

TUGAS AKHIR
STUDI KOMPARASI METODE PERANCAH DAN METODE
TANPA PERANCAH PADA STRUKTUR BALOK KOMPOSIT
BETON PRATEGANG



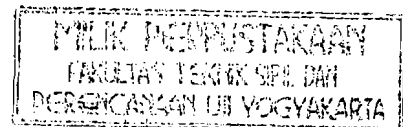
Disusun oleh :

MUH. FAJAR AGUSTIANTO

No. Mhs 93 310 167
Nirm 930051013114120164

IWAN SETIYANTO

No. Mhs 93 310 229
Nirm 930051013114120226



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM NINDONESIA
YOGYAKARTA

1999

TUGAS AKHIR
STUDI KOMPARASI METODE PERANCAH DAN METODE
TANPA PERANCAH PADA STRUKTUR BALOK KOMPOSIT
BETON PRATEGANG



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

Oleh:
N a m a : MUHFAJAR AGUSTIANTO

No.Mhs : 93 310 167

Nirm : 930051013114120164

N a m a : IWAN SETIYANTO

No.Mhs : 93 310 229

Nirm : 930051013114120226

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999

**STUDI KOMPARASI METODE PERANCAH DAN METODE
TANPA PERANCAH PADA STRUKTUR BALOK KOMPOSIT
BETON PRATEGANG**

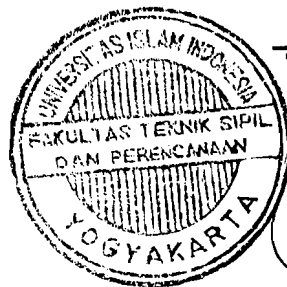
N a m a : MUH. FAJAR AGUSTIANTO
No. Mhs : 93 310 167
Nirm : 930051013114120164

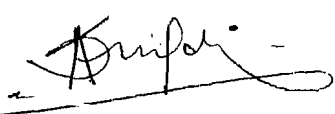
N a m a : IWAN SETIYANTO
No. Mhs : 93 310 229
Nirm : 930051013114120226

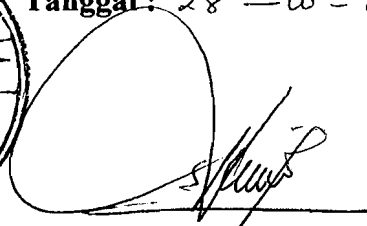
Telah diperiksa, disetujui dan diuji oleh :

IR.II.M.SAMSUDIN,MT.
Dosen pembimbing I

IR.ADE ILHAM,MT.
Dosen pembimbing II




Tanggal : 28 - 10 - 99.


Tanggal : 26 - 10 - 1999

Motto :

Sebenarnya Al Qur'an itu adalah ayat-ayat yang nyata di dalam dada orang-orang yang diberi ilmu, dan tidak ada yang mengingkari ayat-ayat Kami kecuali orang-orang yang zhalim (Al 'Ankabuut 49)

Barang siapa tidak sanggup mengendalikan diri, ilmu pengetahuan yang ada padanya tidak akan pernah bermanfaat (Imam Syafi'i)

Orang harus bekerja keras untuk mencapai cita-cita, dan untuk meraih kebesaran harus melewati malam-malam tanpa tidur, dan untuk menemukan mutiara harus terjun ke laut dengan demikian dia menemukan nasib baik dan menjadi mashur, sebab barang siapa mencari keberhasilan tanpa usaha, menyia-nyiakan seluruh hidupnya dalam usaha sia-sia (hikayat 1001 malam)

Tugas akhir ini Iwan persembahkan kepada :

Ibu, bapak, adik-adikku tercinta.

Tugas akhir ini Fajar persembahkan kepada :

Ibu, bapak, adik-adikku tercinta

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul :

Studi Komparasi Metode Perancah Dan Metode Tanpa Perancah Pada Struktur Balok Komposit Beton Prategang

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi dan melengkapi salah satu syarat dalam menempuh ujian kesarjanaan pada fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Penulis sadar sepenuhnya bahwa dalam penulisan tugas akhir ini banyak mendapat kesulitan, karena keterbatasan kemampuan yang dimiliki baik dalam pengalaman maupun teori ilmu. Namun terdorong oleh tekad yang besar untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya serta dorongan dan bantuan dari berbagai pihak maka tugas akhir ini dapat tersusun.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak terutama kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
2. Bapak Ir. H. Tadjudin BMA., MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil , Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
3. Bapak Ir. H.M. Samsudin, MT., selaku dosen pembimbing I Tugas akhir pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
4. Bapak Ir. Ade Ilham, MT., selaku Dosen pembimbing II Tugas akhir pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
5. Staf Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
6. Tim sukses dalam penyelesaian tugas akhir ini ; Dicky Otong Yusuf, Andri Ahong Budhiawan, Harya Gendut Raditya, Kisworo Nunung, Adi Cipex Rahmadi, Imung Muflik dan Danang Gepeng Prayoga.
7. Teman-teman A2 93 Teknik Sipil UII dan teman-teman kost komplek Musholla Nurul Iman.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir dan penyusunan laporan ini.

Akhirnya penghargaan yang khusus penulis sampaikan kepada ibu, bapak, adik-adikku yang tercinta dan saudara-saudaraku seiman yang telah ikut mendoakan dan memberikan dorongan moril dan materiil selama penulis mengikuti perkuliahan hingga selesainya tugas akhir ini. Semoga Allah SWT, memberikan rahmat-Nya kepada kita semua . Amin Ya Rabbil Alamin....

Wassalamu 'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Yogyakarta , Oktober 1999

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
MOTTO	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
NOTASI	xv
KONVERSI	xviii
ABSTRAKSI	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Batasan Masalah	2
1.3 Manfaat dari Analisis Masalah	3
1.4 Metode Analisis	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum	5
2.2 Definisi Konstruksi Komposit Beton Prategang	5
2.3 Macam Kontruksi Komposit	9
2.4 Konsep Dasar Beton Prategang	10
2.5 Sistem-sistem Prategang	11
BAB III LANDASAN TEORI.....	13
3.1 Analisis Tegangan Lentur pada Struktur Beton Prategang	13
3.2 Pola Tegangan Beton Prategang	14
3.3 Kehilangan Gaya Prategang	17
3.4 Metode Elastis pada Struktur Balok Komposit Tanpa Menggunakan perancah	18
3.5 Metode Elastis pada Struktur Balok Komposit Dengan Menggunakan perancah	19
3.6 Kapasitas Lentur Struktur Balok Komposit Tampang T	21
3.7 Gaya Geser Horisontal pada Balok Komposit	25
3.7.1 Gaya Geser Badan	25
3.7.2 Gaya Geser Horisontal pada Permukaan Singgung dan Perencanaan Dowel	26
3.8 Analisis Lendutan	28
3.9 Beban Persyaratan Tegangan	30

3.9.1	Macam-macam Beban	30
3.9.2	Faktor Beban dan Faktor Reduksi	31
3.9.3	Tahap-tahap Pembebanan Balok Sistem Pasca Tarik	32
3.9.4	Dasar Analisis Tegangan.....	33
3.10	Karakteristik Bahan	35
3.10.1	Beton	35
3.10.2	Baja	37
3.10.3	Bahan Pelengkap	37
 BAB IV ANALISIS BALOK KOMPOSIT PRATEGANG MENGGUNAKAN		
	PERANCAH DAN TANPA PERANCAH.....	39
4.1	Pendahuluan	39
4.2	Perencanaan Balok Komposit Prategang	39
4.3	Contoh Analisis	48
4.3.1	DataStruktur.....	48
4.3.2	Hitungan Perencanaan balok Komposit dengan	
	Menggunakan perancah	50
4.3.3	Hitungan Perencanaan balok Komposit tanpa	
	Menggunakan perancah.....	69
 BAB V PEMBAHASAN.....		
5.1	Hasil Analisis	91
5.2	Pembahasan	95

5.2.1 Dimensi.....	95
5.2.2 Tegangan Beton	97
5.2.3 Gaya Geser.....	106
5.2.4 Momen	108
5.3.5 Lendutan	109
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	110
6.1 Kesimpulan	110
6.2 Saran	112

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

NO. TABEL	NAMA TABEL	HALAMAN
3.1	Faktor Beban	31
3.2	Faktor Reduksi	32
4.1	Hasil perhitungan kontruksi balok komposit beton prategang dengan perancah	86
4.2	Hasil perhitungan kontruksi balok komposit beton prategang tanpa perancah	88
5.1	Hasil perhitungan kontruksi balok komposit beton prategang dengan perancah	92
5.2	Hasil perhitungan kontruksi balok komposit beton prategang tanpa perancah	93
5.3	Perbandingan dimensi yang digunakan pada kedua metode	95
5.4	Perbandingan jumlah tendon yang digunakan pada kedua metode	97
5.5	Perbandingan tegangan beton antara kedua metode saat layan sebelum menjadi komposit	104
5.6	Perbandingan tegangan beton antara kedua metode saat layan sesudah menjadi komposit	105

DAFTAR GAMBAR

NO. GAMBAR	NAMA GAMBAR	HALAMAN
2.1	Tampang pracetak dan komposit	6
2.2	Tipe-tipe tampang komposit	7
2.3	Tegangan penampang komposit dengan perancah	9
2.4	Tegangan penampang komposit tanpa perancah	10
3.1	Gaya prategang pada balok	13
3.2	Penampang geometris balok prategang	14
3.3	Diagram tegangan pada saat awal (P_0)	15
3.4	Diagram tegangan pada saat layan (P_e)	16
3.5	Lebar efektif sayap dan lebar modifikasi sayap	21
3.6	Distribusi tegangan dan regangan pada saat runtuh	22
3.7	Diagram tegangan dan gaya dalam	22
3.8	Diagram tegangan, regangan dan gaya pada sayap	23
3.9	Penampang melintang konstruksi balok komposit	38
4.1	Struktur balok komposit prategang pada tampang memanjang	48
4.2	Struktur balok komposit prategang pada tampang membujur	49
4.3	Propertis penampang balok komposit dengan perancah	53
4.4	Propertis penampang balok komposit tanpa menggunakan perancah	71

DAFTAR GRAFIK

NO. GRAFIK	NAMA GRAFIK	HALAMAN
5.1	Pebandingan tegangan saat layan sesudah komposit dengan dimensi yang sama antara metode dengan perancah dan tanpa perancah	98
5.2	Grafik hubungan antara tegangan saat transfer dengan panjang bentang pada metode tanpa perancah	99
5.3	Grafik hubungan antara tegangan saat transfer dengan panjang bentang pada metode dengan perancah	100
5.4	Grafik hubungan antara tegangan saat layan dengan panjang bentang pada metode tanpa perancah	101
5.5	Grafik hubungan antara tegangan saat layan dengan panjang bentang pada metode dengan perancah	102
5.6	Perbandingan tegangan saat layan sebelum komposit antara kedua metode	103
5.7	Perbandingan tegangan saat layan sesudah komposit antara kedua metode	104
5.8	Perbandingan gaya geser badan antara kedua metode	106
5.9	Perbandingan gaya geser horisontal antara kedua metode	107
5.10	Perbandingan momen antara kedua metode	108
5.11	Perbandingan lendutan antara kedua metode	109

DAFTAR LAMPIRAN

NO. LAMPIRAN	NAMA LAMPIRAN	HALAMAN
1	Kartu Peserta Tugas Akhir	-
2	Data Perencanaan	-
3	List Program	-
4	Contoh hitungan dengan program bahasa basic	-

NOTASI

- A_{cc} = Luas tampang komposit
- A_{cp} = Luas tampang pracetak
- A_{vf} = Luas gaya geser gesekan
- b_{eff} = Lebar sayap efektif
- b_f = Lebar sayap balok pracetak
- b_m = Lebar modifikasi
- b_w = Lebar badan balok pracetak
- b_v = Lebar bidang geser yang dihitung atau bidang singgung antara elemen komposit
- C = Gaya tekan
- c_{bc}/c_{tc} = Jarak titik berat bawah /atas penampang komposit
- c_{bp}/c_{tp} = Jarak titik berat bawah /atas penampang pracetak
- d_{pc} = Jarak antara permukaan serat desak tampang komposit ke garis netral elemen pracetak
- e = Eksentrisitas tendon
- e_{1-6} = Jarak tendon dari garis netral balok komposit
- f = Tegangan
- f_b/f_t = Tegangan beton pada serat bawah /atas saat transfer

- f_{bc}/f_{ic} = Tegangan beton pada serat bawah /atas saat layan setelah komposit
 f'_c = Kuat tekan beton
 f'_{ci} = Tegangan tekan ijin pada serat bawah beton saat transfer
 f_{ti} = Tegangan tarik ijin pada serat atas beton saat transfer
 f_{ts} = Tegangan tarik ijin pada serat bawah beton saat layan
 f_{cs} = Tegangan tekan ijin pada serat atas beton saat layan
 f_{pu} = Kuat tarik yang disaratkan untuk tendon prategang
 f_{py} = kuat Luluh tendon prategang
 F_y = Tegangan luluh rencana, maksimal 60000 psi
 h = Tinggi balok
 h_f = Tebal sayap balok pracetak
 h_s = Tebal pelat (beton cor ditempat)
 I_c = Inersia balok komposit
 I_p = Inersia balok pracetak
 k_b/k_t = kern bawah/atas
 L = Panjang bentang bersih
 L_c = Jarak antar balok
 M_D = Momen akibat berat sendiri balok pracetak
 M_{CSD} = Momen akibat berat sendiri setelah menjadi komposit
 M_L = Momen akibat beban hidup
 M_{SD} = Momen akibat berat sendiri pelat cor ditempat

- M_{n1} = Momen nominal yang terjadi
 M_{n2} = Momen nominal yang dapat ditahan
 P_e = Gaya prategang efektif
 P_o = Gaya prategang awal
 R = Kehilangan gaya prategang
 r_c = Jari-jari girasi penampang beton komposit
 r_p = Jari-jari girasi penampang beton pracetak
 S_{bc}/S_{ic} = Modulus tampang serat bawah/atas balok komposit
 S_{bp}/S_{tp} = Modulus tampang serat bawah/atas balok pracetak
 T = Gaya tarik
 V = Gaya geser yang bekerja pada elemen komposit
 V_h = Gaya geser horisontal maksimum
 V_n = Gaya geser nominal
 V_{nh} = Gaya geser nominal horisontal
 V_u = Gaya geser ultimit
 W_u = Beban ultimit
 y = Jarak yang ditinjau terhadap titik berat penampang
 Δ = Lendutan
 λ = Faktor jenis beton
 \emptyset = Luas tendon
 μ = koefisien gesekan

KONVERSI SATUAN YANG DIGUNAKAN

1 m = 39,37 in	1 ft ³ = 1728 in ³
1 m = 3,28083 ft	1 kg = 2,0462 lb (pounds)
1 mm = 0,03937 in	1 lb = 0,45359 kg
1 mm = 0,0032808 ft	1 kg/m = 0,05600 lb/in
1 in = 25,4 mm	1 kg/m = 0,67197 lb/ft
1 in = 0,0254 m	1 lb/in = 17,8579 kg/m
1 in = 0,08333 ft	1 lb/in = 12 lb/ft
1 ft = 304,8 mm	1 lb/ft = 1,48816 kg/m
1 ft = 0,3048 m	1 lb/ft = 0,08333 lb/in
1 ft = 12 in	1 lb/in ² = 703,06686 kg/m ²
1 m ² = 1549,99 in ²	1 Psi = 6,894757 KPa
1 m ² = 10,7639 ft ²	1 Kpa = 0,145038 Psi
1 in ² = 645,2 mm ²	1 lb/ft ³ = 0,0005787 lb/in ³
1 in ² = 0,036452 m ²	1 Psi = 0,007031 MPa
1 in ² = 0,006944 ft ²	N = 0,2248 lb
1 in ³ = 0,0005787 ft ³	lb = 4,4839 N
1 ft ² = 92900 mm ²	lb.in = 0,11299N.m
1 ft ² = 0,09290 m ²	pli = 175,1338 N/m
1 ft ² = 144 in ²	

ABSTRAKSI

Penggunaan beton prategang dalam struktur gedung, jembatan, sanitasi menunjukkan peningkatan yang cukup tinggi. Hal tersebut menuntut para ahli untuk merancang pembuatan beton prategang yang lebih efisien dan efektif dalam pengerjaannya di lapangan. Pembuatan struktur komposit beton prategang dan beton cor di tempat sangat mendukung pencapaian hal tersebut. Dengan menggabungkan dua kekuatan yang berbeda menjadi satu kekuatan yang monolit dapat menghemat ukuran atau dimensi unit prategang. Metode pembuatan balok komposit prategang ada dua macam, yaitu metode penggunaan perancah dan metode tanpa perancah. Tujuan penulisan tugas akhir ini untuk membandingkan kedua macam metode tersebut dan mengetahui seberapa besar perbedaan kekuatan balok dengan kedua metode tersebut.

Analisis dilakukan dengan cara membandingkan antara metode pemakaian perancah dengan tanpa perancah pada bentang yang sama, dengan variasi bentang 50 ft, 66 ft, 82 ft, 98,5 ft, 115 ft, 131,5 ft, dengan beban yang sama dan dengan data bahan struktur yang sama, yaitu $f_c' = 6400$ psi, $\gamma_{bt} = 150$ lb/ft³, $f_{c\ slab} = 3800$ psi, $f_{pu} = 270$ ksi, dan $f_y = 60$ ksi. Beban mati eksternal langsung membebani unit pratekan sebelum terjadi komposit dan beban hidup membebani setelah terjadi komposit pada metode tanpa perancah. Sedangkan pada metode dengan perancah beban eksternal baik beban mati maupun beban hidup bekerja setelah beton menjadi komposit.

Dari hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan unit prategang metode dengan perancah dimensi penampangnya lebih kecil 12,9 % dari metode tanpa perancah. Dan penggunaan tendon pada metode dengan perancah lebih kecil 12,6 % dari metode tanpa perancah. Dengan perbedaan tegangan pada dimensi yang sama metode perancah lebih kecil dari metode tanpa perancah, pada saat layan sebesar 32,7 % untuk serat atas, dan 41,2% untuk serat bawah. Lendutan pada metode perancah lebih kecil dari metode tanpa perancah dengan perbedaan sebesar 25,7%.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan ilmu pengetahuan yang bermanfaat di semua bidang kehidupan, mendorong manusia untuk semakin meningkatkan pengetahuannya dan terdorong untuk menciptakan teknologi yang baru. Teknologi yang digunakan merupakan cara yang efisien dan efektif dalam penggunaannya.

Salah satu dari penciptaan teknologi di bidang teknik sipil adalah struktur beton komposit. Struktur beton ini merupakan gabungan antara bahan yang mempunyai sifat dan kekuatan yang berbeda. Struktur beton komposit dapat berupa gabungan antara beton dengan baja profil atau gabungan antara beton cetak dengan beton cor ditempat. Struktur yang dibahas berupa struktur beton komposit antara balok beton pracetak prategang dengan pelat cor ditempat. Penggunaan beton pracetak dikarenakan semakin bertambah pentingnya industri konstruksi dan sistem bangunan yang menuntut mutu, efisiensi waktu dan biaya.

Pada analisis tugas akhir ini struktur balok komposit beton pracetak prategang memiliki kekuatan yang lebih tinggi dari beton pelat cor ditempat. Kedua komponen harus dapat menjadi satu kesatuan yang monolit (komposit) untuk bekerja menahan gaya-gaya yang terjadi. Untuk menggabungkan kedua komponen

pada permukaan beton pracetak dibuat kasar atau dengan memberi sengkang pada unit pracetak terhadap pelat beton cor ditempat.

