penulangan = 0.002

GAMA P = Faktor Jenis Baja Prategang = 0.400

FPS4 (Tegangan Tarik Tulangan Prategang)

FPS4 = 1,765.97

MNPP : Momen Batas = 4,564,781,568.00

YGN = 208.84

WP1 = 0.023

WP2 = 0.088

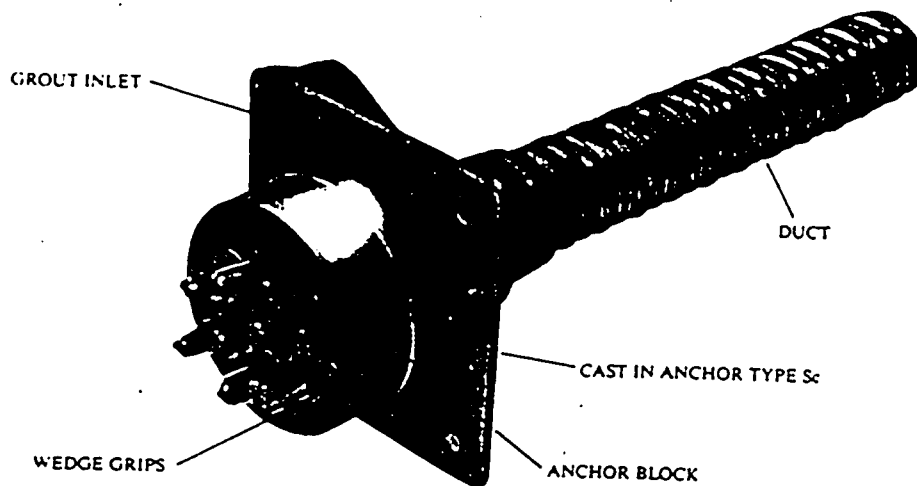
WP = 0.110

MN = 4,749,905,408.00

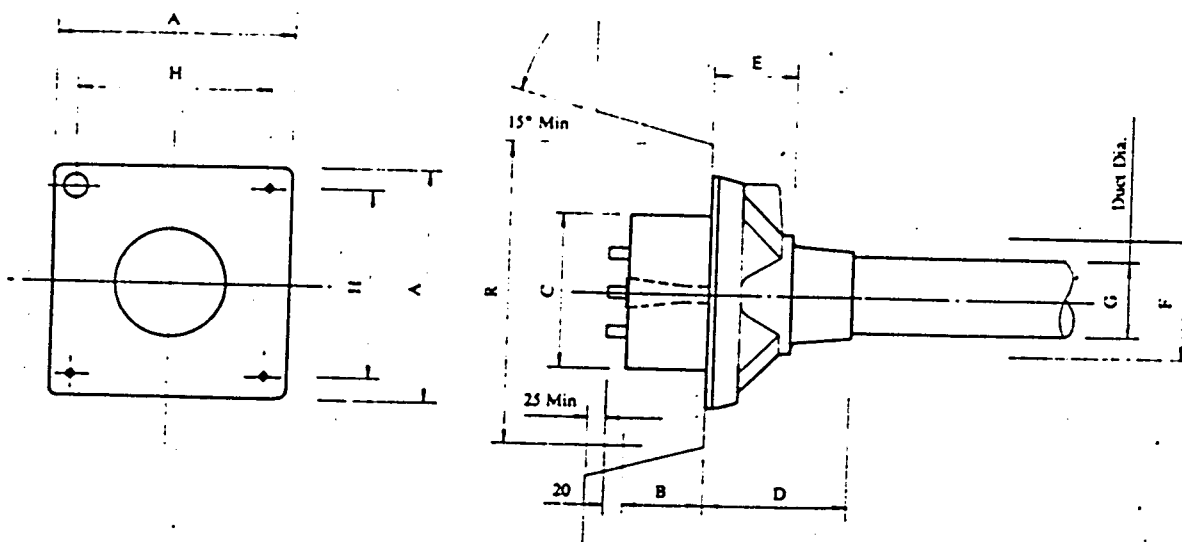
<<<< Tampang Aman >>>>

**** PROGRAM PARSIAL SELESAI ****

STRESSING ANCHORAGE



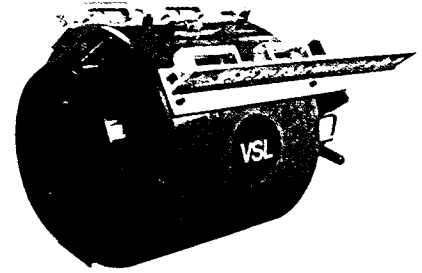
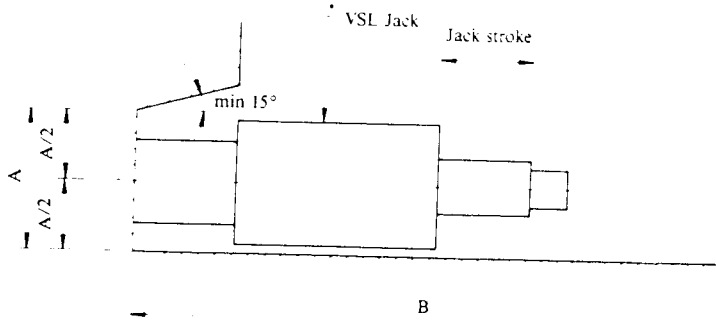
VSL STRESSING ANCHORAGE TYPE-Sc



VSL TYPE	Dimensions (mm)										Characteristic Load (kN)
	A	B	C	D	E	F	G	H	R		
3Sp	135	54	90	106	16	56	39	116	250	552	
4Sp	150	54	90	150	16	64	50	125	250	736	
7Sc	165	54	120	100	60	85	50	125	290	1290	
12Sc	215	54	160	160	85	120	69	150	360	2210	
19Sc	265	66	180	210	110	145	84	200	360	3500	
22Sc	290	77	200	215	140	150	90	230	360	4050	
27Sc	315	92	220	250	160	175	96	250	500	4970	
31Sc	315	92	230	250	160	175	105	250	500	5700	
37Sc	370	107	250	320	160	200	115	305	900	6810	
42Sc	390	112	290	340	160	217	118	325	900	7730	
48Sc	430	122	300	340	160	235	135	365	900	8830	
55Sc	465	142	320	340	160	250	135	400	900	10120	

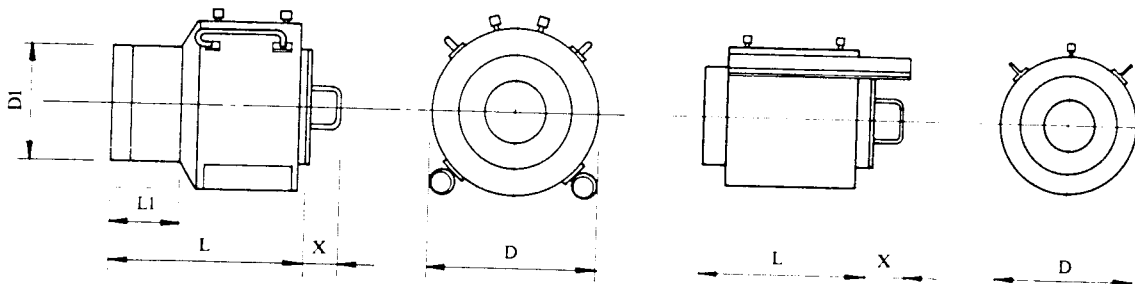
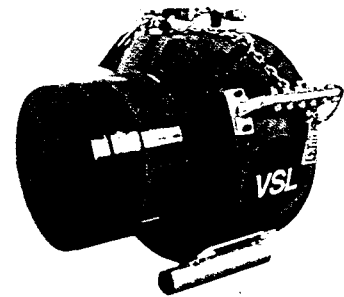
NOTE: Dimension R does not allow for lift off force check. Smaller recesses can be provided for special cases. Refer VSL office for details. Plate type a, chorges (Type Sp) also available on request.

STRESSING JACKS



JACK CLEARANCE REQUIREMENTS

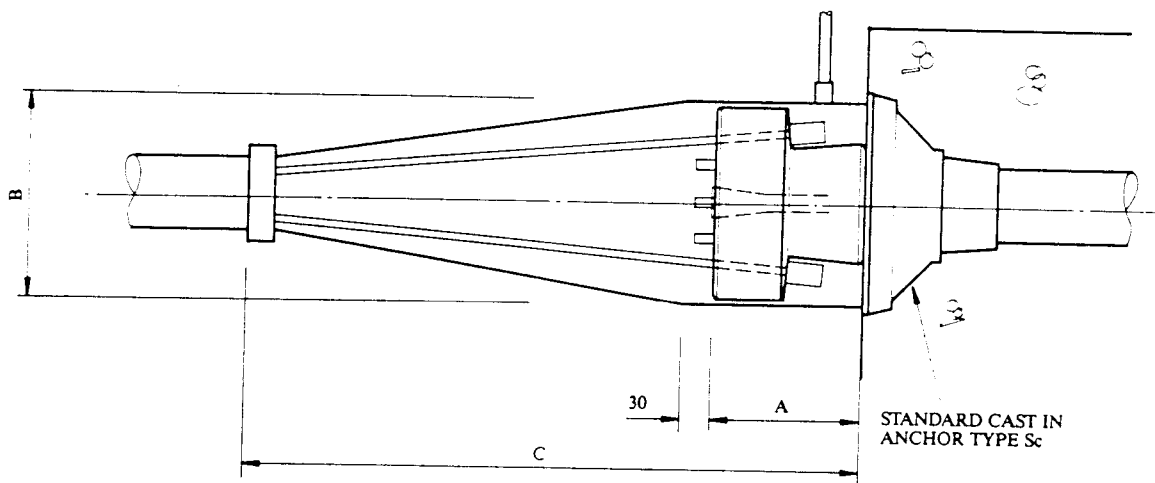
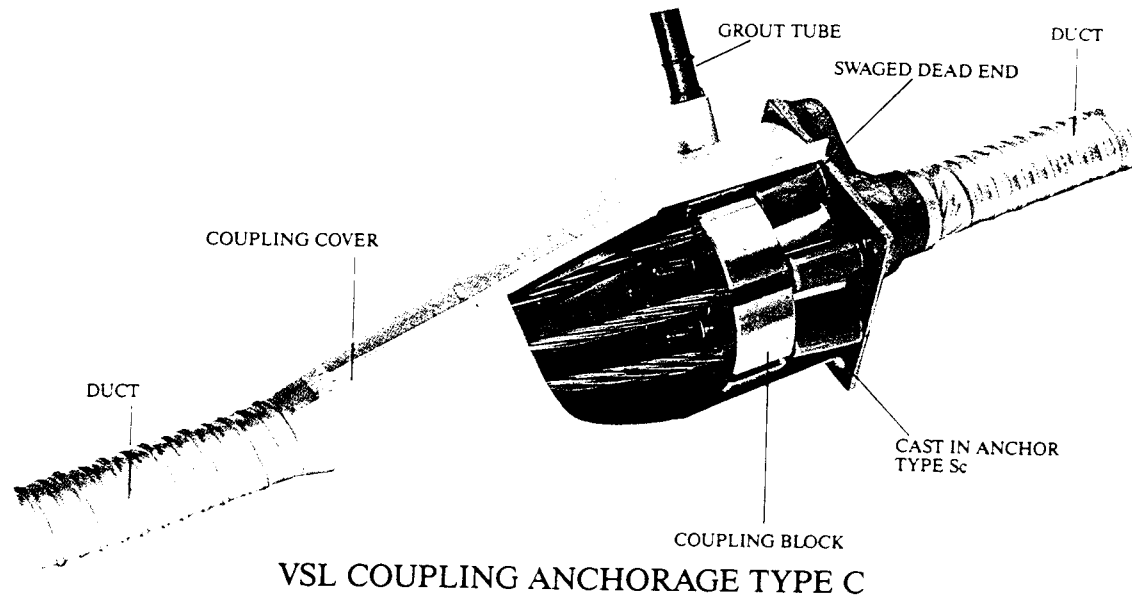
Dimensions (mm)	VSL JACK TYPE						
	VSL50	VSL100	VSL180L	VSL190	VSL190M	VSL290	
A	250	325	400	400	450	500	
B	1000	1000	1800	1600	1300	1600	
	VSL460	VSL670	VSL750	VSL1000	VSL1250	VSL1650	VSL1900
A	600	850	700	900	750	1000	1000
B	1400	2400	2600	2300	2800	1800	2600



STRESSING JACK DETAILS

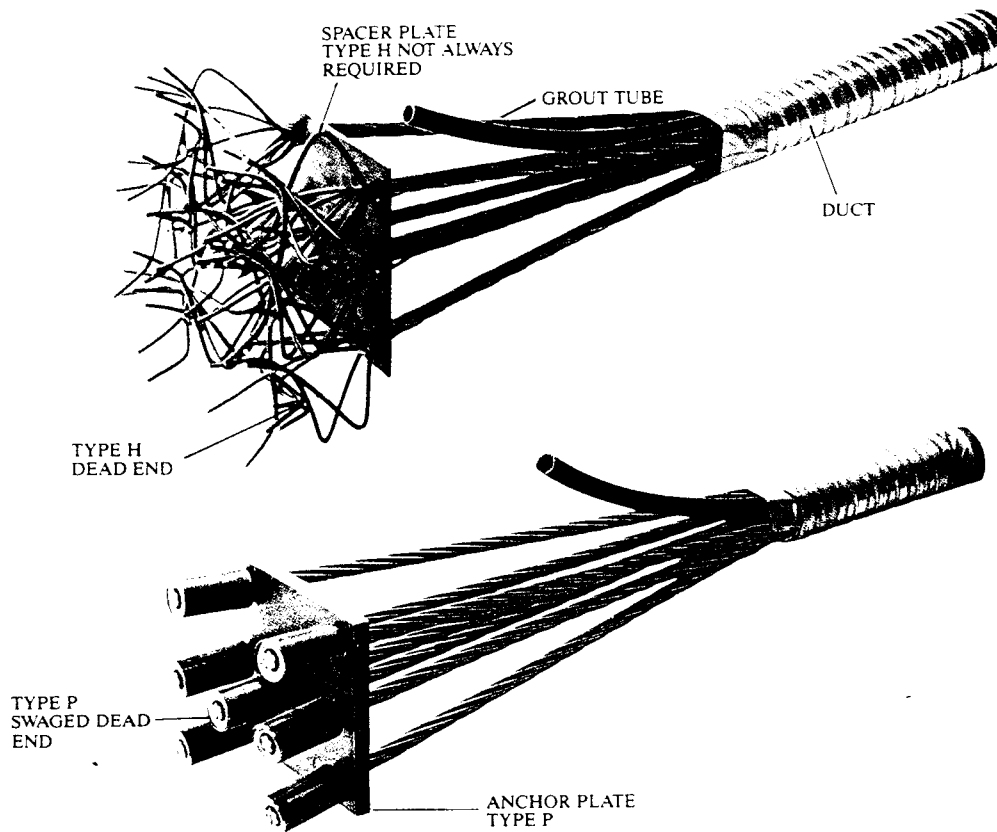
VSL JACK TYPE	TENDON TYPE	NOMINAL CAP. (kN)	D	DIMENSIONS (mm)				STROKE (mm)	MASS (kg)
				D1	L	L1	X		
VSL50	3&4	500	210	-	430	-	-	150	34
VSL100	7	1000	275	-	405	-	-	160	76
VSL180L	12	1800	305	-	715	-	90	305	275
VSL190	12	1900	410	230	565	200	135	100	151
VSL190M	12	1900	350	-	440	-	90	140	160
VSL290	19	2900	390	270	450	215	240	100	202
VSL460	31	4600	485	330	510	200	85	100	425
VSL670	42	6700	660	-	840	-	250	200	1550
VSL750	42	7500	520	410	1030	215	165	200	1500
VSL1000	55	10000	790	-	885	-	165	200	2200
VSL1250	55	12500	710	420	1125	220	165	150	1730
VSL1650	64	16500	910	600	615	140	-	150	1750
VSL1900	91	19000	875	-	1030	-	165	150	3085