1.2 Tujuan dan Batasan Masalah

Tujuan dari studi literatur (studi komparasi) mengenai struktur beton komposit, beton pracetak prategang dan beton cor ditempat (*cast in-place*) dengan metode kontruksi menggunakan perancah dan metode konstruksi tanpa menggunakan perancah adalah sebagai berikut :

1. membandingkan analisis mekanisme gaya-gaya yang bekerja pada struktur balok beton komposit pracetak prategang dan cor langsung ditempat (*cast in-place*) dengan menggunakan perancah dan tanpa menggunakan perancah,
2. mampu menganalisis perilaku struktur balok beton komposit terhadap pengaruh lendutan, lentur dan geser yang disebabkan beban yang bekerja pada kedua metode,
3. mampu menganalisis tegangan-tegangan yang terjadi pada tampang balok beton komposit sehingga diperoleh tampang yang efisien dan aman dari kedua metode yang digunakan.

Batasan-batasan masalah yang diambil pada penyusunan studi literatur ini adalah sebagai berikut :

1. balok komposit yang digunakan adalah balok beton pracetak prategang dengan pelat beton cor ditempat,

2. beton pracetak prategang yang digunakan menggunakan sistem prategang pasca tarik,
3. penarikan tendon balok dilakukan sebelum pengecoran pelat,
4. tinjauan tampang balok beton pasca tarik sebelum terjadi komposit adalah tampang I setelah terjadi komposit menjadi tampang T,
5. analisis tegangan dilakukan pada saat struktur belum menjadi komposit dan setelah struktur menjadi komposit,
6. analisis dilakukan hanya pada struktur balok, sedangkan penulangan pelat tidak diperhitungkan dalam perencanaan,
7. struktur terletak pada tumpuan sederhana,
8. metode konstruksi yang digunakan adalah sistem konstruksi menggunakan perancah dan konstruksi tanpa perancah,
9. peraturan pembebanan disesuaikan dengan ACI Code 1989,
10. struktur yang ditinjau adalah struktur balok lantai bangunan gedung rumah sakit,
11. bentang balok diambil sebagai variabel.

1.3 Manfaat dari Analisis Masalah

1. Hasil yang didapat dari seluruh analisis diharapkan dapat digunakan dalam pemanfaatan bidang teknik sipil khususnya pada struktur beton komposit.
2. Memberikan alternatif dalam pelaksanaan struktur beton komposit.

1.4 Metode Analisis

Pada penulisan tugas akhir ini metode analisis yang digunakan :

1. Bahan dan Perilaku Struktur

Sebelum merencanakan suatu struktur harus terlebih dahulu dipahami karakteristik bahan dan perilaku dari penggunaan struktur tersebut. Kemudian memahami ketentuan dasar untuk selanjutnya digunakan sebagai dasar perencanaan.

2. Penetapan Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan sesuai dengan tinjauan yang akan dianalisis dan tujuan yang akan dicapai. Pada analisis tegangan lentur balok komposit menggunakan metode elastis dan analisis kapasitas momen menggunakan metode ultimit.

3. Perhitungan Struktur

Perhitungan struktur dilakukan dengan membandingkan analisis antara konstruksi menggunakan perancah dan konstruksi tanpa menggunakan perancah, sesuai dengan karakteristik bahan, perilaku struktur, beban-beban yang bekerja dan metode analisis yang digunakan. Sehingga perhitungan perencanaan dapat dilakukan sesuai dengan tujuan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan program komputer bahasa basic.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

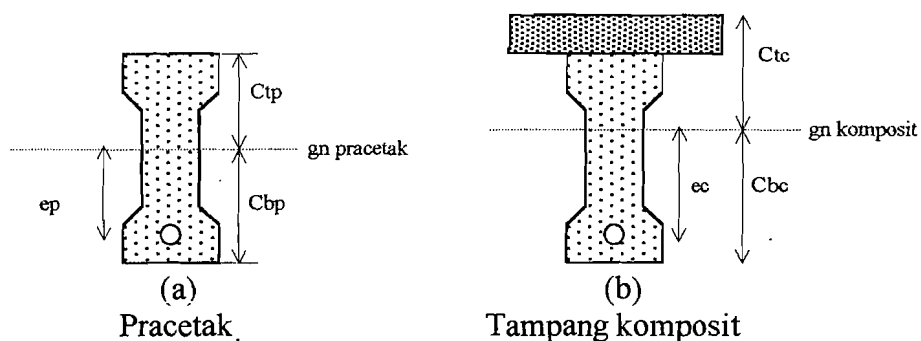
Seperti diketahui bahwa balok merupakan bagian dari struktur yang berfungsi sebagai penerus beban dari pelat ke struktur kolom atau ke tumpuan. Balok prategang komposit dipakai bila dikehendaki suatu bentang yang panjang atau bila beban yang diterima balok cukup besar sehingga perlu dipergunakan suatu balok yang kuat tetapi efisien.

Raju (1988) mengemukakan awal mulanya aplikasi konstruksi komposit pada tahun 1938 untuk suatu jembatan lalu lintas kendaraan bermotor dan hitungan terperinci disajikan oleh Morch dalam tahun 1943.

2.2 Definisi Konstruksi Komposit Beton Prategang

Nilson (1987) menyatakan bahwa istilah konstruksi komposit pada struktur beton prategang adalah konstruksi gabungan dari beton pracetak prategang (balok) dengan beton cor di-tempat (pelat). Bentuk elemen-elemen pracetak prategang antara lain balok T tunggal, T ganda dan I serta pelat berongga. Pada pelaksanaan konstruksi komposit biasanya pelat beton cor ditempat, digunakan sebagai penutup (*topping*) dan biasanya tanpa tulangan. Selain itu terdapat juga struktur komposit menggunakan balok I pracetak prategang yang dikombinasikan dengan pelat beton

bertulang (cor langsung ditempat), sehingga kemudian perilaku balok berubah menjadi balok T (struktur balok hibrid). Jika balok balok tersebut ditegangkan setelah pelat penutup mengeras maka analisis perilaku balok adalah balok T komposit. Sedangkan jika balok I ditegangkan sebelum komposit (tampang I) dan sesudah menjadi komposit (tampang T). Gambar 2.1a menunjukkan tampang geometris balok pracetak tampang I, sedangkan gambar 2.1b menunjukkan geometris tampang I yang menjadikan tampang T komposit dengan penambahan pelat cor di tempat. Pada notasi gambar terdapat indeks p menunjukkan geometris penampang pracetak sedang c menunjukkan geometris penampang komposit.

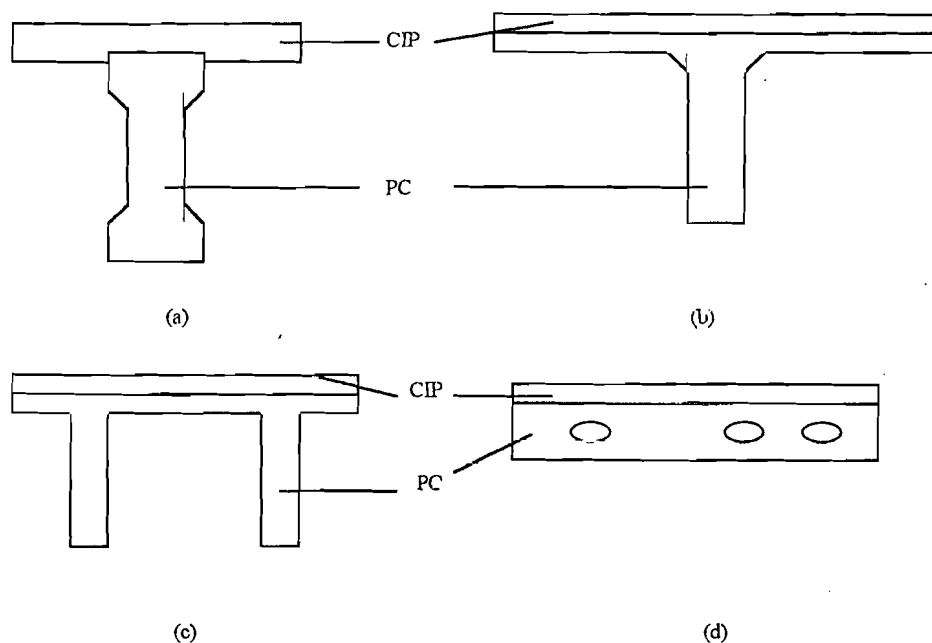


Gambar 2.1: Tampang pracetak dan komposit

Bentuk dari struktur komposit yang umum digunakan dapat dilihat seperti pada gambar 2.2 bagian elemen pracetak (PC) berarsir dan bagian elemen pelat cor ditempat (CIP) tidak berarsir. Tampang balok pada gambar 2.2a sering digunakan pada struktur jembatan jalan raya dengan bentang pendek atau menengah. Sedangkan tampang balok T tunggal seperti pada gambar 2.2b sering digunakan pada struktur dengan bentang menengah sampai yang panjang. Balok ini sering digunakan pada

struktur pelat atap atau sistem pelat lantai seperti areal parkir bertingkat. Kemudian untuk tampang struktur komposit yang menggunakan balok tampang T ganda, gambar 2.2c, sering digunakan sebagai balok untuk bentang pendek atau menengah. Dan pelat berongga (*hollowcore*), gambar 2.2d digunakan pada struktur lantai.

Perencanaan pelat beton penutup (*topping*) biasanya dengan ketebalan 2 atau 3 inci untuk pelat lantai bangunan jika direncanakan sebagai elemen non struktural, sedangkan apabila dianggap sebagai elemen struktural atau digunakan untuk pelat pada struktur jembatan ketebalannya direncanakan lebih dari 3 inci.



Gambar 2.2 :Tipe-tipe tampang struktur komposit ,(a)balok I ,(b)balok T tunggal (c)balok T ganda , (d) pelat berongga (*hollowcore*)

Beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam merencanakan balok komposit, antara lain kapasitas momen, kapasitas geser, mekanisme gaya-gaya yang bekerja dan perilaku balok setelah menerima beban kerja. Pada tugas akhir ini akan diuraikan mengenai struktur beton komposit antara balok pracetak prategang dengan pelat beton cor ditempat (*cast in-place*) dengan metode tanpa perancah dan dengan perancah pada saat pengecoran pelat beton cor di tempat.

Lebih lanjut Nilson menyatakan untuk mencegah terjadinya kehancuran akibat gaya horisontal, balok pracetak prategang dibuat menyatu dengan pelat cor beton ditempat sedemikian sehingga menjadi kesatuan yang monolit. Kerja beton komposit antara dua komponen akan tercapai bila tercapai tahanan geser antara kedua komponen tersebut. Tahanan geser akan terjadi dengan membuat kasar permukaan komponen beton pracetak atau dengan memberi *stud connector* yang biasanya berupa dowel. Kasus di atas adalah kasus sederhana dari kerja komposit, ada beberapa kasus lain seperti beton pracetak dan bagian yang dicor ditempat, diletakkan pada begesting yang ditumpu di bawahnya dan dibongkar setelah pelat beton mengeras. Hal ini memungkinkan seluruh penampang komposit untuk menahan momen yang dihasilkan oleh berat pelat, jadi balok pracetak praktis tidak memikul berat sendiri.

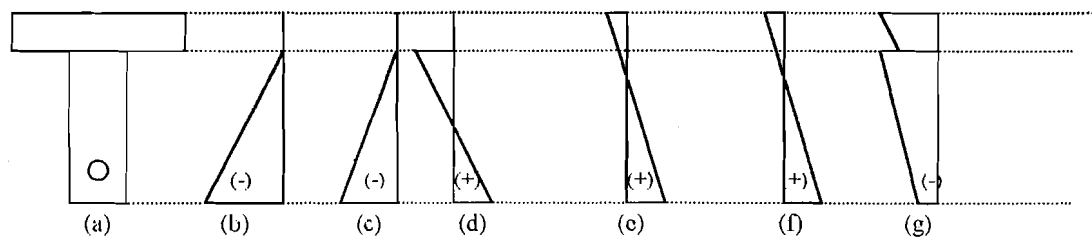
Pada unit pratekan yang berkekuatan tinggi tendon baja digunakan untuk menahan beban pada daerah tarik, sedangkan beban pada daerah tekan ditahan oleh beton cor langsung ditempat yang memiliki kekuatan relatif rendah.

2.3 Macam Konstruksi Komposit

Nawy (1996) mendefinisikan konstruksi komposit ditinjau dari pelaksanaan pengerjaannya konstruksi beton komposit dapat dibagi menjadi dua metode pelaksanaan.

1. Metode Konstruksi dengan Perancah (*Fully Shored Construction*)

Pada struktur beton prategang komposit terjadi dua keadaan, yaitu sebelum struktur menjadi komposit dan setelah struktur menjadi komposit. Pada metode konstruksi ini tegangan-tegangan beban mati yang timbul pada unit-unit pratekan pracetak dapat diminimalisasikan dengan memberikan perancah sewaktu pengecoran pelat (*cast in place*) dilaksanakan. Sehingga beban plat cor di tempat dan beban hidup hanya bekerja pada saat beton sudah komposit. Sedangkan beban/berat sendiri beton pracetak sudah bekerja sebelum beton komposit.

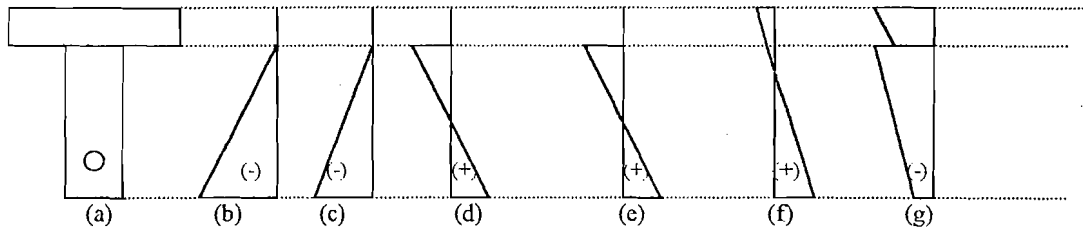


Gambar 2.3 : Tegangan penampang komposit dengan perancah (Raju, 1988) , (a) penampang balok, (b) Prategang awal, (c) Prategang efektif, (d) Tegangan berat sendiri, (e) Tegangan akibat c.i.p, (f) Tegangan beban hidup, (g) Tegangan total

2. Metode Konstruksi Tanpa Perancah (*Unshored Construction*)

Pada metode ini unit pracetak tidak diberi perancah sewaktu pelaksanaan pengecoran beton pelat (*cast in place*) dilaksanakan. Tegangan yang sudah bekerja

sebelum beton komposit diakibatkan oleh beban/berat sendiri dan beban mati plat cor di tempat, sedangkan beban hidup bekerja setelah beton menjadi komposit.



Gambar 2.4 : Tegangan penampang komposit tanpa perancah (Raju, 1988), (a)penampang balok, (b)Prategang awal, (c)Prategang efektif, (d)Tegangan berat sendiri, (e)Tegangan akibat c.i.p, (f)Tegangan beban hidup, (g)Tegangan total

2.4 Konsep Dasar Beton Prategang

Karena struktur beton komposit merupakan struktur gabungan dari beton pracetak prategang dengan beton cetak ditempat, maka perlu dijelaskan mengenai beton prategang sebagai salah satu unsur dari struktur beton komposit.

Beton prategang merupakan salah satu dari hasil perkembangan teknologi di dunia konstruksi. Lin dan Burns (1982) menyatakan bahwa beton prategang merupakan kombinasi aktif dari beton berkekuatan tinggi dan baja mutu tinggi. Hal ini dapat dicapai dengan menarik baja (tendon) dan menahannya ke beton, sehingga akan mengakibatkan beton pada keadaan tertekan.

Untuk menjelaskan atau menganalisis sifat dasar beton prategang dikenal tiga konsep, yaitu:

- a. Sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis.
- b. Sistem prategang sebagai kombinasi baja mutu tinggi dengan beton.
- c. Sistem prategang untuk mencapai keseimbangan beban.

Dalam tulisan tugas akhir ini analisis yang digunakan sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis. Menurut konsep ini beton yang bersifat getas ditransformasikan menjadi bahan yang bersifat elastis, dengan cara memberi tekanan atau desakan terlebih dahulu. Dari konsep ini timbul kriteria tidak terjadi tegangan tarik pada beton (*full-prestress*), karena bagian beton yang akan mengalami desak terlebih dahulu karena gaya prategang, berarti beton tidak mengalami retak pada beban kerja.

Pada pandangan ini beton divisualisasikan sebagai benda yang mengalami dua sistem pembebanan, yaitu gaya internal (prategang) dan beban eksternal (berat sendiri + beban mati + beban hidup)

2.5 Sistem-Sistem Prategang

Lin dan Burns (1982) mendefinisikan sistem prategang menjadi dua yaitu:

1. Beton Prategang Sistem Pratarik (*Pretension*)

Cara yang sederhana untuk menegangkan komponen struktur pratarik adalah dengan menarik kabel-kabel di antara dua dinding penahan (*bulkhead*) dan diangkurkan pada ujung-ujung lantai kerja. Setelah beton mengeras, kabel dipotong dan lepas dari dinding penahan dan gaya prategang dialihkan ke beton.

2. Beton Prategang Sistem Pascatarik (*post-tension*)

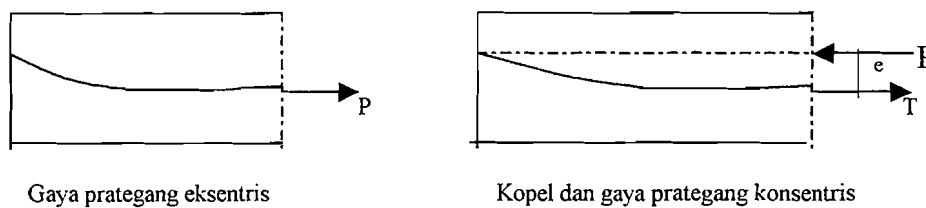
Sistem pasca tarik merupakan kebalikan sistem pratarik. Pada cara ini, pertamanya beton dicor lebih dahulu, dengan baja prategang yang diletakkan dalam selongsong (*duck*) yang ikut dicor. Setelah beton mencapai umur / kekuatan tertentu, baja prategang ditarik dan kemudian dijangkarkan pada ujung komponen. Transfer gaya prategang pada sistem ini melalui angkur. Bila rongga antara selongsong dan baja prategang diisi dengan adukan semen (semen+air+pasir halus+bahan tambah) disebut tendon terikat (*bounded*), sedang bila tidak digrouting disebut tendon tak terikat (*unbounded*). Pada tendon unbounded umumnya ruang antara selubung dan baja prategang diberi oli atau bahan kimia untuk mencegah terjadinya karat pada tendon.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Analisis Tegangan Lentur pada Struktur beton Prategang

Pada analisis tegangan lentur struktur beton komposit gaya prategang P bekerja dengan eksentrisitas sebesar e , maka dimungkinkan untuk memecah gaya menjadi gaya yang melalui titik berat dan momen $P.e$ seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 : gaya prategang pada balok

Dengan teori elastik, tegangan serat pada setiap titik akibat Pe diberikan oleh persamaan.

$$f = \frac{M.y}{I} + \frac{P.e.y}{I} \quad (3.1)$$

resultan tegangan akibat gaya prategang eksentris diberikan oleh persamaan.

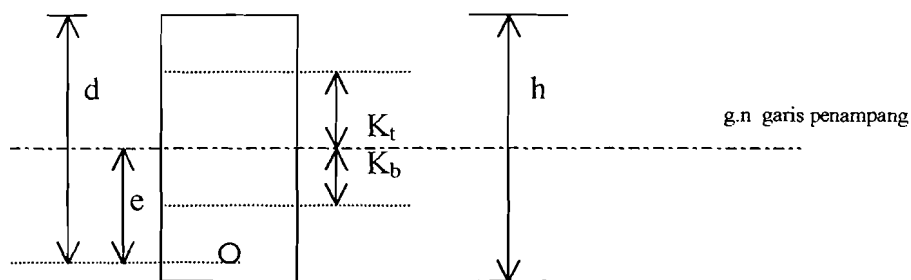
$$f = \frac{P}{A_c} \pm \frac{P.e.y}{I} \quad (3.2)$$

3.2 Pola Tegangan Beton Prategang

Kelebihan beton prategang adalah pada tingkat beban kerja dan besarnya tegangan yang biasanya ditentukan dengan tegangan ijin. Maka bagian utama perencanaan dan analisis menggunakan beban kerja dan tegangan ijin (elastis), selain itu juga harus memenuhi syarat-syarat sehingga beberapa bagian struktur juga dilakukan analisis dengan metode kekuatan batas.

Pola yang terjadi pada sistem prategang pratarik maupun pasca tarik ditinjau pada dua kondisi yaitu pada saat awal dan pada saat layan.

Gambar di bawah ini menunjukkan tampang geometris balok prategang



Gambar 3.2 : Penampang geometris balok prategang

Dari gambar diperoleh hasil :

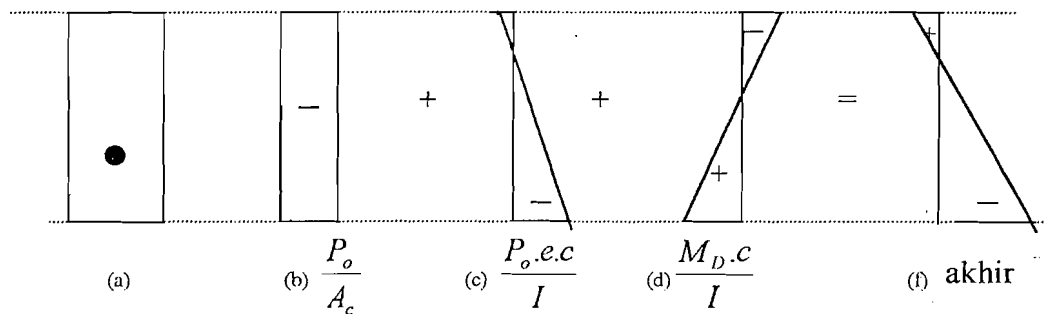
$$K_t = \frac{r^2}{c_b} \quad (3.3)$$

$$K_b = \frac{r^2}{c_t} \quad (3.4)$$

$$r^2 = \frac{I}{A_c} \quad (3.5)$$

1. Saat awal

Distribusi tegangan balok prategang pada saat awal ditunjukkan pada gambar



Gambar 3.3 : Diagram tegangan pada saat awal (P_o)

Tegangan akhir yang terjadi :

a. Serat atas

$$f_t = -\frac{P_o}{A_c} + \frac{P_o \cdot e \cdot c_t}{I} - \frac{M_D \cdot c_t}{I} \quad \text{dengan} \quad s_t = \frac{I}{c_t} \quad (3.6)$$

$$f_t = -\frac{P_o}{A_c} + \frac{P_o \cdot e \cdot A_c}{s_t \cdot A_c} - \frac{M_D}{s_t} \quad (3.7)$$

$$f_t = -\frac{P_o}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot A_c}{s_t} \right) - \frac{M_D}{s_t} \quad \text{dengan} \quad r^2 = \frac{I}{A_c} \quad (3.8)$$

$$f_t = -\frac{P_o}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot c_t}{r^2} \right) - \frac{M_D}{s_t} \quad (3.9)$$

b. Serat bawah

$$f_b = -\frac{P_o}{A_c} - \frac{P_o \cdot e \cdot c_b}{I} + \frac{M_D \cdot c_b}{I} \quad \text{dengan} \quad s_t = \frac{I}{c_b} \quad (3.10)$$

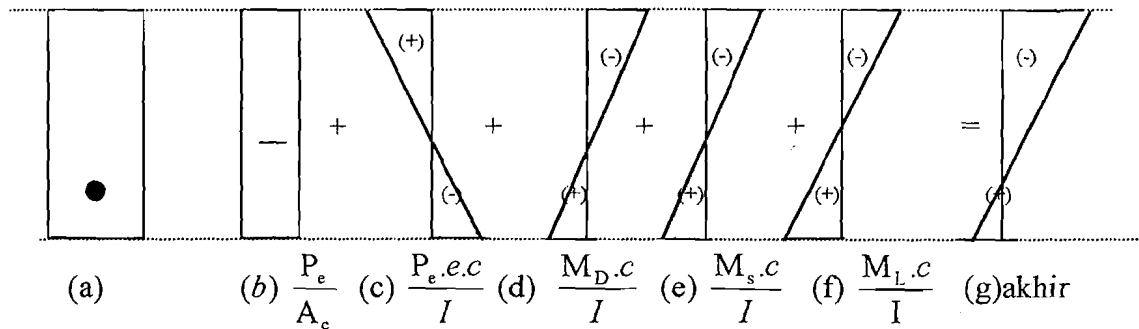
$$f_b = -\frac{P_o}{A_c} - \frac{P_o \cdot e \cdot A_c}{s_b \cdot A_c} + \frac{M_D}{s_b} \quad (3.11)$$

$$f_b = -\frac{P_o}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot A_c}{s_b} \right) - \frac{M_D}{s_b} \quad \text{dengan} \quad r^2 = \frac{I}{A_c} \quad (3.12)$$

$$f_b = -\frac{P_o}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot c_b}{r^2} \right) - \frac{M_D}{s_b} \quad (3.13)$$

2. Saat layan

Gambar dibawah ini menunjukkan distribusi tegangan balok prategang pada saat layan



Gambar 3.4 : Diagram tegangan pada saat layan (P_e)

Tegangan akhir :

a. Serat atas

$$f_t = -\frac{Pe}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot c_t}{s_t} \right) - \frac{M_t}{s_t} \quad , \text{ dengan} \quad M_t = M_D + M_S + M_L \quad (3.14)$$

b. Serat bawah

$$f_b = -\frac{Pe}{A_c} \left(1 + \frac{e \cdot c_b}{s_b} \right) + \frac{M_t}{s_b} \quad , \text{ dengan} \quad M_t = M_D + M_S + M_L \quad (3.15)$$

3.3 Kehilangan Gaya Prategang

Analisis dari keseluruhan dan rancangan dari komponen struktur beton prategang akan menyertakan pertimbangan gaya-gaya efektif dari tendon prategang pada setiap tahap pembebanan. Adapun tahap-tahap tersebut diberikan menurut Lin dan Burn (1982) adalah sebagai berikut ini :

1. Sesaat setelah peralihan gaya prategang ke penampang beton , tegangan-tegangan di evaluasi sebagai acuan perilaku. Pengecekan ini termasuk gaya terbesar pada tendon yang bekerja pada beton yang mungkin jauh dibawah kekuatannya pada umur 28 hari, f'_c . Peraturan ACI menunjukkan kekuatan beton sebagai f'_{ci} pada tahap permulaan ini dan memberikan tegangan ijin dan tegangan pada beton.
2. Pada beban kerja, setelah semua kehilangan gaya prategang terjadi dan tingkat prategang efektif jangka panjang telah tercapai, tegangan-tegangan diperiksa sebagai tolok ukur kekuatan. Tegangan efektif pada baja, f_{pe} , setelah terjadi kehilangan gaya diasumsikan untuk tendon sementara komponen struktur memikul beban hidup dan beban mati. Juga kekuatan beton kemudian dianggap bertambah menjadi f'_e .

Sulit untuk menyamakan jumlah kehilangan gaya prategang, karena tergantung dari banyak faktor, seperti, sifat-sifat baja dan beton, pemeliharaan dan keadaan kelembaban, besar dan waktu penggunaan gaya prategang.

Kehilangan gaya prategang yang diijinkan untuk pascatarik sebesar 20% sampai 25 % dan untuk beton pratarik sebesar 25% sampai 30 %. Gaya prategang efektif merupakan gaya prategang awal dikalikan dengan faktor reduksi. Sedangkan

faktor reduksi adalah pengurangan dari besarnya kehilangan gaya prategang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$P_e = R \cdot P_o$$

$$R = 1 - (\text{kehilangan gaya prategang}) \quad (3.16)$$

Dengan :

P_e = prategang efektif (KN)

P_o = gaya prategang awal (KN)

R = faktor reduksi gaya prategang

3.4 Metode Elastis pada Struktur Balok Komposit Tanpa Menggunakan Perancah

Distribusi tegangan pada balok prategang dibedakan pada saat transfer dan pada saat layan. Pada saat transfer tegangan hanya dipengaruhi oleh gaya prategang awal (P_o) dan momen akibat berat sendiri balok prategang (W_D). Pada saat layan, beton prategang komposit terjadi dua keadaan, yaitu sebelum struktur menjadi komposit dan setelah struktur menjadi komposit. Tegangan yang terjadi untuk balok komposit prategang tanpa perancah adalah sebagai berikut.

a. Tegangan pada saat transfer

$$f_t = -\frac{P_o}{A_{cp}} \left(1 - \frac{e_p \cdot c_{tp}}{r_p^2} \right) - \frac{M_D}{S_{tp}} \quad (3.17)$$

$$f_b = -\frac{P_o}{A_{cp}} \left(1 + \frac{e_p \cdot c_{bp}}{r_p^2} \right) + \frac{M_D}{S_{bp}} \quad (3.18)$$

b. Tegangan pada saat layan sebelum terjadi komposit

$$f_t = -\frac{P_e}{A_{cp}} \left(1 - \frac{e_p \cdot c_{ip}}{r_p^2} \right) - \frac{M_D + M_{SD}}{S_{ip}} \quad (3.19)$$

$$f_b = -\frac{P_e}{A_{cp}} \left(1 + \frac{e_p \cdot c_{bp}}{r_p^2} \right) + \frac{M_D + M_{SD}}{S_{bp}} \quad (3.20)$$

c. Tegangan pada saat layan setelah terjadi komposit

$$f_t = -\frac{P_e}{A_{cp}} \left(1 - \frac{e_p \cdot c_{ip}}{r_p^2} \right) - \frac{M_D + M_{SD}}{S_{ip}} - \frac{M_{CSD} + M_L}{S_{ic}} \quad (3.21)$$

$$f_b = -\frac{P_e}{A_{cp}} \left(1 + \frac{e_p \cdot c_{bp}}{r_p^2} \right) + \frac{M_D + M_{SD}}{S_{bp}} + \frac{M_{CSD} + M_L}{S_{bc}} \quad (3.22)$$

3.5 Metode Elastis pada Struktur Balok Komposit Dengan Menggunakan Perancah

Distribusi tegangan pada saat transfer balok komposit prategang dengan menggunakan perancah sama dengan yang tanpa perancah. Pada saat layan tegangan-tegangan yang terjadi adalah sebagai berikut.

a. Tegangan sebelum terjadi komposit

$$f_t = -\frac{P_e}{A_{cp}} \left(1 - \frac{e_p \cdot c_{ip}}{r_p^2} \right) - \frac{M_D}{S_{ip}} \quad (3.23)$$

$$f_b = -\frac{P_e}{A_{cp}} \left(1 + \frac{e_p \cdot c_{bp}}{r_p^2} \right) + \frac{M_D}{S_{bp}} \quad (3.24)$$

b. Tegangan setelah terjadi komposit

$$f_t = -\frac{P_e}{A_{cp}} \left(1 - \frac{e_p \cdot c_{tp}}{r_p^2} \right) - \frac{M_D}{S_{tp}} - \frac{M_{SD} + M_{CSD} + M_L}{S_{tc}} \quad (3.25)$$

$$f_t = -\frac{P_e}{A_{cp}} \left(1 + \frac{e_p \cdot c_{bp}}{r_p^2} \right) + \frac{M_D}{S_{bp}} + \frac{M_{SD} + M_{CSD} + M_L}{S_{bc}} \quad (3.26)$$

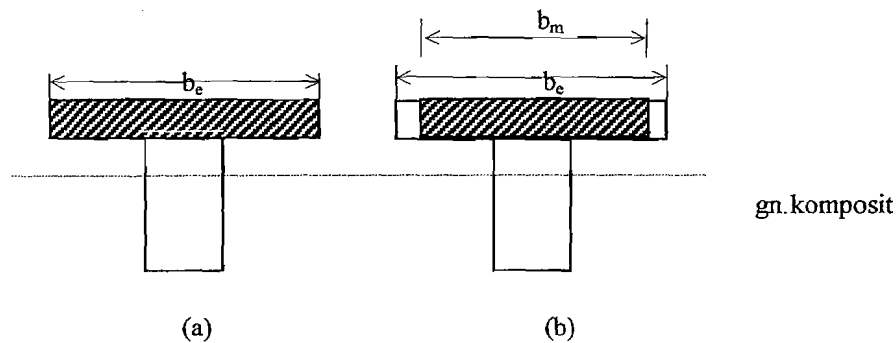
Kekuatan elastis beton komposit dipengaruhi oleh kekuatan beton pracetak yang lebih tinggi dari beton cor di tempat. Untuk itu kekuatan beton cor di tempat ditransformasikan sama dengan nilai modulus beton prategang. Jika f_{cp} adalah tegangan beton pracetak dan f_c adalah tegangan beton cor di tempat, E_c adalah modulus elastis dari beton biasa dan E_{cp} adalah modulus elastisitas dari beton prategang, maka persamaan faktor modifikasi dari sayap adalah:

$$\frac{f_c}{E_c} = \frac{f_{cp}}{E_{cp}} \quad (3.27)$$

$$\frac{E_c}{E_{cp}} = n \quad (3.28)$$

$$b_m = n \cdot b \quad (3.29)$$

Gambar 3.5a memperlihatkan tampang beton yang menjadi komposit (monolit), dan 3.5b memperlihatkan lebar modifikasi akibat transformasi tegangan beton cor di tempat yang telah sama dengan tegangan beton prategang.

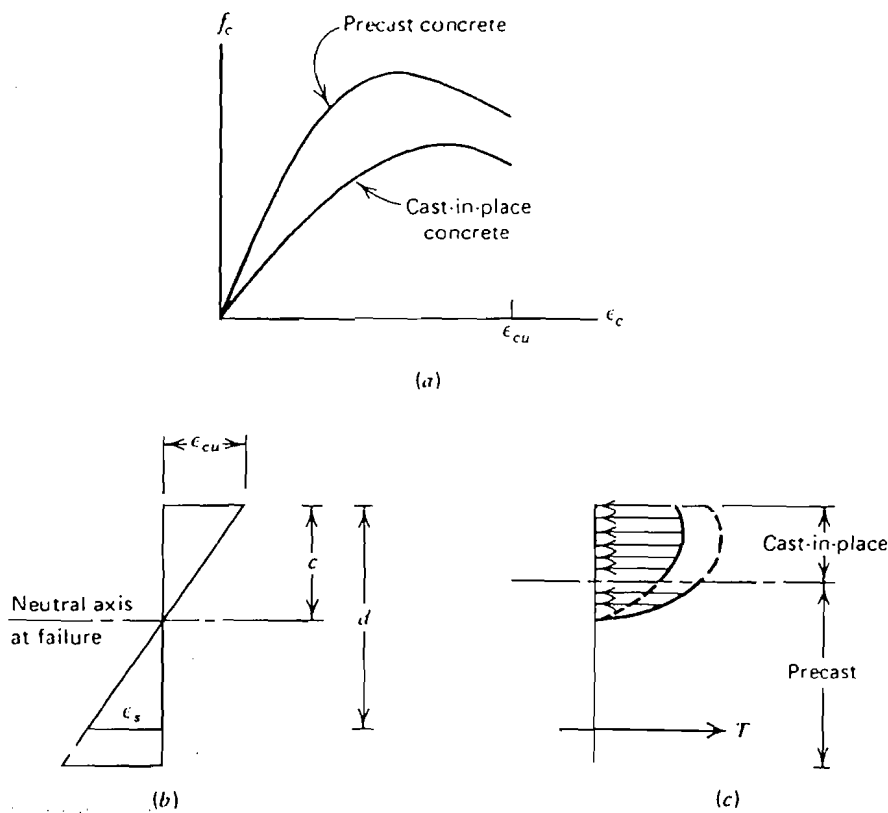


Gambar 3.5: Lebar efektif sayap dan lebar modifikasi sayap

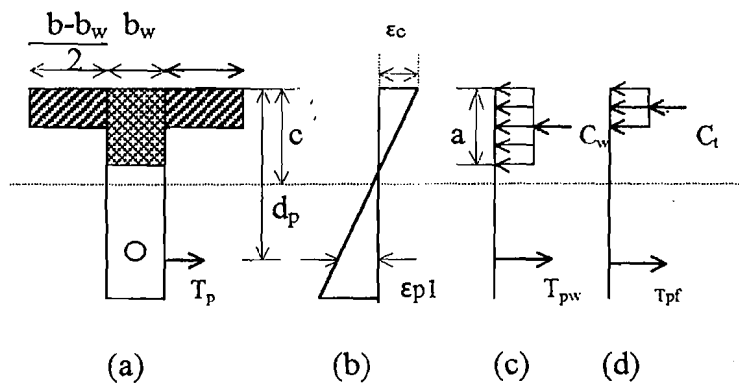
Lebar modifikasi (b_m) berdasarkan pada modulus ratio n , yang disubstitusikan sebagai lebar sebenarnya b_e dalam perhitungan tampang. Setelah perubahan itu, sayap mempunyai kekuatan yang sama dengan balok prategang. Dari ketentuan yang disajikan pada bab ini untuk tegangan lentur pada pracetak dan beton cor ditempat akibat pengaruh susut diferensial dan efek rangkak antara dua komponen yang ada diabaikan.

3.6 Kapasitas Lentur Struktur Balok Komposit Tampang T

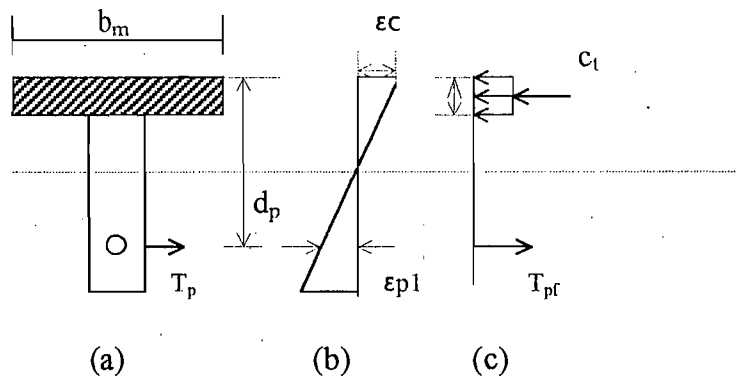
Pada metode elastis karena perbedaan modulus elastisitas antara pelat beton cor di tempat dan pracetak, dalam perhitungannya digunakan lebar modifikasi sayap (b_m). Akibat dari momen tampang non komposit dapat diabaikan tanpa kesalahan yang fatal pada saat tahap pembebanan berlebih. Perbedaan kuat desak beton saat pemberian tegangan pada kedua material akan mengakibatkan tegangan tidak menerus pada permukaan singgungnya. Gambar 3.6 menunjukkan diagram tegangan regangan pracetak dan beton cor di tempat, serta gambar regangan saat runtuh dan tegangan saat runtuh.



Gambar 3.6 : Distribusi tegangan dan regangan pada saat runtuh. (a) Perbandingan tegangan dan regangan. (b) Regangan saat runtuh. (c) Tegangan saat runtuh.



Gambar 3.7 : Diagram tegangan dan gaya dalam (a pada badan). (a) Tampang balok T. (b) regangan yang terjadi. (c) Tegangan dan gaya pada badan. (d) Tegangan dan gaya pada sayap



Gambar 3.8 : Diagram tegangan, regangan dan gaya pada sayap.

Kekuatan balok untuk menahan momen beban yang dipikul oleh tampang disebut momen nominal. Momen nominal ini harus lebih besar atau sama dengan momen nominal yang terjadi akibat beban. Untuk kapasitas lentur pada balok tampang T, momen ini akan ditahan oleh baja prategang, untuk gaya tarik dan bagian sayap dan mungkin sebagian badan untuk daerah desak.