COUPLING ANCHORAGE

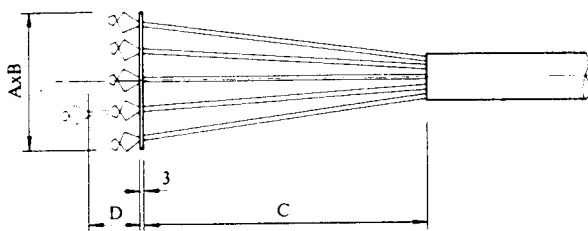


VSL TYPE	Dimensions (mm)			Characteristic Load (kN)
	A	B	C	
3c	110	140	330	552
4c	110	160	330	736
7c	110	180	410	1290
12c	110	210	470	2210
19c	110	240	550	3500
22c	110	260	620	4050
27c	110	310	960	4970
31c	110	350	960	5700
37c	150	390	1000	6810
42c	150	395	1000	7730
48c	150	420	1000	8830
55c	170	490	1140	10120

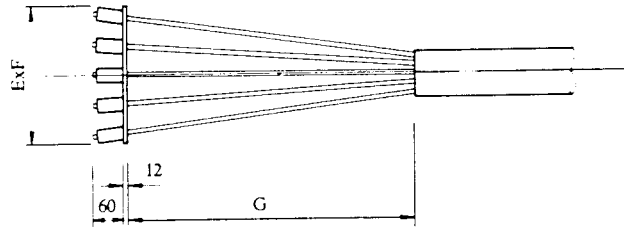
DEAD END ANCHORAGE



VSL DEAD END ANCHORAGES TYPE H-TYPE P



Dead End Anchorage Type H



Dead End Anchorage Type P

VSL TYPE H 12.7mm	Dimensions (mm)			
	A	B	C	D
3H	125	125	600	-
4H	125	125	600	-
7H	175	150	600	-
12H	300	250	1000	150
19H	375	300	1000	150
22H	400	300	1000	150
27H	450	400	1000	150
31H	450	425	1000	150
37H	525	450	1100	150
42H	600	450	1100	150
48H	645	450	1200	150
55H	700	500	1200	150

VSL TYPE P 12.7mm	Dimensions (mm)		
	E	F	G
3P	100	100	100
4P	120	120	150
7P	150	150	250
12P	200	200	350
19P	250	250	500
22P	300	250	500
27P	300	300	650
31P	350	300	650
37P	375	350	850
42P	375	375	850
48P	400	400	1000
55P	425	425	1000

KONSTANTA-KONSTANTA UNTUK PENAMPANG BALOK

Tabel C-1 Konstanta-konstanta untuk Penampang-T

Penampang	b'/b	t/h	A^a	c_b^b	c_t^b	I^c	r^2^d	k_1^b	k_2^b
1-a	0,1	0,1	0,19bh	0,714h	0,286h	0,0179bh ³	0,0945h ²	0,132h	0,333h
1-b	0,1	0,2	0,28	0,756	0,244	0,0192	0,0688	0,0910	0,282
1-c	0,1	0,3	0,37	0,755	0,245	0,0193	0,0520	0,0689	0,212
1-d	0,1	0,4	0,46	0,735	0,265	0,0202	0,0439	0,0597	0,165
1-e	0,2	0,1	0,28	0,629	0,371	0,0283	0,1010	0,161	0,272
1-f	0,2	0,2	0,36	0,678	0,322	0,0315	0,0875	0,129	0,272
1-g	0,2	0,3	0,44	0,691	0,309	0,0319	0,0725	0,105	0,234
20h	0,2	0,4	0,52	0,684	0,316	0,0316	0,0616	0,090	0,195
1-i	0,3	0,1	0,37	0,585	0,415	0,0365	0,0985	0,169	0,237
1-j	0,3	0,2	0,44	0,626	0,374	0,0408	0,0928	0,148	0,248
1-k	0,3	0,3	0,51	0,645	0,355	0,0417	0,0819	0,127	0,231
1-l	0,3	0,4	0,58	0,645	0,355	0,0417	0,0720	0,112	0,203
1-m	0,4	0,1	0,46	0,559	0,441	0,0440	0,0954	0,171	0,216
1-n	0,4	0,2	0,52	0,592	0,408	0,0486	0,0935	0,158	0,229
1-o	0,4	0,3	0,58	0,609	0,391	0,0499	0,0860	0,141	0,220
1-p	0,4	0,4	0,64	0,612	0,388	0,0502	0,0785	0,128	0,205
1-q	1,0	1,0	1,00	0,500	0,500	0,0833	0,0833	0,167	0,167

^aDiberikan sebagai fungsi bh.

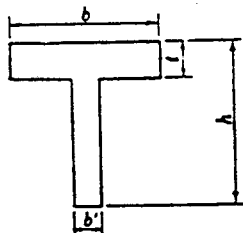
^bDiberikan sebagai fungsi h.

^cDiberikan sebagai fungsi bh³.

^dDiberikan sebagai fungsi h².