Pada gambar 3.7 diperlihatkan bahwa gaya prategang total (T_p) adalah:

$$T_p = T_{pw} + T_{pf} \quad (3.30)$$

$$T_{pw} = A_{pw} \cdot f_{ps} \quad (3.31)$$

T_{pw} adalah bagian dari gaya tarik rencana yang diterima oleh badan, sedang T_{pf} adalah bagian dari gaya tarik rencana yang diterima oleh bagian sayap yang sama dengan C_f

$$T_{pf} = C_f = 0,85 f_c (b - b_w) h_s \quad (3.32)$$

$$A_{ps} \cdot f_{ps} = A_{pw} \cdot f_{ps} + 0,85 f_c (b - b_w) h_s \quad (3.33)$$

$$T_{pw} + T_{pf} = C_w + C_f \quad (3.34)$$

Karena T_{pf} sama dengan C_f maka:

$$T_{pw} = C_w \quad (3.35)$$

$$A_{pw} \cdot f_{ps} = 0,85 f'_c b_w a \quad (3.36)$$

$$a = \frac{A_{pw} \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w} \quad (3.37)$$

$$\text{atau } a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} - 0,85 \cdot f'_c \cdot (b - b_w) \cdot h_s}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w} \quad (3.38)$$

Sehingga momen nominal rencana adalah sebagai berikut:

$$M_n = A_{pw} f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2} \right) + 0,85 \cdot f'_c (b_m - b_w) h_s \left(d_p - \frac{h_s}{2} \right) \quad (3.39)$$

Sedangkan pada gambar 3.8 diperlihatkan bahwa gaya prategang total adalah

T_{pf} , merupakan gaya tarik yang diterima oleh bagian sayap yang sama dengan C_f .

$$T_{pf} = C_f = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_m \cdot h_s \quad (3.40)$$

$$T_p = C_{pf} \quad (3.41)$$

$$T_{ps} \cdot f_{ps} = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_m \cdot h_s \quad (3.42)$$

$$\text{maka, } a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_m} \quad (3.43)$$

Sehingga momen nominal rencana adalah sebagai berikut,

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_m \cdot a \left(d_p - \frac{a}{2} \right) \quad (3.44)$$

3.7 Gaya Geser Horizontal Pada Balok Komposit

Pada balok komposit terjadi dua gaya geser, yaitu gaya geser pada badan dan gaya geser pada permukaan singgung antara bagian atas balok pracetak dan bagian bawah pelat beton. Gaya geser badan diakibatkan oleh beban yang diterima oleh balok, sedangkan geser yang terjadi pada bagian singgung antara permukaan balok pracetak dan pelat diakibatkan adanya gaya gesek atau kekasaran permukaan keduanya. Gaya geser badan dapat ditahan oleh tulangan badan atau sengkang sedangkan gaya geser yang terjadi pada permukaan singgung kedua beton tersebut ditahan oleh dowel atau stud connector yang juga berfungsi sebagai penyatu antara balok pracetak dan beton cor ditempat (pelat) sehingga menjadi satu tampang yang komposit.

3.7.1 Gaya Geser Badan

Prinsip dasar perhitungan gaya geser pada badan adalah, bahwa gaya geser yang terjadi harus lebih kecil dari gaya geser rencana.

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.45)$$

$$\text{Dimana } V_n = V_c + V_s \quad (3.46)$$

$$\text{Sehingga } V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad (3.47)$$

ϕV_c adalah kekuatan beton yang menahan gaya geser, dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

bila $f_{pe} > 0,4 f_{pu}$ digunakan

$$V_c = \left(0,6\sqrt{f'c} + 700 \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d \quad (3.48)$$

$$\text{atau } \left(2\sqrt{f'c} b_w d \right) \leq V_c \leq \left(5\sqrt{f'c} b_w d \right) \quad (3.49)$$

Bila $0,4f_{pu} < f_{pe}$ digunakan harga yang terkecil dari hasil persamaan dibawah ini.

$$V_{ci} = \left(0,6\sqrt{f'c} b_w + V_d + \frac{V_i M_{cr}}{M_{Max}} \right) \quad (3.50)$$

atau

$$V_{cw} = \left(\left(3,5\sqrt{f'c} + 0,3f_{pc} \right) b_w d + V_p \right) \quad (3.51)$$

3.7.2 Gaya Geser Horizontal pada Permukaan Singgung dan Perencanaan

Dowel

Perencanaan dowel pada permukaan singgung komposit dapat menggunakan persamaan dasar gaya geser horizontal V_{uh} .

$$V_{uh} = \frac{V}{b_v d_{pc}} \quad (3.52)$$

Pada batas runtuh, persamaan (3.52) dapat dimodifikasi dengan mengubah V dengan faktor beban V_u .

$$V_{uh} = \frac{V_u}{b_v d_{pc}} \quad (3.53)$$

atau dengan menggunakan gaya geser vertikal nominal, V_n .

$$V_{uh} = \frac{V_u / \phi}{b_v d_{pc}} = \frac{V_n}{b_v d_{pc}} \quad (3.54)$$

Dimana $\phi = 0,85$. Jika V_{nh} adalah gaya geser horisontal nominal, dengan $V_u \leq V_{nh}$, maka gaya geser horisontal total adalah :

$$V_{nh} = V_{uh} \cdot b_v \cdot d_{pc} \quad (3.55)$$

Menurut ketentuan ACI-CODE, jika tanpa dowel atau begel vertikal, $V_{nh} \leq 80$ psi atau dapat menggunakan begel vertikal minimum jika $V_{nh} \leq 350$ psi dengan asumsi sebagai berikut

1. $V_{nh} \leq 80 A_c \leq b_v d_{pc}$

Jika tanpa menggunakan begel vertikal dan permukaan elemen pracetak kasar.

2. $V_{nh} \leq 80 b_v d_{pc}$

Jika menggunakan begel vertikal, dengan $A_v = 50 (b_w \cdot s) / f_y$, tetapi permukaan elemen pracetak tidak kasar.

3. $V_{nh} \leq 350 b_v d_{pc}$

Jika kekasaran permukaan elemen pracetak hingga 0,25 in dan dapat menggunakan baja vertikal minimum dalam (b)

$$4. \quad V_{nh} = \mu A_{vf} f_y$$

Jika faktor geser $V_u > \phi (350 b_v d_p)$. Teori gesekan dapat digunakan untuk merencanakan tulangan dowel, dalam hal ini seluruh geser horisontal harus menggunakan dowel tegak lurus.

3.8 Analisis Lendutan

Menurut Raju (1988), pentingnya kontrol terhadap lendutan dikarenakan lendutan merupakan suatu kriteria penting untuk keamanan struktur. Pada umumnya batang beton struktural harus didesain agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan yang dapat berpengaruh merugikan terhadap kekuatan atau kemampuan fungsi struktur pada beban kerja.

Lendutan awal akibat prategang, berat sendiri balok dan berat beton cor ditempat kalau balok tersebut tidak disangga, dihitung berdasarkan penampang dan modulus elastisitas unit pracetak. Lendutan akibat beban hidup selalu dihitung dengan memakai sifat-sifat penampang komposit. Kalau balok pracetak tersebut disangga selama konstruksi, lendutan akibat bobot mati beton cor ditempat juga dihitung berdasarkan penampang komposit. Apabila modulus elastis beton pracetak dan plat cor di tempat berbeda ketegaran lentur (flexural rigidity), dikerjakan dengan menghitung momen inersia ekivalen dari penampang komposit.

$$I_{cr} = (I_g + (A_c \cdot (C_{bc} - C_{bs})^2) + (N \cdot ((\frac{b_m \cdot h_s^3}{12}) + (b_m \cdot h_s \cdot (\frac{C_{tc} - h_s}{2})^2))) \quad (3.56)$$

Adapun lendutannya sebagai berikut:

1. Lendutan akibat gaya prategang dengan tendon parabolik dan angkur eksentris sebesar e_1 ditengah bentang serta e_2 pada penampang diatas tumpuan adalah:

$$\Delta_1 = \frac{1}{8} \frac{P.e_2.L^2}{EI} + \frac{5}{48} \frac{P.e_1.L^2}{EI} \quad (3.57)$$

2. Lendutan efektif setelah kehilangan gaya prategang :

$$\Delta_2 = \Delta_1 \cdot (1 - R) \quad (3.58)$$

masukkan ke matriks

3. Lendutan akibat berat sendiri balok pracetak:

$$\Delta_3 = \frac{5.w_{balok}.L^4}{384.EI} \quad (3.59)$$

4. Lendutan pracetak akibat berat sendiri pelat cor ditempat:

$$\Delta_4 = \Delta_3 \cdot \left(\frac{w_{plat}}{w_{balok}} \right) \quad (3.60)$$

5. Lendutan balok komposit akibat beban hidup:

$$\Delta_5 = \frac{5.wl.L^4}{384.E.Icr} \quad (3.61)$$

6. Lendutan balok komposit akibat berat sendiri pelat cor ditempat:

$$\Delta_6 = \frac{5.w_{plat}.L^4}{384.EI} \quad (3.62)$$

Lendutan untuk konstruksi tanpa penyangga:

$$\Delta_l = \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 + \Delta_5 \leq \frac{L}{360}$$

Lendutan untuk konstruksi dengan penyangga:

$$\Delta_l = \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_5 + \Delta_6 \leq \frac{L}{360}$$

3.9 Beban dan Persyaratan Tegangan

3.9.1 Macam-macam beban

Pada umumnya beban yang diterima atau yang ditahan oleh suatu elemen struktur adalah sebagai berikut ini.

1. Beban mati

Beban mati adalah beban yang terus menerus membebani elemen struktur atau beban yang tetap membebani elemen tersebut. Berat sendiri dari elemen struktur adalah beban mati yang harus selalu diperhitungkan karena merupakan beban yang selalu terjadi. Atau beban lainnya yang direncanakan untuk menerima beban terus menerus juga diperhitungkan sebagai beban tetap.

2. Beban hidup

Beban hidup merupakan beban utama yang diterima elemen struktur baik pada bangunan gedung atau lalu lintas kendaraan pada jembatan. Beban-beban ini bersifat sementara tetapi dalam perencanaan sebagai beban tetap.

3.9.2 Faktor beban dan faktor reduksi

Pada kekuatan batas beban-beban yang digunakan sebagai dasar perhitungan adalah seperti yang telah ditetapkan pada ACI-Code. Beban-beban karakteristik tersebut telah dikalikan dengan faktor beban sesuai dengan kondisi pembebanan. Nilai-nilai faktor beban dan kondisi pembebanan menurut ACI- Code.

Tabel 3.1. Faktor beban

KOMBINASI BEBAN	FAKTOR BEBAN
Akibat beban hidup dan mati	$U = 1.4 D + 1.7 L$
Akibat beban hidup, mati dan beban angin	$U = 0.75 (1.4 D + 1.7 L + 1.7 W)$ $U = 0.9 D + 1.3 L$ $U = 1.4 D + 1.7 L$
Akibat beban hidup, mati dan beban tekanan tanah	$U = 0.75 (1.4 D + 1.7 L + 1.87 E)$ $U = 0.9 D + 1.43 L$ $U = 1.4 D + 1.7 L$
Akibat khusus :	$U = 0.75 (1.4 D + 1.4 D + 1.7 L)$
- Penurunan	$U = 1.4 D + 1.7 L$
- Rangkak dan susut	
- Perbedaan suhu	

Pembebanan yang digunakan selanjutnya dalam perencanaan balok adalah menggunakan peraturan ACI-Code '89 :

$$U = 1.4 D + 1.7 L$$

Selain itu koefisien lain yang menentukan dalam perencanaan adalah faktor reduksi kekuatan (ϕ), faktor reduksi ini digunakan untuk menentukan nilai momen nominal. Momen nominal terjadi diperoleh dari momen ultimit dibagi dengan faktor reduksi. Nilai momen nominal balok komposit yang terjadi harus lebih kecil atau

sama dengan momen nominal rencana . Menurut peraturan ACI-Code besarnya faktor reduksi tergantung pada komponen yang direncanakan.

Tabel 3.2. Faktor reduksi

Komponen struktur	Faktor reduksi
Balok atau pelat : lentur atau momen	0,9
Kolom dengan sengkang biasa	0,7
Kolom dengan sengkang sepiral	0,75
Kolom yang menahan beban aksial yang kecil	0,7-0,9
Balok : Geser atau torsi	0,85

3.9.3 Tahap-tahap Pembebanan Balok Sistem pasca tarik

Tahap-tahap pembebanan balok sistem pasca tarik terdiri dari tiga tahap yaitu tahap awal, tahap antara dan tahap akhir.

1. Tahap awal

Pada tahap awal, sebelum diberi tegangan beton cukup lemah memikul beban sehingga harus dicegah kehancuran pada perletakan. Jika diijinkan untuk memperkecil atau menghilangkan retak-retak pada beton prategang, pemeliharaan yang seksama sebelum terjadi peralihan gaya prategang sangat penting dan pengeringan secara mendadak harus dihindarkan.

Pada saat diberi gaya prategang kadang-kadang kabel putus disebabkan oleh cacat sewaktu pembuatan, sering kali tegangan maksimal kabel pada saat penarikan mencapai $0,8 f_{pu}$ atau $0,94 f_{py}$. Pada saat penarikan kekuatan beton harus mencapai maksimal untuk menghindari retak pada beton. Pada saat peralihan gaya prategang pada sistem pasca tarik dilakukan secara bertahap.

Pada keadaan tersebut tidak ada gaya eksternal pada komponen struktur kecuali berat sendiri.

2. Tahap antara

Tahap ini merupakan tahapan selama pengangkatan dan pengangkutan beton pracetak. Hal ini terjadi bila komponen struktur pracetak yang diangkut ke lapangan dan dipasang pada tempatnya.

3. Tahap akhir

Pada tahap ini bila beban kerja yang sesungguhnya telah bekerja. Beban-beban tersebut adalah beban lateral, seperti beban angin dan gaya gempa. Selain itu ada pula beban yang dihasilkan oleh penurunan pada tumpuan dan pengaruh temperatur lingkungan.

3.9.4 Dasar Analisis Tegangan

Pada tahap pembebanan balok beton prategang komposit secara garis besar dapat dibedakan menjadi tiga tahap, yang seluruh tahapan harus diperhatikan terhadap tegangan-tegangan yang diijinkan untuk struktur. Berikut ini syarat-syarat tegangan beton yang dikeluarkan oleh ACI 318-89 untuk komponen struktur lentur, tegangan ijin beton sesuai dengan kondisi gaya prategang dan pada tahap beban kerja tidak boleh melebihi nilai rata-rata berikut ini.

1. tegangan beton sesaat setelah transfer gaya prategang (sebelum kehilangan tegangan, yang merupakan fungsi dari waktu)
 - a. serat terluar tegangan mengalami tegangan tekan $0,6f'_{ci}$

- b. serat terluar mengalami tegangan tarik $3\sqrt{f'_c}$
- c. serat terluar pada ujung komponen struktur yang didukung sederhana, akan mengalami tegangan tarik..... $6\sqrt{f'_c}$

Bila tegangan tarik yang dihitung melampaui nilai tersebut di atas, maka harus ditambah dengan memasang tulangan non prategang pada daerah tarik, untuk menahan gaya tarik total pada beton, yang diasumsikan sebagai suatu penampang yang utuh.

2. tegangan beton pada tingkat beban kerja (sesudah memperhitungkan semua kehilangan prategang yang mungkin terjadi) tidak boleh melampaui nilai-nilai berikut ini :

- a. serat terluar mengalami tegangan tekan..... $0,45\sqrt{f'_c}$
- b. tegangan terluar pada daerah tarik yang awalnya mengalami tekan $6\sqrt{f'_c}$
- c. tegangan serat terluar pada daerah tarik yang awalnya mengalami tekan dari komponen struktur..... $12\sqrt{f'_c}$

3. tegangan ijin beton dalam butir 1 dan 2 boleh melampaui bila dapat ditunjukkan dengan pengujian dan analisis bahwa penampang strukturnya tidak berkurang.

Sedangkan tegangan tarik ijin baja prategang boleh terjadi menurut ACI Building 318-89 adalah sebagai berikut ini :

1. gaya dongkrak tendon tidak lebih dari $0,85 f_{pu}$ atau nilai maksimum yang telah ditetapkan pabrik tendon angkur prategang..... $0,94f_{py}$
2. tendon pratarik setelah tegangan transfer tidak lebih dari $0,74f_{pu}$ $0,82 f_{py}$.

3. tendon pasca tarik setelah tendon diangkur..... $0,70 f_{pu}$
4. untuk tendon prategang dengan relaksasi rendah digunakan $f_{py} = 0,9 f_{pu}$ dan tendon prategang dengan relaksasi tinggi digunakan $f_{py} = 0,85 f_{pu}$.

3.10 Karakteristik Bahan

Menurut Lin dan Burns (1982) menyatakan bahwa bahan yang digunakan untuk struktur beton prategang adalah :

3.10.1 Beton

Beton yang merupakan unsur utama dari struktur beton komposit adalah beton prategang dan beton cor langsung ditempat. Kekuatan masing-masing beton tersebut berbeda satu sama lain. Untuk beton prategang umumnya membutuhkan mutu beton yang tinggi atau kekuatan beton pada beton pracetak prategang lebih tinggi dari beton bertulang (cor ditempat). Kekuatan yang disyaratkan adalah kekuatan silinder beton umur 28 hari sebesar 28 sampai dengan 55 MPa. Mutu beton yang disyaratkan ini merupakan keharusan karena beberapa alasan, baik teknis maupun ekonomis. Seperti pengangkutan yang direncanakan berdasarkan mutu beton yang tinggi dan penghematan biaya. Untuk beton pracetak prategang spesifikasi kekuatan yang disyaratkan biasanya antara 41 sampai 55 MPa, regangan juga terjadi pada beton prategang. Hal ini perlu diperhatikan untuk memperhitungkan kehilangan gaya prategang yang terjadi. Adapun macam-macam yang tersebut antara lain adalah :

1. regangan elastis

Sebagai nilai rata-rata untuk beton umur 28 hari dan untuk tegangan sampai kira-kira $0,4 f'_c$ modulus sekan akan dapat dihitung dengan rumus empiris.

Peraturan ACI untuk beton bertulang merumuskan rumus empiris sebagai berikut ini.

$$E_c = W^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'_c} \quad (3.63)$$

Dimana berat jenis W bervariasi antar 1450 dan 2500 kg/m³. Untuk berat beton normal persamaan menjadi sederhana dimana.

$$E_c = 57000 \sqrt{f'_c} \text{ Psi} \quad (3.64)$$

2. regangan lateral

Dihitung dengan angka poisson (*poisson ratio*). Karena pengaruh angka poisson, kehilangan angka prategang berkurang sedikit pada prategang biaksial. Angka Poisson bervariasi dari 0,15 sampai 0,22 untuk beton, rata-rata sekitar 0,17.

3. regangan rangkak

Rangkak didefinisikan sebagai deformasi yang dipengaruhi waktu yang diakibatkan oleh adanya tegangan. Regangan total akibat rangkak dapat diperkirakan sekitar 0,25 terjadi pada dua sampai tiga bulan, 0,25 dalam satu tahun dan 0,25 terakhir pada tahun-tahun berikutnya.

4. regangan susut

Berbeda dengan rangkak, susut pada beton adalah kontraksi akibat pengeringan dan perubahan kimiawi yang tergantung pada waktu dan keadaan kelembaban tetapi tidak tergantung pada tegangan. Sebagian dari susut diakibatkan oleh kekeringan beton. Besarnya regangan susut bervariasi

terhadap beberapa faktor dan berkisar dari 0,0000 sampai 0,0010 atau lebih besar.

3.10.2 Baja

1. Sebagai salah satu unsur dari beton prategang selain digunakan beton mutu tinggi juga diperlukan baja mutu tinggi untuk menghasilkan gaya prategang dan gaya tarik pada beton prategang. Baja mutu tinggi yang digunakan pada sistem prategang adalah kawat (*wire*), untaian kawat (*strand*) dan batang (*bar*). Untuk sistem pasca tarik, banyak dipakai kawat yang digabungkan secara paralel menjadi kabel. *Strand* dibuat pabrik dengan memuntir beberapa kawat bersama-sama, jadi mengurangi jumlah satuan yang harus dikerjakan pada pelaksanaan penarikan. *Strand* seperti juga batang baja mutu tinggi, digunakan pada sistem prategang pasca tarik.
2. Pada beton komposit tegangan geser yang terjadi pada permukaan antara dua beton (pracetak dan beton cor langsung ditempat) akan ditahan oleh dowel (*stud connector*), selain itu oleh kekasaran permukaan unit pracetak. Dowel dibuat dari baja yang terdiri dari beberapa bentuk, bentuk "n", bentuk "u", atau bentuk "I".

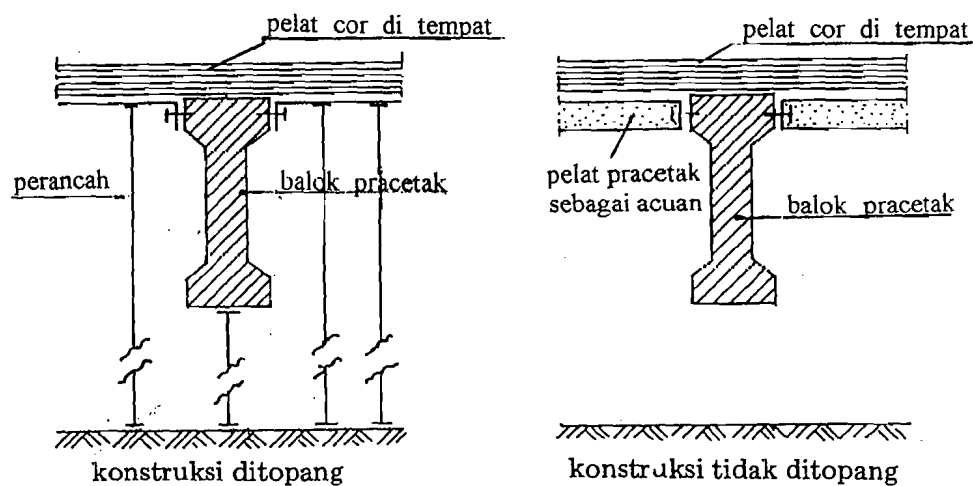
3.10.3 Bahan pelengkap

Untuk bahan pelengkap diperlukan pada beton beton pracetak prategang, bahan ini diperlukan sebagai bahan pengisi untuk selubung tendon. Bahan tambahan ini berupa adukan semen, air dan pasir halus atau kombinasinya. Pada sistem pratarik tidak diperlukan selubung beton. Sementara pada sistem pasca tarik ada dua macam

selubung, yaitu sistem prategang dengan rekatan (*grouting*) dan sistem prategang tanpa rekatan (*ungrouting*).

Selubung yang digunakan biasanya terbuat dari logam yang telah digalvanisasi atau jalur dari baja yang disambung yang fleksibel atau semi kaku.

Bila digunakan sistem prategang tanpa rekatan dan sistem prategang pratarik maka biasanya digunakan plastik atau kertas tebal sebagai pembungkus dan digunakan tendon yang telah diberi minyak untuk mempermudah penarikan dan mencegah terjadinya karat. Sedangkan bila menggunakan sistem prategang dengan rekatan maka untuk grout disuntikkan, hal ini untuk mencegah terjadinya karat pada baja. Jika tidak menggunakan pasir sebagai bahan grouting bisa digunakan pula *fly-ash* dan *pozzolan*, kadang-kadang digunakan sebagai bahan pengisi. Tekanan grouting umumnya berkisar antara 550 sampai 700 Kpa dengan tekanan maksimum ditentukan sebesar 1700 Kpa.



Gambar 3.9 Penampang melintang konstruksi balok komposit

BAB IV

**ANALISIS BALOK KOMPOSIT PRATEGANG MENGGUNAKAN
PERANCAH DAN TANPA PERANCAH**

4.1 Pendahuluan

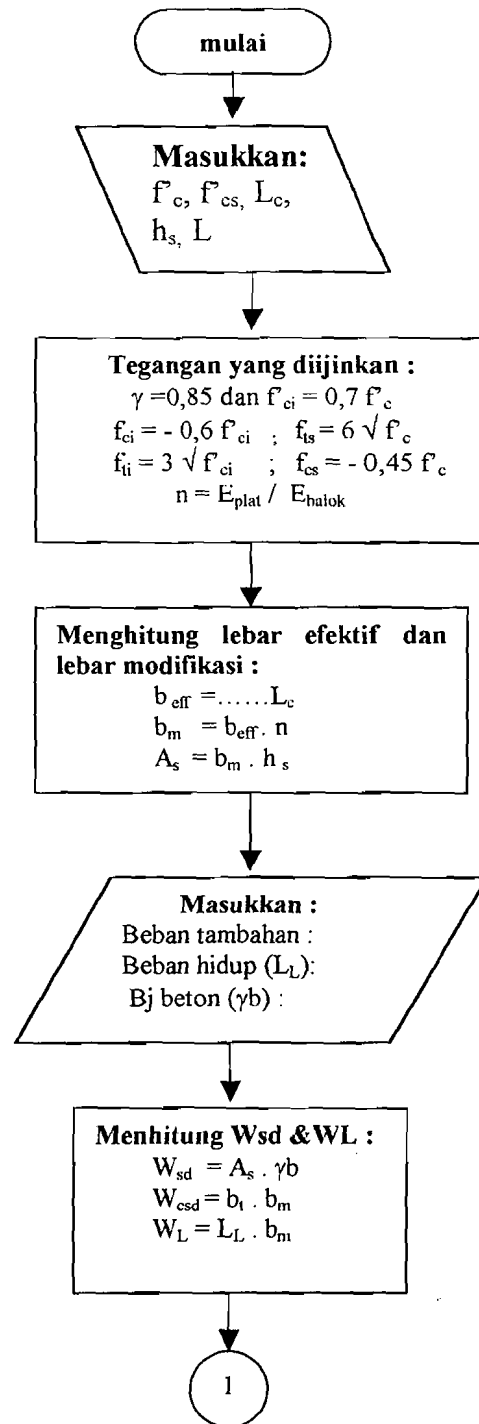
Untuk membuktikan dan memperjelas uraian yang telah diungkapkan sebelumnya, pada bab ini akan diberikan contoh perencanaan balok prategang komposit menggunakan perancah dan tanpa perancah. Pembahasan yang akan dilakukan meliputi perhitungan kapasitas penampang balok terhadap perilaku-perilaku struktur seperti lentur, geser, dan lendutan.

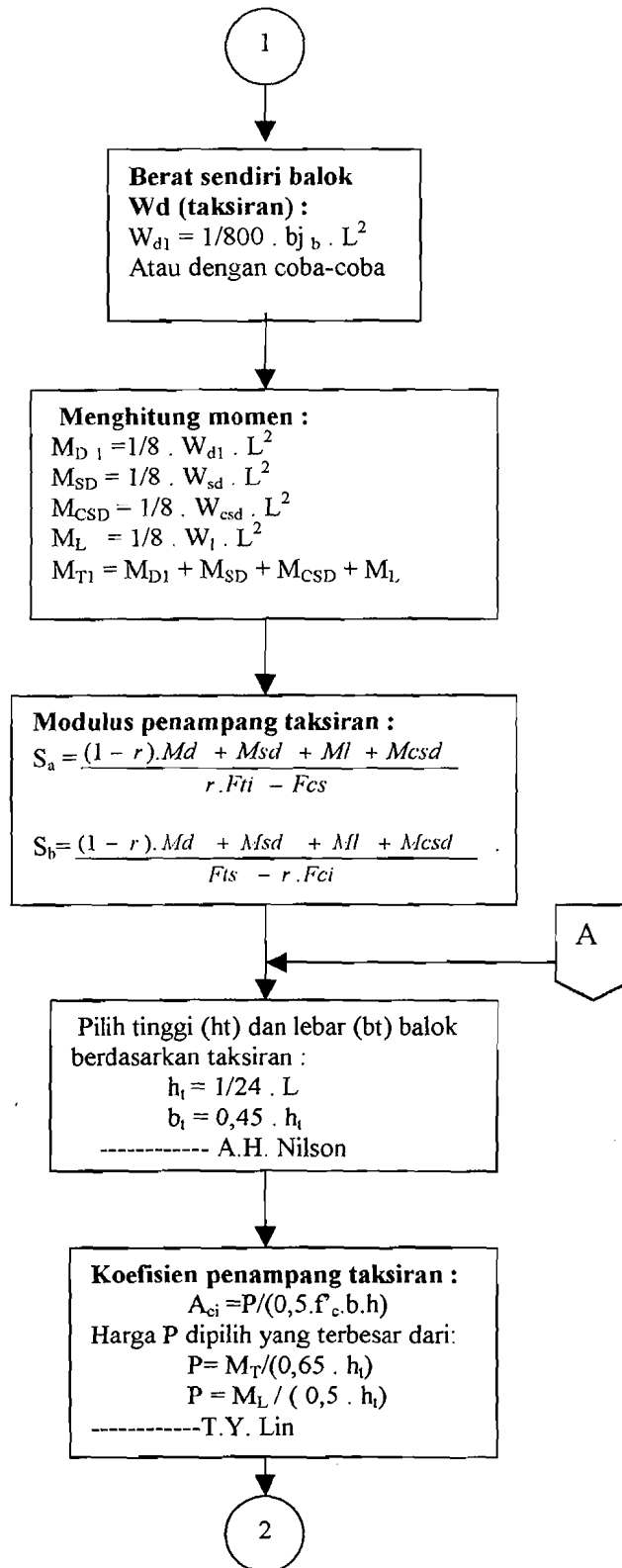
Kondisi balok diasumsikan tertumpu sederhana (*simple beam*) dalam analisis dan perencanaan. Panjang bentang balok yang dianalisis bervariasi yaitu 50 ft, 66 ft, 82 ft, 98,5 ft, 115 ft dan 131,5ft. Balok pracetak yang digunakan adalah tampang I simetris dan beton cor ditempat (plat) setebal 5 in. Panjang bentang yang diambil untuk contoh perhitungan lengkap adalah 98,5 ft.

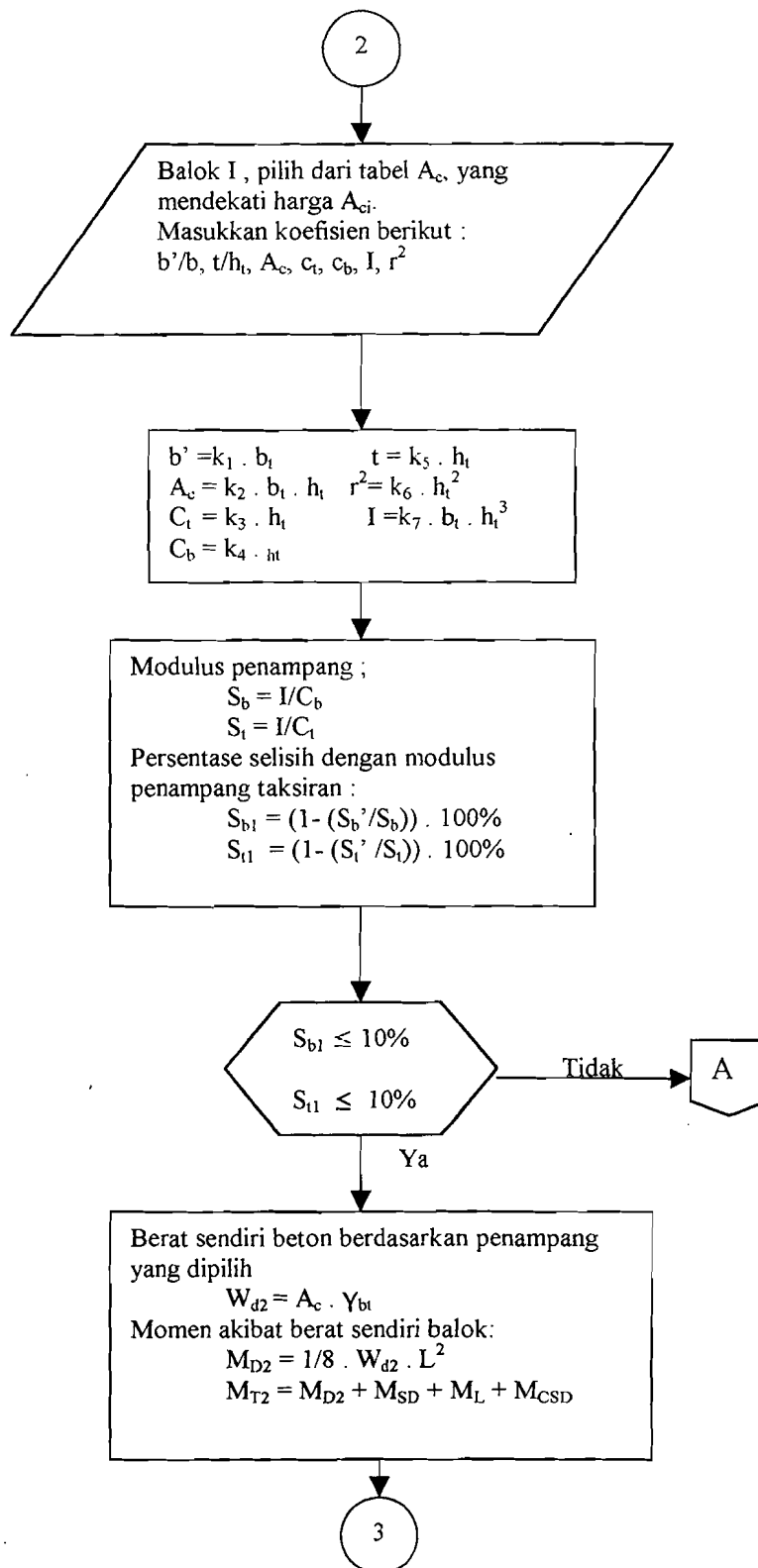
4.2 Perencanaan balok komposit prategang

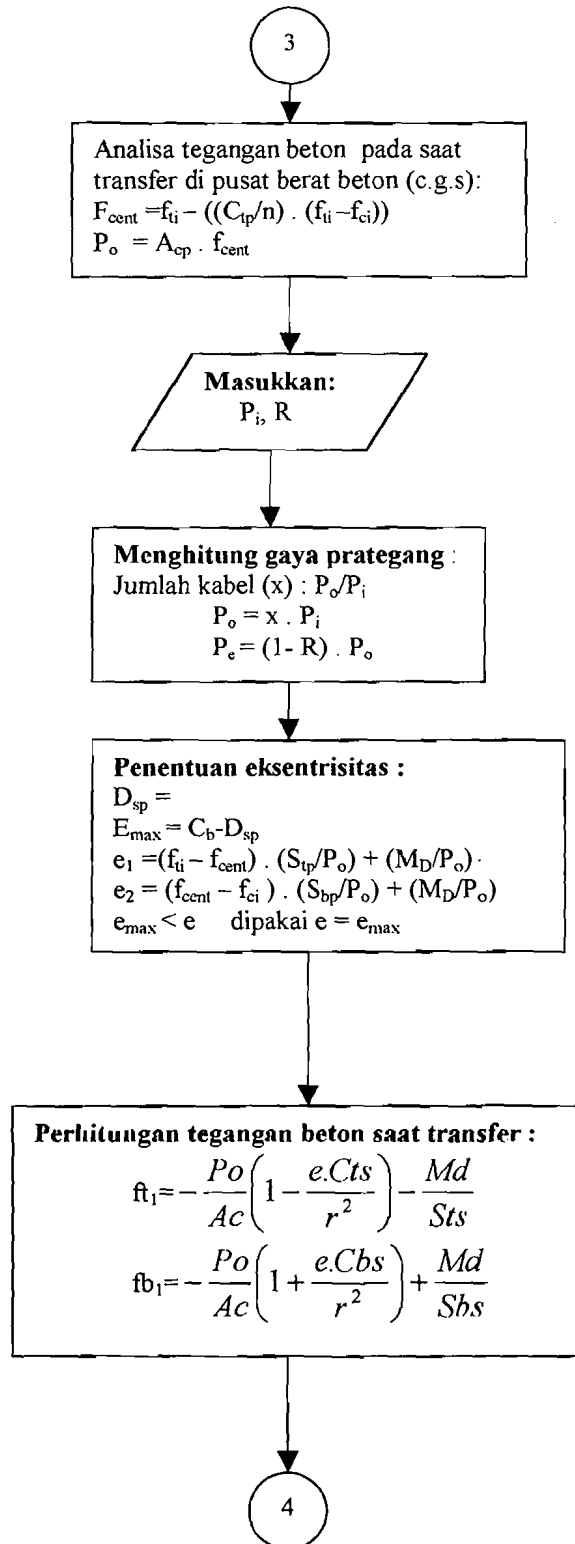
Perencanaan balok komposit prategang dikerjakan dengan bantuan program bahasa basic yang flow chartnya seperti tergambar di bawah ini.

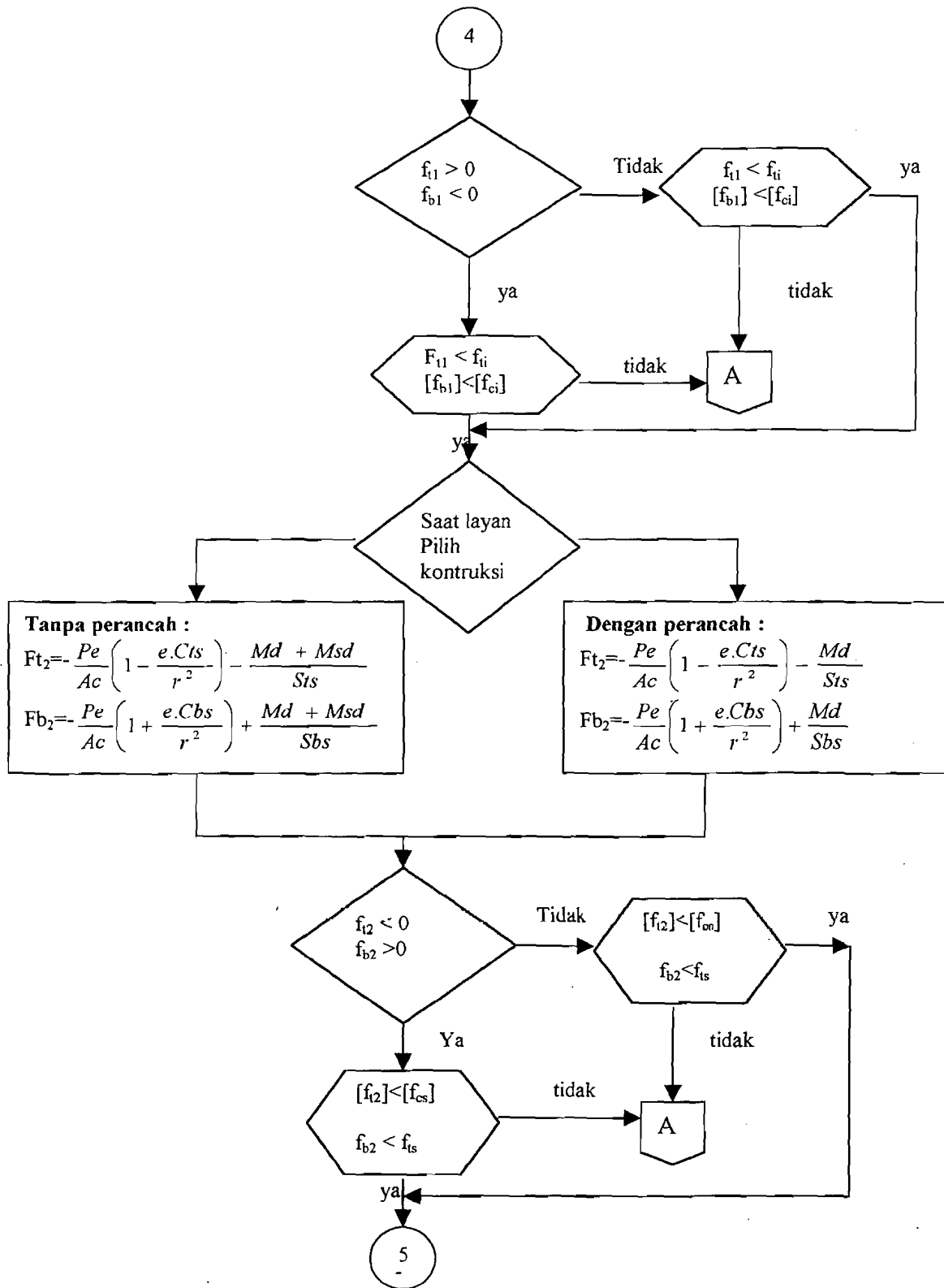
FLOW CHART BETON PRATEGANG KOMPOSIT











6

Menghitung kapasitas momen nominal :

$$W_u = 1,4 (W_{D2} + W_{SD} + W_{CSD}) + 1,7 W_L$$

$$M_u = 1,4 (M_{D2} + M_{SD} + M_{CSD}) + 1,7 W_L$$

$$M_n = M_u / 0,9$$

Masukkan :
 $\emptyset, F_{py}, F_{pu}, f_y$
Perhitungan momen nominal :

$$d_p = (h_t - h_s) - d_{sp}$$

$$A_{ps} = \text{jumlah}(x) \cdot \emptyset$$

$$\rho = A_{ps} / (b_m \cdot d_p)$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 ((f_c - 4000) / 1000)$$

$$f_{py} / f_{pu}$$

$$f_{ps} = f_{pu} \cdot (1 - ((\gamma_p \cdot \rho_p \cdot f_{pu}) / (0,75 \cdot f_c)))$$

$$C_1 = 0,85 \cdot f_c \cdot b_m \cdot h_s$$

$$T = A_{ps} \cdot f_{ps}$$

Jika $C_1 > T$ maka gaya desak ditahan oleh sayap

$$a = (A_{ps} \cdot f_{ps}) / (0,85 \cdot f_c \cdot b_m)$$

$$M_{n2} = A_{ps} \cdot f_{ps} (d_p - a/2)$$

Jika $C_1 < T$ maka gaya desak ditahan oleh badan

$$a = (T - (0,85 \cdot f_c \cdot (b_m - b_w) \cdot h_s)) / (0,85 \cdot f_c \cdot b_w)$$

$$M_{n2} = (T \cdot (d_p - a/2)) + 0,85 \cdot f_c \cdot (b_m - b_w) \cdot h_s \cdot (d_p - h_s/2)$$