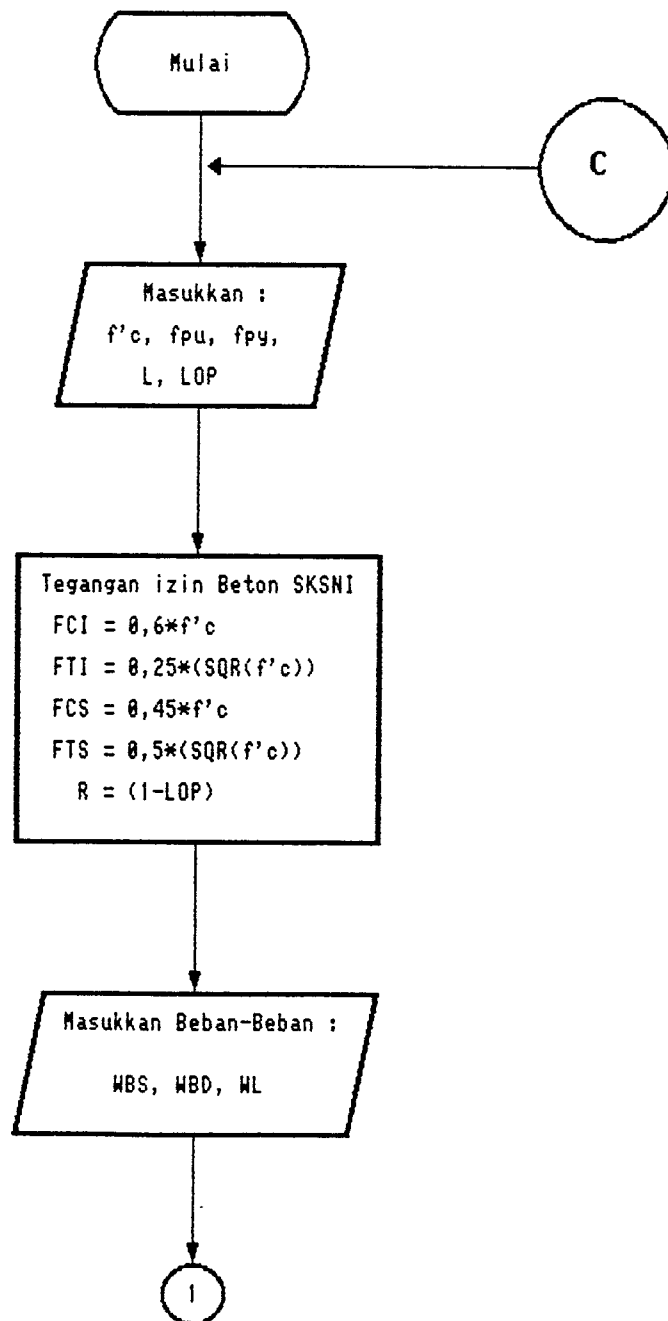
TABEL 1

Konstanta-konstanta untuk Penampang-T



Penampang untuk konstanta-konstanta Tabel C-1.

**PROGRAM PERHITUNGAN
DESAIN BALOK PRATEGANG**



1

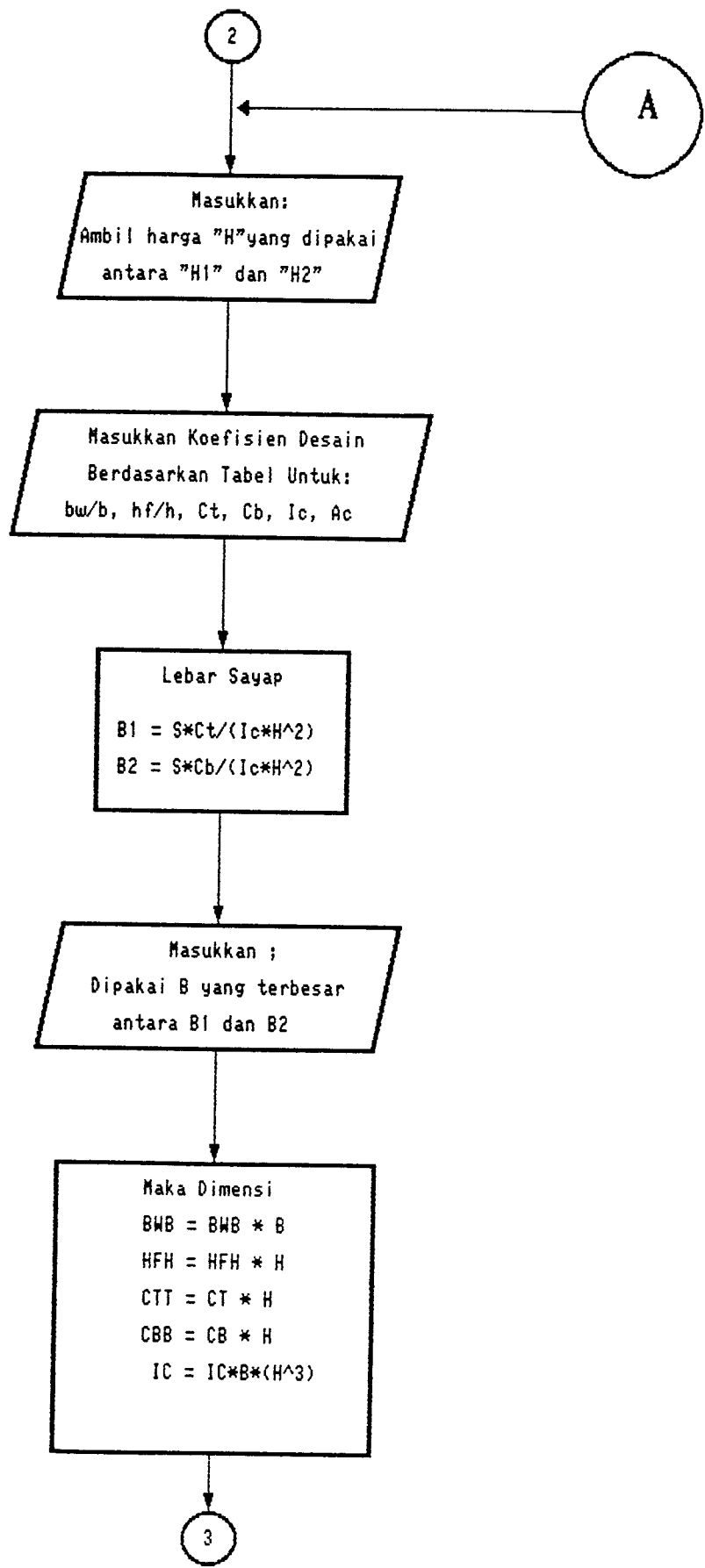
Menghitung Momen
 $M_0 = 1/8 * WBS * L^2$
 $M_D = 1/8 * WBD * L^2$
 $M_L = 1/8 * WL * L^2$

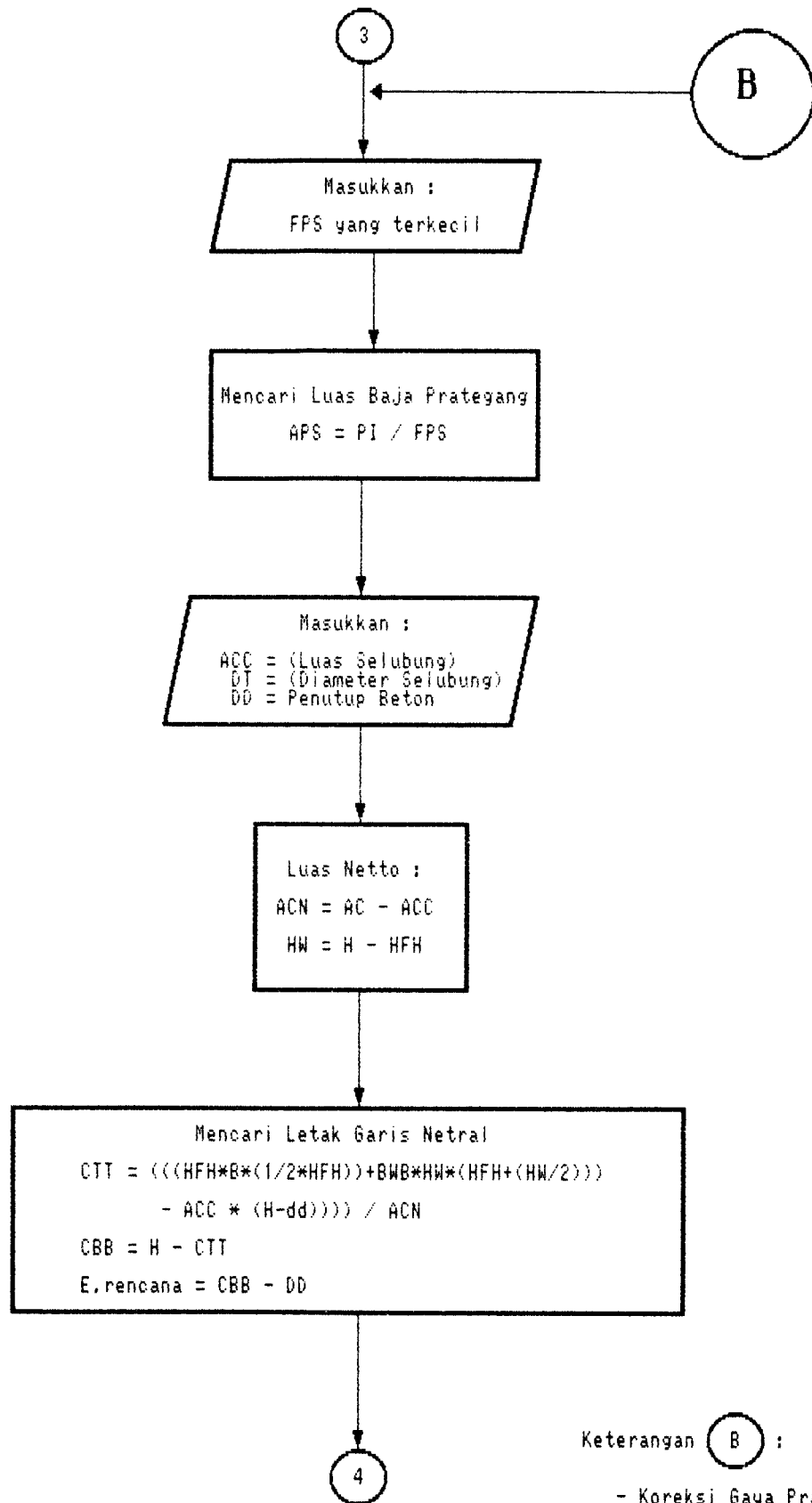
Modulus Penampang Taksiran
 $S_A = ((1-R)*M_0) + (M_D + M_L) / ((R*FTI) - (-FCS))$
 $S_B = ((1-R)*M_0) + (M_D + M_L) / (FTS - (R*(-FCS)))$

Masukkan :
Harga S yang dipakai
adalah "S" terbesar

Dimensi Penampang
 $H_1 = 1/25 * L$
 $H_2 = 1/17 * L$

2





Keterangan (B) :

- Koreksi Gaya Prategang
(Masukkan Gaya Prategang Baru)

4

Menghitung Inersia Netto

$$ICN1 = ((1/12)*B*(HFH^3)+B*HFH*((CTT-(HFH/2))^2)$$
$$ICN2 = ((1/12)*BWB*(HW^3)+BWB*HW*((CBB-(HW/2))^2)$$
$$ICN3 = ((1/64)*3.14*(DT^4)+1/4*3.14*(DT^2)*((CBB-DD)^2)$$
$$ICN = ICN1 + ICN2 + ICN3$$

Modulus Penampang :

$$SAA = ICN / CTT$$
$$SBB = ICN / CBB$$

Menghitung Eksentrisitas :

$$E1 = ((FTI-FCCI)*(SAA/PI))+(M0/PI)$$
$$E2 = ((FCCI - (-FCI)*(SBB/PI))+(M0/PI)$$

K

$E1 < ERN$ atau $E2 < ERN$, $EMP = E1$ atau $E2$
 $E1 > ERN$ atau $E2 > ERN$, $EMP = ERN$

L

Masukkan :

$$Np = 6$$
$$Nnp = 7$$

5

5

Momen Yang Bekerja Saat Transfer
 $MOA = MO + 0,75 * WD$
 $MOA1 = MO + WD$
 $MOA = 1/8 * MOA * (L^2)$
 $MOA1 = 1/8 * MOA1 * (L^2)$

KONTROL TEGANGAN SAAT TRANSFER
 $FA = (-PI/ACN) + ((PI * ERN * CTT) / ICN) - ((MOA * CTT) / ICN)$
 $FB = (-PI/ACN) - ((PI * ERN * CBB) / ICN) - ((MOA * CBB) / ICN)$