Perhitungan tegangan geser badan dan perencanaan begel :

$$V_u = 0,5 \cdot W_u \cdot L ; V_{n1} = V_u / 0,85$$

$$0,5 d_p ; 0,4 f_{pu}$$

$$V_{nh} = V_{n1} \cdot (0,5 \cdot L - 0,5 \cdot d_p) / 0,5 \cdot L$$

$$V_u = 0,85 \cdot V_{nh}$$

$$V_u \cdot 0,5 h ; 0,8 h$$

$$M_u (0,5 d_p) = V_u \cdot 0,5 d_p - 0,5 \cdot (W_u \cdot 0,5 d_p)$$

$$V_c = b_w \cdot d_p \cdot (0,6 \cdot \lambda \sqrt{f_c}) + 700 \cdot (V_u \cdot d_p / M_u)$$

$$V_{c \min} = 2 \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d_p$$

$$V_{c \max} = 5 \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d_p$$

$$A_{v1} = ((A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot s) / (80 \cdot f_y \cdot d_p)) \cdot \sqrt{d_p / b_w}$$

$$A_{v2} = (50 \cdot b_w \cdot s) / f_y$$

Tulangan yang dipakai (begel) # 3

7

7

Perhitungan tegangan geser horizontal dan perencanaan dowel :

$$B_v = b$$

$$L_{vh} = 0,5 \times L$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_{cs} \cdot b_m \cdot h_s$$

$$80 \cdot b_v \cdot h_{vh}$$

$$A_{vf} = f_h / 0,6 f_y ; A_{vf} = (50 \cdot b_v \cdot L_{vh}) / f_y$$

$$V_{nh} = V_{uz} / 0,85 ; V_{nh} = 80 \times b_v \times d_p$$

$$S = (L_{vh} \cdot A_v) / A_{vf}$$

Tulangan geser horizontal yang dipakai (dowel) # 3.....

Menentukan tata letak tendon :

$$K_t = r_c^2 / C_{bc} ; K_b = r_c^2 / C_{tc}$$

$$e_1 = M_t / P_e - K_t ; e_4 = M_D / P_o + K_b$$

$$e_2 = 0,75 \cdot M_t / P_e - K_t ; e_5 = 0,75 \cdot M_D / P_o + K_b$$

$$e_3 = K_t ; e_6 = K_b$$

Perhitungan lendutan:

$$N = (57000 \sqrt{f_c}) / (57000 \sqrt{f_{cs}})$$

$$I_{cr} = I_g + (A_c \cdot (C_{bc} - C_{tc})^2) + (N \cdot ((b_m \cdot h_s^3) / 12) + (b_m \cdot h_s \cdot (C_{tc} - h_g / 2)^2)$$

$$\Delta_1 = (1/8 \cdot ((-P_o \cdot e_b \cdot L^2) / EI)) + (5/48 \cdot ((-P_o \cdot (e - e_b) \cdot L^2) / EI))$$

$$\Delta_2 = \Delta_1 \cdot (1 - R)$$

$$\Delta_3 = 5/384 \cdot (W_{balok} \cdot L^4) / EI$$

$$\Delta_4 = \Delta_3 \cdot (W_{plat} / W_{balok})$$

$$\Delta_5 = 5/384 \cdot (W_L \cdot L^4) / E_{pl} \cdot I_{cr}$$

$$\Delta_6 = 5/384 \cdot (W_{plat} \cdot L^4) / E \cdot I_{cc}$$

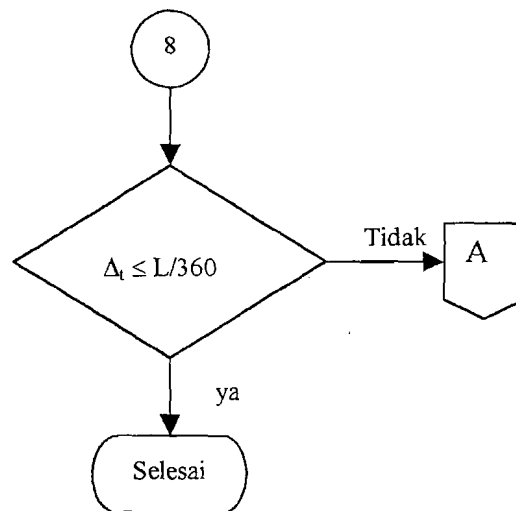
Lendutan tanpa perancah :

$$\Delta_t = \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 + \Delta_5$$

Lendutan menggunakan perancah :

$$\Delta_t = \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_5 + \Delta_6$$

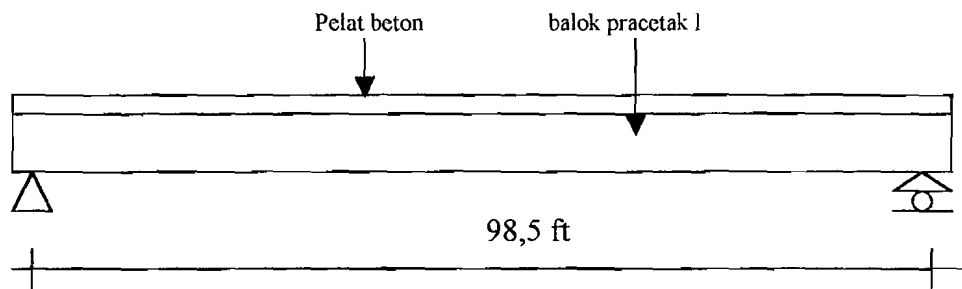
8



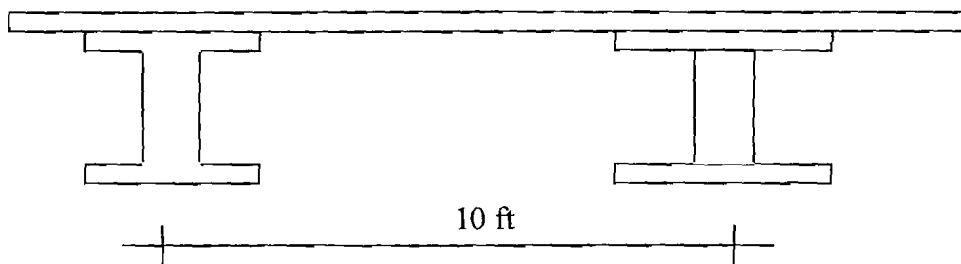
4.3 Contoh Analisis

4.3.1 Data Struktur

Balok prategang sederhana mendukung pelat lantai dengan panjang bentang 98,5 ft, bangunan digunakan untuk ruangan rumah sakit dengan beban hidup sebesar 80 psf dan jarak antar balok 10 ft. balok direncanakan menjadi satu (komposit) dengan pelat lantai. Tebal pelat lantai adalah 5 in, pelat dilapisi dengan lantai teraso dengan beban tambahan sebesar 19 psf.



Gambar 4.1 Struktur balok komposit prategang pada tampang memanjang



Gambar 4.2 Struktur balok komposit prategang pada tampang membujur

1. Balok pracetak :

f'_c yang disyaratkan untuk beton mutu tinggi 4000 psi – 7800 psi atau 28 MPa – 55 MPa, diambil $f'_c = 6400$ psi (45 MPa)

$$\gamma_{bt} = 150 \text{ lb/ft}^3$$

2. Pelat beton (pelat lantai) :

f'_{cs} yang disyaratkan untuk beton biasa 2430 psi – 4280 atau 17 MPa-30 MPa, diambil $f'_{cs} = 3800$ psi (26,7 MPa)

3. Baja prategang :

$$F_{pu} = 270 \text{ ksi (1898.37 MPa)} \quad ; \quad f_y = 60 \text{ ksi (421.86 MPa)}$$

4. Tegangan ijin beton

$$f'_{ci} = 0,7 f'_c = 4480 \text{ psi (32 MPa)} \quad f_{ci} = -0,6 f'_{ci} = -2688 \text{ psi (-19 MPa)}$$

$$f_{ts} = 6\sqrt{f'_c} = 480 \text{ psi (3,375 MPa)} \quad f_{ti} = 3\sqrt{f_{ci}} = 200,7984 \text{ psi (1.41 MPa)}$$

$$f_{cs} = -0,45 f_c = -2880 \text{ psi (-20,25 MPa)}$$

4.3.2 Hitungan perencanaan balok komposit dengan menggunakan perancah

Adapun hitungan perencanaan meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

1. Hitungan beban

$$n = \frac{E_{\text{pelat}}}{E_{\text{balok}}} = \frac{57000 \sqrt{f_{cs}}}{57000 \sqrt{f_c}} = 0,77055$$

$$b_{\text{eff}} = 12 \times 10 = 120 \text{ in} = 3048 \text{ mm}$$

$$b_m = b_{\text{eff}} \cdot n = 120 \times 0,77055 = 92,466 \text{ in} = 2348,64 \text{ mm}$$

$$A_s = b_m \cdot h_s = 92,466 \times 5 = 462,3311 \text{ in}^2 = 298296.03 \text{ mm}^2$$

$$\text{Beban tambahan (teraso)} = 19 \text{ lb/ft}^2 (277,267 \text{ N/m})$$

$$\text{Beban hidup (rumah sakit)} = 80 \text{ lb/ft}^2 (1167,44 \text{ N/m})$$

$$\text{Panjang (L)} = 98,5 \text{ ft (30 m)}$$

$$W_{sd} = A_s \cdot D_j = 462,3311 \times 150 / 1728 = 40,1329 \text{ lb/in} = 7028,628 \text{ N/m}$$

$$W_{csd} = b_m \cdot q_{osd} = 92,4662 \times 19 / 144 = 12,2004 \text{ lb/in} = 2136,703 \text{ N/m}$$

$$W_l = b_m \cdot q_l = 92,4662 \times 80 / 144 = 51,37012 \text{ lb/in} = 8996,644 \text{ N/m}$$

$$W_d (\text{berat sendiri}) \text{ diasumsikan } 55 \text{ lb/in (9632,36 N/m)}$$

$$M_d = 1/8 \cdot W_d \cdot L^2 = 1/8 \times 55 \times 98,5^2 \times 144$$

$$= 9605227,5 \text{ lb in} = 1085294,65 \text{ N.m}$$

$$M_{sd} = 1/8 \cdot W_{sd} \cdot L^2 = 1/8 \cdot 40,1329 \cdot 98,5^2 \cdot 144$$

$$= 7008830,363 \text{ lb in} = 791927,8 \text{ N.m}$$

$$M_{csd} = 1/8 \cdot W_{csd} \cdot L^2 = 1/8 \cdot 12,2004 \cdot 98,5^2 \cdot 144$$

$$= 2130684,43 \text{ lb in} = 240746 \text{ N.m}$$

$$M_l = 1/8 \cdot W_l \cdot L^2 = 1/8 \cdot 51,37012 \cdot 98,5^2 \cdot 144$$

$$= 8971302,864 \text{ lb in} = 1013668 \text{ N.m}$$

$$S_a' = \frac{(1-R)M_d + M_{sd} + M_{csd} + M_l}{R f_{li} - f_{cs}}$$

$$= \frac{(1-0,8)9605227,5 + 7008830,363 + 2130684,43 + 8971302,864}{0,8 \times 200,7984 - (-2880)}$$

$$= 6588,44 \text{ in}^3 = 107,96 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_h' = \frac{(1-R)M_d + M_{sd} + M_{csd} + M_l}{f_{ls} - R f_{ci}}$$

$$= \frac{(1-0,8)9605227,5 + 7008830,363 + 2130684,43 + 8971302,864}{480 - (0,8 \times -2688)}$$

$$= 7615,52 \text{ in}^3 = 124,796 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$H_t = 1/24 L = 1/24 \cdot 98,5 \cdot 12 = 49,25 \text{ in}$$

$$B_t = 0,45 H_t = 0,45 \cdot 49,25 = 22,1625 \text{ in}$$

Dicoba menggunakan $H_t = 55 \text{ in} = 1397 \text{ mm}$

$$B_t = 24 \text{ in} = 609,6 \text{ mm}$$

3. Koefisien A_c taksiran

$$P_1 = M_T / (0,65 \cdot H) = 27716045,15 / (0,65 \cdot 55) = 775273,99 \text{ lb}$$

$$P_2 = M_L / (0,5 \cdot H) = 8971302,86 / (0,5 \cdot 55) = 326229,19 \text{ lb}$$

$$P = P \text{ terbesar} = P_1 = 775273,99 \text{ lb}$$

$$A_c = P / (0,5 f_{cs} \cdot b \cdot h) = 775273,99 / (0,5 \cdot 2880 \cdot 55 \cdot 24) = 0,309$$

Dari tabel Nilson (1987) didapat koefisien sebagai berikut,

$$b'/b = 0,3 \quad ; \quad C_b = 0,5 \quad ; \quad r^2 = 0,121$$

$$t/h = 0,1 \quad ; \quad C_t = 0,5 \quad ; \quad A_c = 0,44 \quad ; \quad I = 0,0535$$

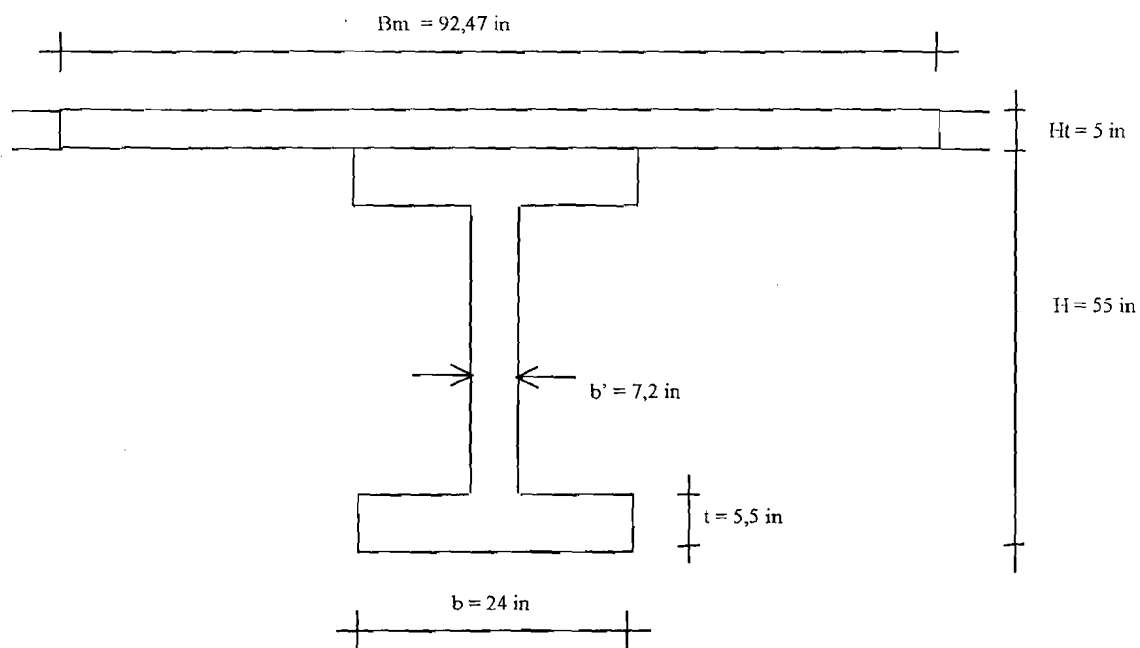
$$b = 0,3 \times 24 = 7,2 \text{ in} = 182,88 \text{ mm} \quad ; \quad C_b = C_t = 0,5 \times 55 = 27,5 \text{ in}$$

$$= 698,5 \text{ mm}$$

$$t = 0,1 \times 55 = 5,5 \text{ in} = 139,7 \text{ mm} ; I = 0,0535 \times 24 \times 55^3 = 213625,5 \text{ in}^4$$

$$A_c = 0,44 \times 55 \times 24 = 580,8 \text{ in}^2 = 374732,16 \text{ mm}^2 ; r^2 = 0,121 \times 55^2 = 366,025$$

$$S_t = S_b = 213625,5 / 27,5 = 7768,2 \text{ in}^3 = 127,3 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$



Gambar 4.3 *Propertis penampang balok komposit dengan perancah*

Perbandingan modulus penampang taksiran dengan modulus penampang,

$$(1 - S_b/S_b') \times 100\% = (1 - 7768,2/7615,5) \times 100\% = -2\%$$

$$(1 - S_t/S_t') \times 100\% = (1 - 7768,2/6588,044) \times 100\% = -17,91\%$$

$$W_d \text{ baru} = A_c \cdot \gamma b t = 580,8 \times 150/1728 = 50,42 \text{ lb/in} = 8830,24 \text{ N/m}$$

$$M_d \text{ baru} = 1/8 \cdot 50,42 \times 98,4^2 \times 144 = 8804791,88 \text{ lb in} = 994853,43 \text{ N.m}$$

$$\begin{aligned} M_T &= 8804791,88 + 7008830,363 + 2130684,43 + 8971302,864 \\ &= 26915609,53 \text{ lb in} = 3041194,75 \text{ N.m} \end{aligned}$$

4. Menentukan tegangan pada pusat (sentral)

$$f_{\text{cent}} = f_{ti} - \frac{C_1}{h}(f_{ti} - f_{ci}) = 200,7984 - \frac{27,5}{55}(200,7984 + 2688) = -1243,6007 \text{ lb/in}^2$$

$$P_o = A_{cp} \cdot f_{\text{cent}} = 580,8 \times 1243,6007 = 722283,29 \text{ lb} = 3238646,04 \text{ N}$$

5. Mencari jumlah kabel

$$\text{Dipakai untuaian 7 kawat } \phi \frac{1}{2} \text{ " } \rightarrow P_i = 28900 \text{ lb} = 129584,71 \text{ N}$$

$$X = P_o / P_i = 722283,29 / 28900 = 24,09 \approx 26 \text{ kabel}$$

$$P_o = X \cdot P_i = 26 \times 28900 = 751400 \text{ lb} = 3369202,46 \text{ N}$$

$$P_e = (1-0,2) \cdot P_o = (1-0,2) \times 751400 = 601120 \text{ lb} = 2695361,97 \text{ N}$$

$$e_{\text{max}} = C_b - D_{sp} = 27,5 - 9,75 = 17,75 \text{ in}$$

$$e_1 = (f_{ti} - f_{\text{cent}}) \frac{S_1}{P_o} + \frac{M_d}{P_o}$$

$$= (200,7984 - 1243,6007) \frac{7768,2}{751400} + \frac{8804791,88}{751400} = 0,94 \text{ in}$$

$$e_2 = (f_{cent} - f_{ti}) \frac{S_b}{P_o} + \frac{M_d}{P_o} = (1243,3007 - 200,7984) \frac{7768,2}{751400} + \frac{8804791,88}{751400}$$

$$= 22,5 \text{ in}$$

$$e_2 > e_{max} \rightarrow e = e_{max} = 17,75 \text{ in} = 450,85 \text{ mm}$$

6. Hitungan tegangan beton saat transfer

$$f_{t1} = -\frac{P_o}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot C_t}{r^2}\right) - \frac{M_d}{S_t} = -\frac{751400}{580,8} \left(1 - \frac{17,75 \times 27,5}{366,025}\right) - \frac{8804791,88}{7768,2}$$

$$= -701,87 \text{ psi} < f_{ti} = 200,7984 \text{ psi}$$

$$= -4,93 \text{ MPa} < = 1,4118 \text{ MPa}$$

$$f_{b1} = -\frac{P_o}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot C_t}{r^2}\right) - \frac{M_d}{S_t} = -\frac{751400}{580,8} \left(1 + \frac{17,75 \times 27,5}{366,025}\right) + \frac{8804791,88}{7768,2}$$

$$= -1281,79 \text{ psi} < f_{ci} = -2688 \text{ psi}$$

$$= -13,26 \text{ MPa} < f_{ci} = -18,89933 \text{ MPa}$$

7. Hitungan tegangan beton saat layan

$$f_t = -\frac{P_o}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot C_t}{r^2}\right) - \frac{M_d}{S_t} = -\frac{601120}{580,8} \left(1 - \frac{17,75 \times 27,5}{366,025}\right) - \frac{8804791,88}{7768,2}$$

$$= -788,18 \text{ psi} < f_{cs} = -2880 \text{ psi}$$

$$= -5,54 \text{ MPa} < -20,2493 \text{ MPa}$$

$$f_b = -\frac{P_o}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot C_b}{r^2}\right) - \frac{M_d}{S_b} = -\frac{601120}{580,8} \left(1 + \frac{17,75 \times 27,5}{366,025}\right) + \frac{8804791,88}{7768,2}$$

$$= -1281,79 \text{ psi} < f_{ts} = -480 \text{ psi}$$

$$= -9,01 \text{ MPa} < 3,37488 \text{ MPa}$$

8. Hitungan Propertis penampang setelah beton menjadi komposit

$$y = h_t + h_s/2 = 55 + 5/2 = 57,5 \text{ in} = 1460,5 \text{ mm}$$

$$A_{cc} = A_s + A_c = 462,331 + 580,8 = 1043,131 \text{ in}^2 = 673028,12 \text{ mm}^2$$

$$C_{bc} = \left(\frac{A_s \cdot y + A_c \cdot C_b}{A_c + A_s} \right) = \frac{642,331 \times 57,5 + 580,8 \times 27,5}{462,331 + 580,8} = 40,8 \text{ in} = 1036,32 \text{ mm}$$

$$C_{tc} = (h_t + h_s) - C_{bc} = 55 + 5 - 40,8 = 19,20 \text{ in} = 487,68 \text{ mm}$$

$$I_{cc} = I_c + A_c(C_{bc} - C_b)^2 + 1/12 (b_m \cdot h_s^3) + b_m \cdot h_s (C_{tc} - h_s/2)^2$$

$$= 213625,5 + 580,8(40,8 - 27,5)^2 + 1/12(92,466 \times 5^3) + 92,4662 \times 5(19,20 - 5/2)^2$$

$$= 496265,61 \text{ in}^4$$

$$r_c^2 = I_{cc}/A_{cc} = 496265,61 / 1043,131 = 427,81 \text{ in}^2 = 276023,012 \text{ mm}^2$$

$$S_{tc} = I_{cc}/C_{tc} = 496265,61 / 19,20 = 23243,00 \text{ in}^3 = 380,88 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_{bc} = I_{cc}/C_{bc} = 496265,61 / 40,8 = 10937,88 \text{ in}^3 = 179,24 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

9. Tegangan beton saat layan setelah beton menjadi komposit

$$F_{tc} = -\frac{P_e}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot C_t}{r^2}\right) - \frac{M_d}{S_t} - \frac{M_{sd} + M_{csd} + M_l}{S_{tc}}$$

$$= -\frac{601120}{580,8} \left(1 - \frac{17,75 \cdot 27,5}{366,025}\right) - \frac{8804791,88}{7768,2} - \frac{7008830,4 + 2130684,43 + 8971302,864}{23243,00}$$

$$= -1567,38 \text{ psi} = -11,02 \text{ MPa} < f_{cs} = -2880 \text{ psi} = -20,249 \text{ MPa}$$

$$F_{tc} = -\frac{P_e}{A_c} \left(1 + \frac{e \cdot C_b}{r^2}\right) + \frac{M_d}{S_b} + \frac{M_{sd} + M_{csd} + M_l}{S_{bc}}$$

$$= -\frac{601120}{580,8} \left(1 + \frac{17,75 \cdot 27,5}{366,025}\right) + \frac{8804791,88}{7768,2} + \frac{7008830,4 + 2130684,43 + 8971302,864}{23243,00}$$

$$= 374 \text{ psi} = 2,63 \text{ MPa} < f_{ts} = 480 \text{ psi} = 3,37488 \text{ MPa}$$

10. Hitungan Kapasitas Momen Nominal

$$M_u = 1,4 (M_d + M_{sd} + M_{csd}) + 1,7 M_l$$

$$= 1,4 (8804791,88 + 7008830,4 + 2130684,43) + 1,7 \times 8971302,864$$

$$= 40373244,19 \text{ lb.in} = 4561772,88 \text{ N.m}$$

$$M_n = M_u / 0,9 = 40373244,19 / 0,9 = 44859160,15 \text{ lb in} = 5068636,51 \text{ N.m}$$

$$A_{ps} = X \cdot \phi_{kabel} = 26 \times 0,153 = 3,978 \text{ in}^2 = 2566,61 \text{ mm}^2$$

$$D_p = H_s + H_p - D_{sp} = 5 + 55 - 9,75 = 50,25 \text{ in} = 1276,35 \text{ mm}$$

$$\rho = A_{ps} / (B_m \cdot D_p) = 3,978 / (92,4662 \times 50,25) = 8,56 \cdot 10^{-4}$$

$$\beta = 0,85 - 0,5(6400 - 4000) / 1000 = 0,73$$

$$f_{py} / f_{pu} = 229500 / 270000 = 0,85 \rightarrow \gamma_p = 0,4 \text{ (Nawy, 1995)}$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - \frac{\gamma_p \cdot \rho \cdot f_{pu}}{0,75 f_c} \right)$$

$$= 270000 \left(1 - \frac{0,4 \times 0,000856 \times 270000}{0,73 \times 6400} \right) = 264657,33 \text{ psi} = 1860,81 \text{ MPa}$$

$$T = A_{ps} \cdot f_{ps} = 3,978 \times 264657,33 = 1052806,85 \text{ lb} = 4720680,64 \text{ N}$$

$$C = 0,85 f_c \cdot B_m \cdot H_s$$

$$= 0,85 \times 6400 \times 92,4662 \times 5 = 2515080,912 > T \rightarrow \text{ gaya desak ditahan sayap}$$

$$a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f_c \cdot B_m} = \frac{1210995,58}{0,85 \times 6400 \times 92,4662} = 2,414 \text{ in} = 61,32 \text{ mm}$$

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

$$= 1210995,58 (50,25 - 2,414/2)$$

$$= 51634911,96 \text{ lb in} > 44859160,15 \text{ lb in} \longrightarrow \text{OK}$$

$$= 5834228,702 \text{ N.m} > 5068636,51 \text{ N.m}$$

11. Hitungan Tegangan Geser dan Perencanaan Begel

$$W_u = 1,4 (W_d + W_{sd} + W_{csd}) + 1,7 W_l$$

$$W_u = 1,4 (50,42 + 40,1329 + 12,2004) + 1,7 \times 51,37012$$

$$= 231,179 \text{ lb/in} = 40487,26 \text{ Nm}$$

$$V_u = W_u \cdot L/2 = 231,179 \times 98,5 \times 12/2 = 136626,79 \text{ lb} = 612620,86 \text{ N}$$

$$V_n = V_u/0,85 = 136626,79/0,85 = 160737,4 \text{ lb} = 720730,43 \text{ N}$$

Diasumsikan V_u terjadi pada setengah tinggi tampang

$$0,5D_p = 0,5 \times 50,25 = 25,125 \text{ in} = 638,175 \text{ mm}$$

$$V_{uh} = V_n \left(\frac{L/2 - D_p/2}{L/2} \right)$$

$$V_{nh} = 160737,4 \left(\frac{98,5 \times 12/2 - 25,125}{98,5 \times 12/2} \right) = 153904,02 \text{ lb} = 690090,24 \text{ N}$$

$$V_{u2} = 0,85 V_{nh} = 0,85 \times 153904,02 = 130818,417 \text{ lb} = 586576,7 \text{ N}$$

$$f_{pc} = 0,8 f_{pi} = 0,8 \times (0,7 f_{pu}) = 0,8 (0,7 \times 270000) = 151200 \text{ psi}$$

$$0,4 f_{pu} = 0,4 \times 270000 = 108000 \text{ psi}$$

$$f_{pc} > 0,4 f_{pu}$$

$$M_u = V_u \times 0,5 d_p - \left(\frac{W_u \times (0,5 d_p)^2}{2} \right)$$

$$M_u = 136626,79 \times 25,125 - 0,5 \times 231,179 \times 25,125^2 = 3359780,421 \text{ lb in}$$

$$D_p = 50,25 \quad \text{bila } d_p > 0,8 h \text{ maka yang dipakai}$$

$$0,8h = 48 \quad \text{adalah } d_p = 50,25 \text{ in}$$

$$\frac{V_u \cdot d_p}{M_u} = \frac{130818,417 \times 50,25}{3359780,421} = 1,956 > 1 \text{ maka digunakan } \frac{V_u \cdot d_p}{M_u} = 1$$

$$V_c = b_w \cdot d_p \left(0,6 \lambda \sqrt{f_c} + 700 \frac{V_u \cdot d_p}{M_u} \right)$$

$$V_c = 7,2 \times 50,25 \left(0,6 \times 1 \sqrt{6400} + 700 \right) = 270626,4 \text{ lb} = 1213461,72 \text{ N}$$

$$V_{c \min} = 2 \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d_p = 2 \times 1 \times \sqrt{6400} \times 7,2 \times 50,25 = 57888 \text{ lb} = 259564 \text{ N}$$

$$V_{c \max} = 5 \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d_p = 5 \times 1 \times \sqrt{6400} \times 7,2 \times 50,25 = 144720 \text{ lb} = 648910 \text{ N}$$

$V_c > V_{c_{mak}}$, maka digunakan $V_c = 144720 \text{ lb} = 648910 \text{ N}$

$$V_u/\phi = V_{nh} = 153904,02 \text{ lb} > 0,5 V_c = 72360 \text{ lb}$$

$$= 690090,24 \text{ N} > 324455 \text{ N}$$

Perlu tulangan geser dengan tulangan geser minimum dan jarak maksimum antar tulangan 24 in

$$A_v = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot s}{80 \cdot f_y \cdot d_p} \sqrt{\frac{d_p}{b_w}} \quad \text{atau} \quad A_v = \frac{50 \cdot b_w \cdot s}{f_y}$$

$$A_v = \frac{3,978 \times 264657,33 \times 24}{80 \times 60000 \times 50,25} \sqrt{\frac{50,25}{7,2}} = 0,28 \text{ in}^2 = 180656 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \frac{50 \times 7,2 \times 24}{60000} = 0,144 \text{ in}^2 = 92,91 \text{ mm}^2$$

Digunakan A_v minimum = $0,144 \text{ in}^2 = 92,91 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan geser #3 dengan $A_v = 0,11 \text{ in}^2 \times 2 = 0,22 \text{ in}^2 > 0,144 \text{ in}^2$

Maka digunakan tulangan geser # 3-24 in

12. Perhitungan tegangan Geser Horisontal dan Perencanaan dowel

$$b_v = 24 \text{ in} = 609,5 \text{ mm}$$

$$L_{vh} = 0,5 L = 0,5 \times 98,5 \times 12 = 591 \text{ in} = 15011,4 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 f_{cs} \cdot b_m \cdot h_s = 0,85 \times 3800 \times 92,466 \times 5 = 1493329,13 \text{ lb} = 6695938,49 \text{ N}$$

$$C_c > A_{ps} \cdot f_{ps} = T = 1052806,85 \text{ lb} \text{ digunakan } F_h = 1052806,85 \text{ lb} = 4720680,64 \text{ N}$$

$$80 \cdot b_v \cdot l_{vh} = 80 \times 24 \times 591 = 1134720 \text{ lb} > F_h \text{ maka } F_h \text{ menentukan } = 1052806,85 \text{ lb}$$

permukaan singgung dianggap halus ($\mu = 0,6$) dan untuk itu diperlukan dowel minimum dengan luasan dowel,

$$V_{nh} = V_u / 0,85 = 136626,79 / 0,85 = 153904,02 \text{ lb} = 690090,24 \text{ N}$$

$$V_{nh} = 80 \cdot B_v \cdot d_p = 80 \times 24 \times 50,25 = 9648 \text{ lb} \text{ ambil yang terbesar } V_{nh} = 153904,02 \text{ lb}$$

$V_{nh} < 1052806,85 \text{ lb}$ maka F_h yang menentukan

$$\text{Total } A_{vf} = V_{nh} / 0,6 f_y = 1052806,85 / (0,6 \times 60000) = 29,24 \text{ in}^2 = 18865,65 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min } A_{vf} = 50 \cdot b_v \cdot l_{vh} / f_y = 50 \times 24 \times 591 / 60000 = 11,82 \text{ in}^2 = 7626,26 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan } A_{vf} = 29,24 \text{ in}^2 = 18865,65 \text{ mm}^2$$

Jarak antar dowel ,

$$S = l_{vh} \cdot A_v / A_{vf} = 591 \times 0,22 / 29,24 = 4,45 \text{ in} = 113,03 \text{ mm}$$

Jarak maksimum antar dowel = 24 in

Digunakan dowel #3 – 4 in

13. Tata letak tendon

$$P_o = 751400 \text{ lb} = 3369202,40 \text{ N}$$

$$P_e = 0,8 \cdot P_o = 601120 \text{ lb} = 2695361,97 \text{ N}$$

$$M_D = 8804791,88 \text{ lb.in} = 994853,4 \text{ N.m}$$

$$M_T = 2,7 \cdot 10^7 \text{ lb.in} = 3041194,72 \text{ N.m}$$

1. Momen pada seperempat bentang

$$M_D = 0,75 \cdot 8804791,88 = 6603593,91 \text{ lb} = 746140,08 \text{ N}$$

$$M_T = 0,75 \cdot 2,7 \cdot 10^7 = 20186707,15 \text{ lb} = 2280896,04 \text{ N}$$

$$K_b = \frac{r_c^2}{c_{tc}} = \frac{427,81}{19,20} = 22,28 \text{ in} = 565,9 \text{ mm}$$

$$K_t = \frac{r_c^2}{c_{bc}} = \frac{427,81}{40,8} = 10,486 \text{ in} = 266,34 \text{ mm}$$

2. Batas pada daerah bawah (lower envelope)

a. Tinjauan pada tengah bentang

$$a_{\min} = \frac{M_D}{P_o} = \frac{8804791,88}{751400} = 11,72 \text{ in} = 297,69 \text{ mm}$$

$$e_1 = K_b + a_{\min} = 22,28 + 11,72 = 33,997 \text{ in} = 863,52 \text{ mm}$$

b. Tinjauan pada seperempat bentang

$$a_{\min} = \frac{M_D}{P_o} = \frac{6603593,91}{751400} = 8,79 \text{ in} = 223,27 \text{ mm}$$

$$e_2 = K_b + a_{\min} = 22,28 + 8,79 = 31,07 \text{ in} = 789,18 \text{ mm}$$

c. Tinjauan pada Dukungan

$$e_3 = K_b = 22,28 \text{ in} = 565,91 \text{ mm}$$

3. batas pada daerah atas (upper envelope)

a. Tinjauan pada setengah bentang

$$a_{\max} = \frac{M_T}{P_c} = \frac{2,72 \cdot 10^7}{601120} = 44,78 \text{ in} = 1137,412 \text{ mm}$$

$$e_4 = a_{\max} - K_t = 44,78 - 10,486 = 34,29 \text{ in} = 870,97 \text{ mm}$$

b. Tinjauan pada seperempat bentang

$$a_{\max} = \frac{M_T}{P_c} = \frac{20186707,15}{601120} = 33,582 \text{ in} = 852,98 \text{ mm}$$

$$e_3 = a_{\max} - K_t = 33,582 - 10,486 = 23,1 \text{ in} = 586,74 \text{ mm}$$

b. Tinjauan pada dukungan

$$e_6 = K_t = 10,486 \text{ in} = 266,34 \text{ mm}$$

14. Lendutan yang terjadi

$$E_p = 57000 \times \sqrt{f'_{cs}} = 57000 \times \sqrt{3800} = 3513715,902 \text{ Psi}$$

$$E_B = 57000 \times \sqrt{f'_c} = 57000 \times \sqrt{6400} = 4560000 \text{ Psi}$$

$$N = \frac{E_p}{E_B} = \frac{3513715,902}{4560000} = 0,771$$

$$I_{cr} = I_g + (A_c (C_{bc} - C_{bs})^2) + N \frac{B_m \cdot H_s^3}{12} + B_m \times H_s \times (C_{tc} - \left(\frac{H_s}{2}\right)^2)$$

$$= 213625,5 + (580,8 \times (40,8 - 27,5)^2) + (0,771 \times \frac{92,4662 \times 5^3}{12}) + (92,4662 \times 5 \times$$

$$(19,20 - \left(\frac{5}{2}\right)^2))$$

$$= 416517,96 \text{ in}^4$$

1. Lendutan akibat gaya prategang dengan tendon parabolik dan angkur eksentris

sebesar e_1 ditengah bentang serta e_2 pada penampang diatas tumpuan

$$\Delta_1 = \frac{-P_o \cdot e_2 \cdot L^2 \cdot 144}{8 \cdot E_B \cdot I_g} + \frac{-P_o \cdot e_1 \cdot L^2 \cdot 144}{24 \cdot E_B \cdot I_g}$$

$$= \frac{-751400 \times 5,897 \times 98,5^2 \times 144}{8 \times 4560000 \times 213625,5} + \frac{-5 \times 751400 \times (17,75 - 5,897) \times 98,5^2 \times 144}{48 \times 4560000 \times 213625,5}$$

$$= -1,86 \text{ in} = -47,24 \text{ mm}$$

2. Lendutan efektif setelah kehilangan gaya prategang

$$\Delta_2 = \Delta_1 \cdot (1 - R)$$

$$= -1,86 \times (1 - 0,2)$$

$$= -1,49 \text{ in} = -37,85 \text{ mm}$$

3. Lendutan akibat berat sendiri balok pracetak

$$\Delta_3 = \frac{5 \cdot W_d \cdot (L \cdot 12)^4}{384 \cdot E_B \cdot I_g}$$

$$= \frac{5 \times 50,42 \times (98,5 \times 12)^4}{384 \times 4560000 \times 213625,5} = 1,32 \text{ in} = 33,53 \text{ mm}$$

4. Lendutan balok pracetak akibat berat sendiri pelat cor ditempat

$$\Delta_4 = \Delta_3 \cdot \frac{W_{sd}}{W_d} = 1,32 \times \frac{40,13}{50,42} = 1,05 \text{ in} = 26,67 \text{ mm}$$