M

Kontrol
 $FA < FTI$
 $FB < FCI$

N

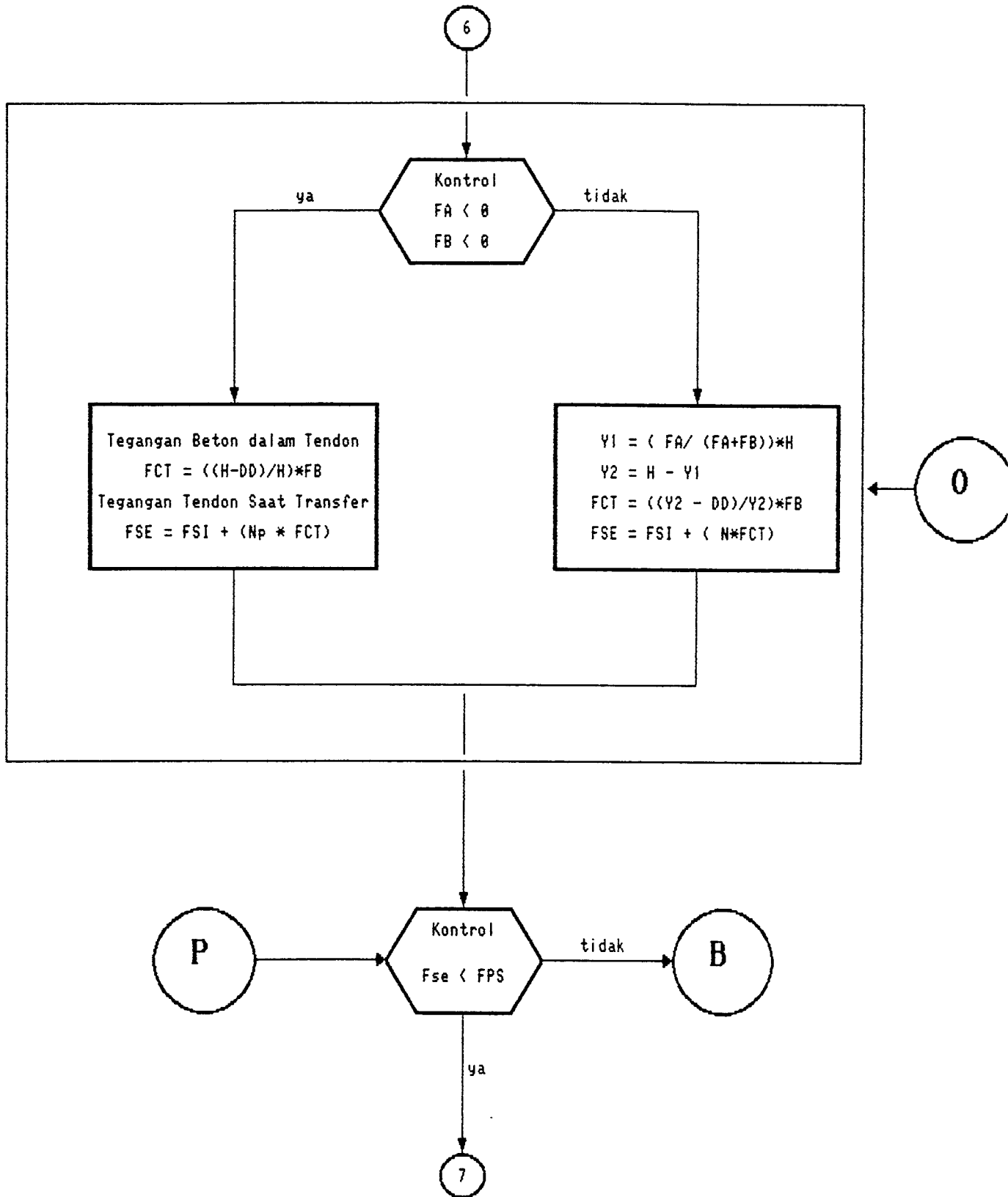
Tidak

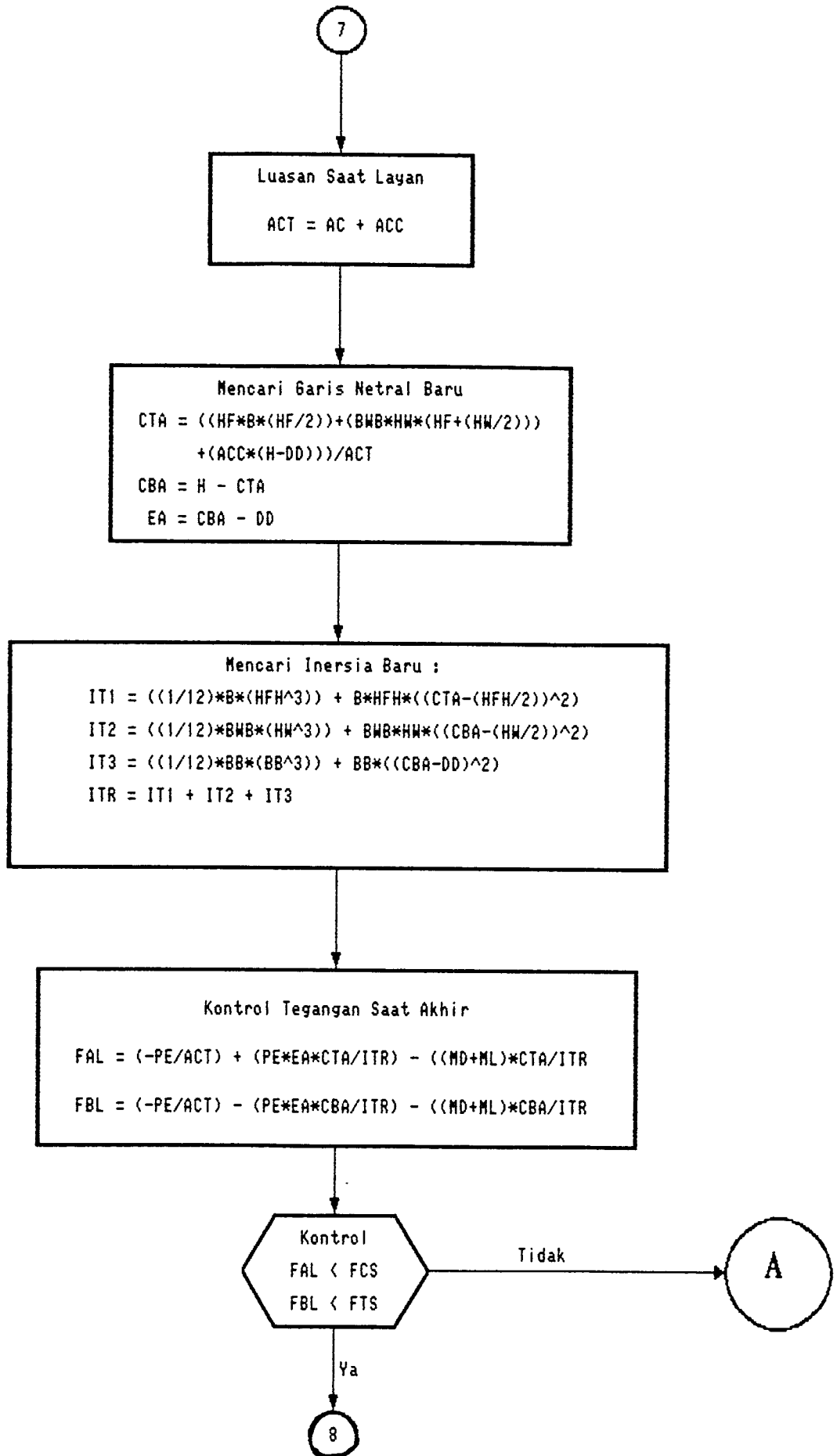
A

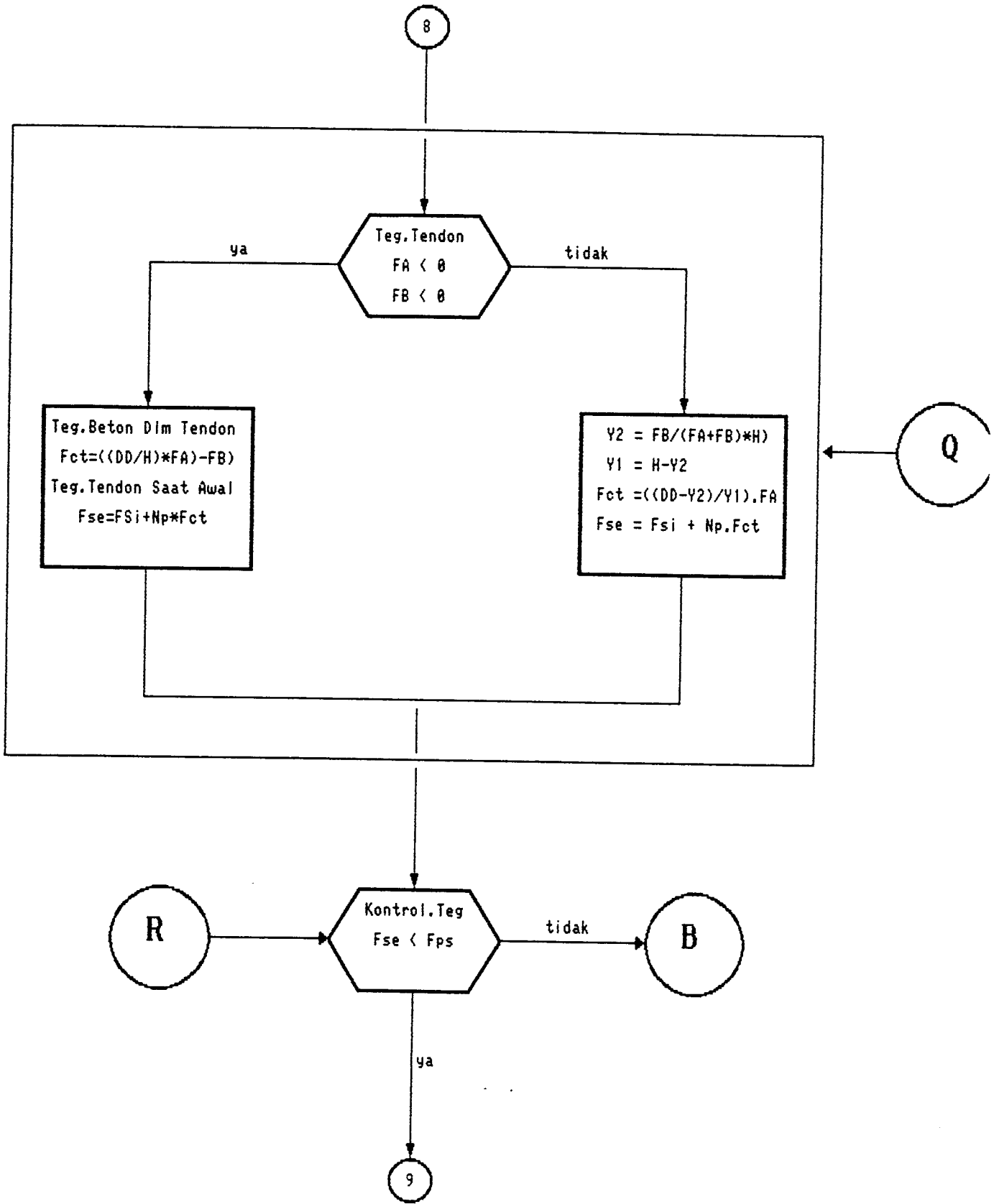
Ya

Tegangan Tendon
Saat Penarikan
 $FSI = PI / APS$

6







8

Teg. Tendon
 $FA < 0$
 $FB < 0$

ya

tidak

Teg. Beton Dim Tendon
 $Fct = ((DD/H) * FA) - FB$
 Teg. Tendon Saat Awal
 $Fse = Fsi + Np * Fct$

$Y2 = FB / (FA + FB) * H$
 $Y1 = H - Y2$
 $Fct = ((DD - Y2) / Y1) * FA$
 $Fse = Fsi + Np * Fct$

Q

R

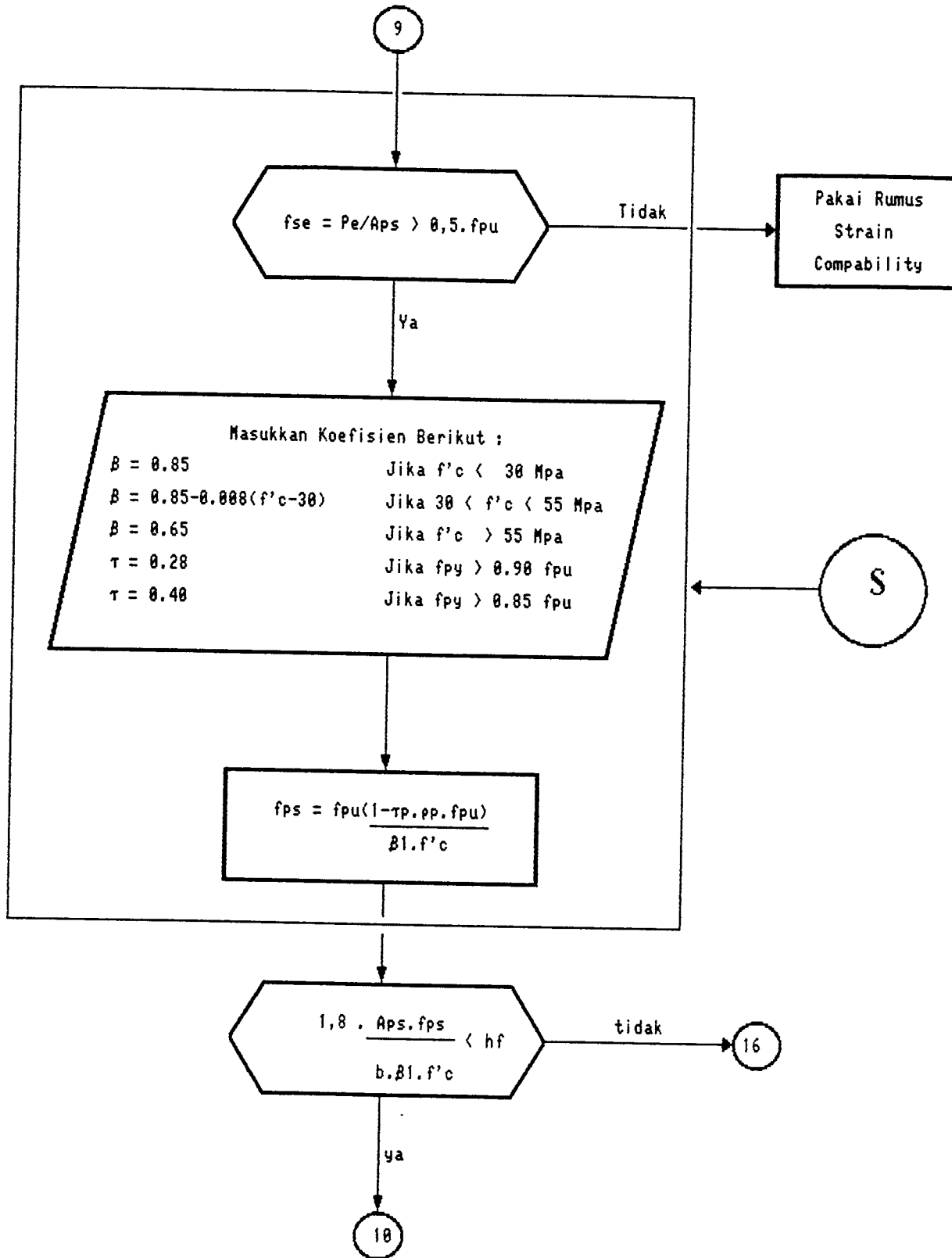
Kontrol. Teg
 $Fse < Fps$

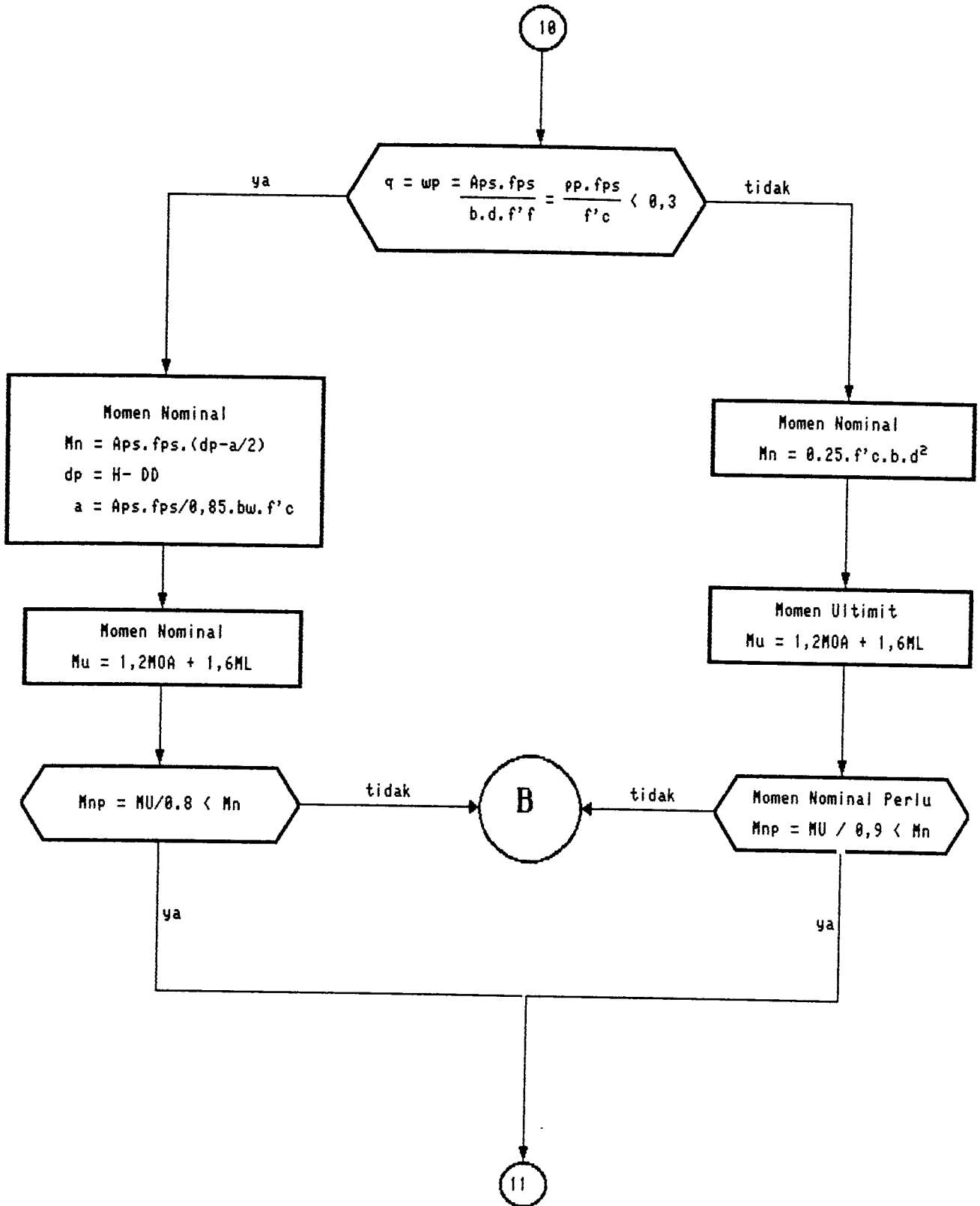
tidak

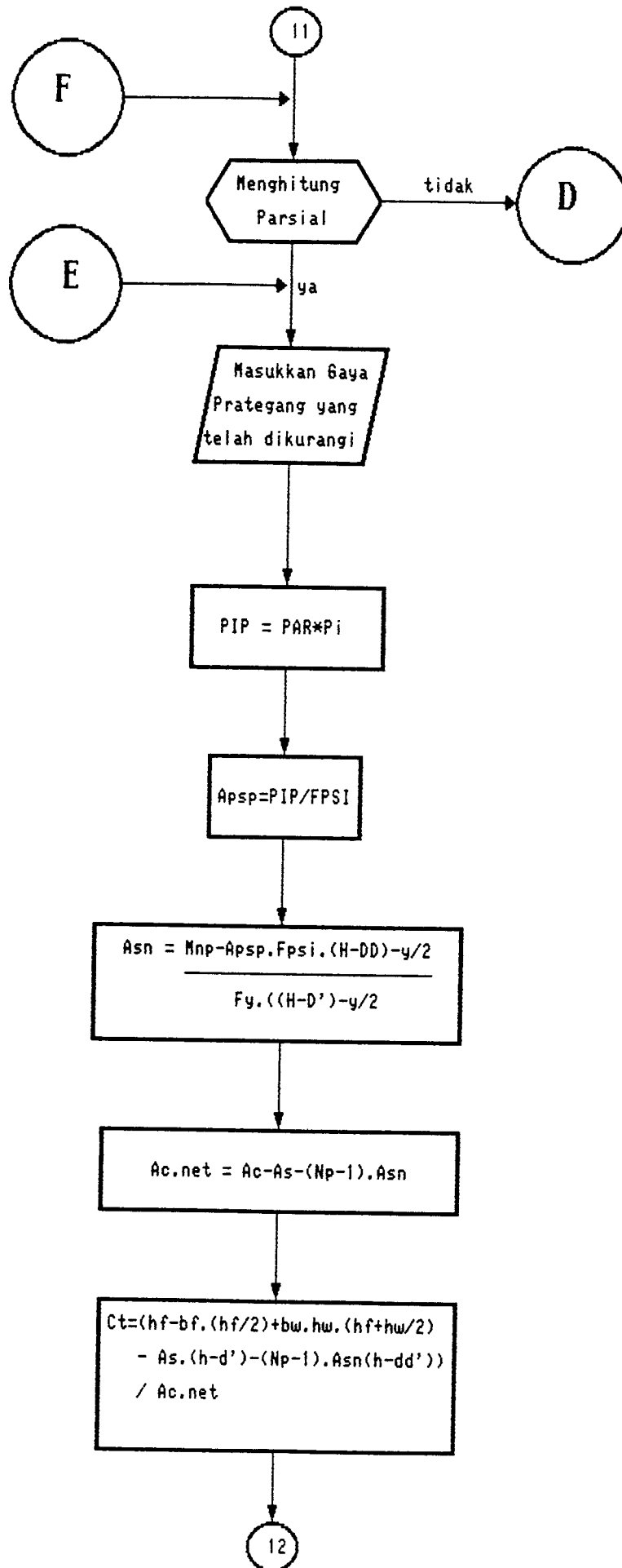
B

ya

9







12

$$I_{c.net} = 1/12.bf.hf^3 + A_t.(Ct-hf/2) + 1/12.bw.hw^3 + A_w.(Cb-hw/2) - (A_s.Er.n^2 + (N_p-1)A_{sn}(Cb-dd'))$$

$$S_a = I_{c.net}/C_t$$
$$S_b = I_{c.net}/C_b$$

Menghitung Eksentrisitas

K

E dipakai

L

Menghitung Teg. Awal

M

Kontrol Tegangan Beton

N

Menghitung Tegangan Tendon

O

13