5. Lendutan balok komposit akibat beban hidup

$$\Delta_5 = \frac{5 \cdot W_l \cdot (L \cdot 12)^4}{384 \cdot E_p \cdot I_{cr}}$$

$$= \frac{5 \times 51,37 \times (98,5 \times 12)^4}{384 \times 3513715,982 \times 416517,96} = 0,82 \text{ in} = 20,83 \text{ mm}$$

6. Lendutan balok komposit akibat berat sendiri pelat cor ditempat

$$\Delta_6 = \frac{5 \cdot W_{sd} \cdot (L \cdot 12)^4}{384 \cdot E_B \cdot I_{cc}}$$

$$= \frac{5 \times 40,13 \times (98,5 \times 12)^4}{384 \times 4560000 \times 446265,61} = 0,501 \text{ in} = 12,73 \text{ mm}$$

7. Lendutan pada konstruksi menggunakan perancah

$$\Delta_1 = \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_5 + \Delta_6$$

$$\Delta_1 = -1,49 + 1,32 + 0,83 + 0,501$$

$$= 1,16 \text{ in} = 29,46 \text{ mm} < \frac{L}{360} = 3,283 \text{ in} = 83,4 \text{ mm} \longrightarrow \text{aman}$$

- Dicoba tanpa perancah

saat layan sebelum menjadi komposit

$$f_t = \frac{-P_o}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot C_t}{r^2}\right) - \frac{M_d + M_{sd}}{S_t}$$

$$= -\frac{601120}{580,8} \left(1 - \frac{17,75 \times 27,5}{366,025}\right) - \frac{8804791,88 + 7008830,4}{7768,2}$$

$$= -1690,43 \text{ psi} < f_{cs} = -2880 \text{ psi}$$

$$= -11,88 \text{ MPa} < -20,24928 \text{ MPa}$$

$$f_b = \frac{-P_e}{A_c} \left(1 + \frac{e \cdot C_b}{r^2}\right) + \frac{M_d + M_{sd}}{S_b}$$

$$= -\frac{601120}{580,8} \left(1 + \frac{17,75 \times 27,5}{366,025}\right) + \frac{8804791,88 + 7008830,4}{7768,2}$$

$$= -379,54 \text{ psi} < f_{ts} = 480 \text{ psi}$$

$$= -2,67 \text{ MPa} < 3,37488 \text{ MPa}$$

a. Tanpa perancah saat layan sesudah menjadi komposit

$$f_{tc} = -\frac{P_e}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot C_t}{r^2}\right) - \frac{M_d + M_{sd}}{S_t} - \frac{M_{csd} + M_l}{S_{tc}}$$

$$= -\frac{601120}{580,8} \left(1 - \frac{17,75 \times 27,5}{366,025}\right) - \frac{8804791,88 + 7008830,4}{7768,2} - \frac{2130684,43 + 8971302,864}{23243}$$

$$= -2168,08 \text{ psi} < f_{cs} = -2880 \text{ psi}$$

$$= -15,24 \text{ MPa} < -20,249 \text{ MPa}$$

$$f_{bc} = -\frac{P_e}{A_c} \left(1 + \frac{e \cdot C_t}{r^2}\right) + \frac{M_d + M_{sd}}{S_b} + \frac{M_{csd} + M_l}{S_{bc}}$$

$$= -\frac{601120}{580,8} \left(1 + \frac{17,75 \times 27,5}{366,025}\right) + \frac{8804791,88 + 7008830,4}{7768,2} + \frac{2130684,43 + 8971302,864}{23243}$$

$= 635,4633 \text{ psi} > f_{ts} = 480 \text{ psi} \longrightarrow$ tidak aman penampang
harus dirubah

$$= 4,47 \text{ MPa} > 3,37488 \text{ MPa}$$

4.3.3 Hitungan perencanaan balok komposit tanpa menggunakan perancah

Adapun hitungan perencanaan langkah-langkah seperti pada hitungan perencanaan menggunakan perancah.

1. Hitungan beban

W_d (berat sendiri) diasumsikan 60 lb/ft (10508,028 N/m)

$$M_d = 1/8 \cdot W_d \cdot L^2 = 1/8 \cdot 60 \cdot 98,5^2 \cdot 144 = 12224835 \text{ lb in}$$

$$S_a' = \frac{(1-R)M_d + M_{sd} + M_{csd} + M_l}{R f_{ti} - f_{cs}}$$

$$= \frac{(1-0,8) \times 12224835 + 7008830,363 + 2130684,43 + 8971302,864}{0,8 \times 200,7984 - (-2880)}$$

$$= 6760,351 \text{ in}^3$$

$$S_b' = \frac{(1-R)M_d + M_{sd} + M_{csd} + M_l}{f_{ts} - R f_{ci}}$$

$$= \frac{(1-0,8)12224835 + 7008830,363 + 2130684,43 + 8971302,864}{480 - (0,8 \times 2688)}$$

$$= 7814,699 \text{ in}^3$$

$$H_t = 1/24 L = 1/24 \cdot 98,5 \cdot 12 = 49,25 \text{ in}$$

$$B_t = 0,45 H_t = 0,45 \cdot 49,25 = 22,1625 \text{ in}$$

Dicoba menggunakan $H_t = 55 \text{ in} = 1397 \text{ mm}$

$$B_t = 24 \text{ in} = 609,6 \text{ mm}$$

3. Koefisien A_c taksiran

$$P_1 = M_T / (0,65 \cdot H) = 30335652,66 / (0,65 \cdot 55) = 848549,7248 \text{ lb}$$

$$P_2 = M_L / (0,5 \cdot H) = 326229,195 / (0,5 \cdot 55) = 326229,195 \text{ lb}$$

$$P = P \text{ terbesar} = P_1 = 848549,7248 \text{ lb}$$

$$A_c = P / (0,5 f_{cs} \cdot b \cdot h) = 848549,7248 / (0,5 \cdot 2880 \cdot 55 \cdot 24) = 0,4464172$$

Dari tabel A.H. Nilson (1987) didapat koefisien sebagai berikut,

$$b'/b = 0,2 \quad ; \quad C_b = 0,5 \quad ; \quad r^2 = 0,132$$

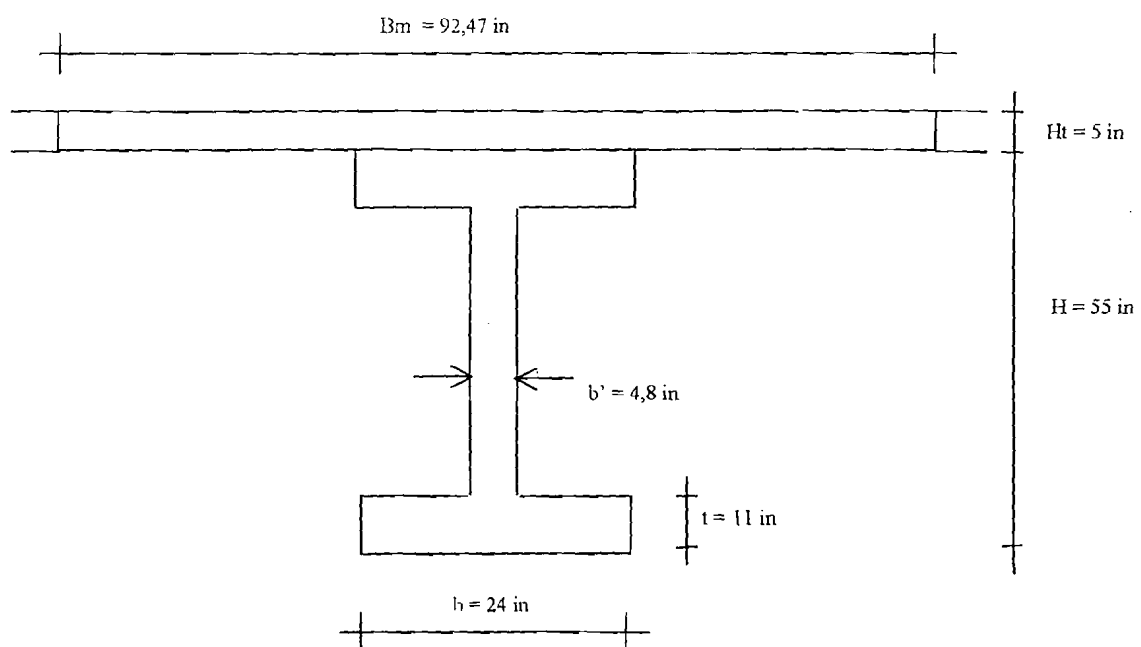
$$t/h = 0,2 \quad ; \quad C_t = 0,5 \quad ; \quad A_c = 0,52 \quad ; \quad I = 0,0689$$

$$b = 0,2 \cdot 24 = 4,8 \text{ in} = \text{mm} ; C_b = C_t = 0,5 \cdot 55 = 27,5 \text{ in} = 698,5 \text{ mm}$$

$$t = 0,2 \cdot 55 = 11 \text{ in} = 279,4 \text{ mm} ; I = 0,0689 \cdot 24 \times 55^3 = 275117,7 \text{ in}^4$$

$$A_c = 0,52 \cdot 55 \cdot 24 = 686,4 \text{ in}^2 = 442865,28 \text{ mm}^2 ; r^2 = 0,132 \cdot 55^2 = 399,2$$

$$S_t = S_b = 275117,7 / 27,5 = 10004,28 \text{ in}^3 = 163,95 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$



Gambar 4.4 *Propertis penampang balok komposit tanpa menggunakan perancah*

Perbandingan modulus penampang taksiran dengan modulus penampang,

$$(1 - S_t/S_b) \times 100\% = (1 - 10004,28 / 6760,351) \times 100\% = - 47,98 \%$$

$$(1 - S_i/S_i') \times 100\% = (1 - 10004,28 / 7814,699) \times 100\% = -28,02 \%$$

$$W_d \text{ baru} = A_c \cdot \gamma_{bt} = 686,4 \times 150/1728 = 59,58 \text{ lb/in} = 10434,47 \text{ N/m}$$

$$M_d \text{ baru} = 1/8 \cdot 52,70833 \times 98,4^2 \times 144 = 10405663,13 \text{ lb in} = 1175735,88 \text{ N.m}$$

$$M_T = 10405663,13 + 7008830,363 + 2130684,43 + 8971302,864$$

$$= 28516480,78 \text{ lb in} = 3222077,163 \text{ N.m}$$

4. Menentukan tegangan pada pusat (sentral)

$$f_{\text{cent}} = f_{ii} - \frac{C_1}{h} (f_{ii} - f_{ci}) = 200,7984 - \frac{27,5}{55} (200,7984 + 2688) = -1243,6007 \text{ lb/in}^2$$

$$P_o = A_{cp} \cdot f_{\text{cent}} = 686,4 \times 1243,6007 = 853607,52 \text{ lb} = 3827490,76 \text{ N}$$

5. Mencari jumlah kabel

Dipakai untuaian 7 kawat $\phi \frac{1}{2}$ " $\rightarrow P_i = 28900 \text{ lb} = 129584,71 \text{ N}$

$$X = P_o / P_i = 853607,52 / 28900 = 29,54 \approx 30 \text{ kabel}$$

$$P_o = X \cdot P_i = 30 \times 28900 = 867000 \text{ lb} = 3887541,3 \text{ N}$$

$$P_e = (1-0,2) \cdot P_o = (1-0,2) \times 867000 = 693600 \text{ lb} = 3110033,04 \text{ N}$$

$$e_{\text{max}} = C_b - D_{sp} = 27,5 - 9,75 = 17,75 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 e_1 &= (f_{ti} - f_{cent}) \frac{S_t}{P_o} + \frac{M_d}{P_o} \\
 &= (200,7984 - 1243,6007) \times \frac{10004,28}{867000} + \frac{10405663,13}{867000} = -0,031 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_2 &= (f_{cent} - f_{ti}) \frac{S_b}{P_o} + \frac{M_d}{P_o} = (1243,3007 - 200,7984) \times \frac{10004,28}{867000} + \\
 &\quad \frac{10405663,13}{867000} = 24,034 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$e_2 > e_{max} \rightarrow e = e_{max} = 17,75 \text{ in}$$

6. Hitungan tegangan beton saat transfer

$$f_{t1} = -\frac{P_o}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot C_t}{r^2}\right) - \frac{M_d}{S_t} = -\frac{867000}{686,4} \left(1 - \frac{17,75 \times 27,5}{399,2}\right) - \frac{10405663,13}{10004,28}$$

$$= -759,14 \text{ psi} < f_{ti} = 200,7984 \text{ psi}$$

$$= -5,34 \text{ MPa} < = 1,4118 \text{ MPa}$$

$$f_{b1} = -\frac{P_o}{A_c} \left(1 + \frac{e \cdot C_t}{r^2}\right) + \frac{M_d}{S_t} = -\frac{867000}{686,4} \left(1 + \frac{17,75 \times 27,5}{399,2}\right) + \frac{10405663,13}{10004,28}$$

$$= -1767,08 \text{ psi} < f_{ci} = -2688 \text{ psi}$$

$$= -12,42 \text{ MPa} < f_{ci} = -18,89933 \text{ MPa}$$

7. Hitungan tegangan beton saat layan

$$f_t = \frac{-P_e}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot C_t}{r^2}\right) - \frac{M_d + M_{sd}}{S_t}$$

$$= -\frac{693600}{686,4} \left(1 - \frac{17,75 \times 27,5}{399,2}\right) - \frac{10405663,13 + 7008831}{10004,24}$$

$$= -1515,29 \text{ psi} < f_{cs} = -2880 \text{ psi}$$

$$= -10,66 \text{ MPa} < -20,24928 \text{ MPa}$$

$$f_b = \frac{-P_e}{A_c} \left(1 + \frac{e \cdot C_b}{r^2}\right) + \frac{M_d + M_{sd}}{S_b}$$

$$= -\frac{693600}{686,4} \left(1 + \frac{17,75 \times 27,5}{399,2}\right) + \frac{10405663,13 + 7008831}{10004,24}$$

$$= -505,06 \text{ psi} < f_{ts} = 480 \text{ psi}$$

$$= -3,55 \text{ MPa} < 3,37488 \text{ MPa}$$

8. Hitungan Propertis penampang setelah beton menjadi komposit

$$y = h_t + h_s/2 = 55 + 5/2 = 57,5 \text{ in} = 1460,5 \text{ mm}$$

$$A_{cc} = A_s + A_c = 462,331 + 686,4 = 1148,731 \text{ in}^2 = 741161,24 \text{ mm}^2$$

$$C_{bc} = \left(\frac{A_s \cdot y + A_c \cdot C_b}{A_c + A_s} \right) = \frac{462,331 \times 57,5 + 686,4 \times 27,5}{462,331 + 686,4} = 39,57 \text{ in} = 1005,08 \text{ mm}$$

$$C_{tc} = (h_t + h_s) - C_{bc} = 55 + 5 - 39,57 = 20,43 \text{ in} = 518,992 \text{ mm}$$

$$I_{cc} = I_c + A_c (C_{bc} - C_b)^2 + 1/12 (b_m \cdot h_s^3) + b_m \cdot h_s (C_{tc} - h_s/2)^2$$

$$= 26790,3 + 686,4 \times (39,57 - 27,5)^2 + 1/12 (92,466 \times 5^3) + 92,466 \times 5 \times (20,43 - 5/2)^2$$

$$= 524711,12 \text{ in}^4$$

$$r_c^2 = I_{cc} / A_{cc} = 524711,12 / 1148,731 = 456,77 \text{ mm}^2 = 294708,004 \text{ mm}^2$$

$$S_{tc} = I_{cc} / C_{tc} = 524711,12 / 20,43 = 25683,36 \text{ in}^3 = 420,9 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_{bc} = I_{cc} / C_{bc} = 524711,12 / 39,57 = 13260,33 \text{ in}^3 = 217,31 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

9. Tegangan beton saat layan setelah beton menjadi komposit

$$f_{tc} = - \frac{P_e}{A_c} \left(1 - \frac{e \cdot C_t}{r^2} \right) - \frac{M_d + M_{sd}}{S_t} - \frac{M_{csd} + M_l}{S_{tc}}$$

$$= - \frac{693600}{686,4} \left(1 - \frac{17,75 \times 27,5}{399,2} \right) - \frac{10405663,13 + 7008831}{10004,24} - \frac{2130684,43 + 8971302,86}{25683,36}$$

$$= - 1948,1 \text{ psi} < f_{cs} = -2880 \text{ psi}$$

$$= - 13,93 \text{ MPa} < -20,249 \text{ MPa}$$

$$f_{bc} = - \frac{P_e}{A_c} \left(1 + \frac{e \cdot C_t}{r^2}\right) + \frac{M_d + M_{sd}}{S_b} + \frac{M_{csd} + M_l}{S_{bc}}$$

$$= - \frac{693600}{686,4} \left(1 + \frac{17,75 \times 27,5}{399,2}\right) + \frac{10405663,13 + 7008831}{10004,24} + \frac{2130684,43 + 8971302,86}{25683,36}$$

$$= 332,26 \text{ psi} < f_{ts} = 480 \text{ psi}$$

$$= 2,34 \text{ MPa} < 3,37488 \text{ MPa}$$

10. Hitungan Kapasitas Momen Nominal

$$M_u = 1,4 (M_d + M_{sd} + M_{csd}) + 1,7 M_l$$

$$= 1,4 (10405663,13 + 7008830,4 + 2130684,43) + 1,7 \times 8971302,864$$

$$= 42614463,85 \text{ lb.in} = 4815008,27 \text{ N.m}$$

$$M_n = M_u / 0,9 = 42614463,85 / 0,9 = 47349404,28 \text{ lb in} = 5350009,19 \text{ N.m}$$

$$A_{ps} = X \cdot \phi_{kabel} = 28 \times 0,153 = 4,284 \text{ in}^2 = 2961,468 \text{ mm}^2$$

$$D_p = H_s + H_p - D_{sp} = 5 + 55 - 9,75 = 50,25 \text{ in}$$

$$\rho = A_{ps} / (B_m \cdot D_p) = 4,59 / (92,4662 \times 50,25) = 9,8 \cdot 10^{-4}$$

$$\beta = 0,85 - 0,5(6400 - 4000) / 1000 = 0,73$$

$$f_{py}/f_{pu} = 229500/270000 = 0,85 \rightarrow \gamma_p = 0,4 \text{ (Nawy,1995)}$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - \frac{\gamma_p \cdot \rho_p \cdot f_{pu}}{0,75 f_c}\right)$$

$$= 270000 \left(1 - \frac{0,4 \times 0,00098 \times 270000}{0,73 \times 6400}\right) = 263833,46 \text{ psi}$$

$$T = A_{ps} \cdot f_{ps}$$

$$= 4,59 \times 263833,46 = 1210995,58 \text{ psi}$$

$$C = 0,85 f_c \cdot B_m \cdot H_s$$

$$= 0,85 \times 6400 \times 92,4662 \times 5 = 2515080,912 > T \longrightarrow \text{ gaya desak ditahan sayap}$$

$$a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f_c \cdot B_m} = \frac{1210995,58}{0,85 \times 6400 \times 92,4662} = 2,41 \text{ in} = 61,214 \text{ mm}$$

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

$$= 1210995,58 \times (50,25 - 2,41 / 2)$$

$$= 6,08 \cdot 10^7 \text{ lb in} > 47349404,28 \text{ lb in} \longrightarrow \text{OK}$$

$$= 6869792 \text{ N.m} > 5350009,19 \text{ N.m}$$

11. Hitungan Tegangan Geser dan Perencanaan Begel

$$W_u = 1,4 (W_d + W_{sd} + W_{csd}) + 1,7 W_l$$

$$W_u = 1,4 (59,58 + 40,1329 + 12,2004) + 1,7 \times 51,37012$$

$$= 244,01 \text{ lb/in} = 42734,4 \text{ Nm}$$

$$V_u = W_u \cdot L/2 = 244,01 \times 98,5 \times 12/2 = 144211,91 \text{ lb} = 646629,5 \text{ N}$$

$$V_n = V_u/0,85 = 144211,91 / 0,85 = 169660,47 \text{ lb} = 760740,58 \text{ N}$$

Diasumsikan V_u terjadi pada setengah tinggi tampang

$$0,5D_p = 0,5 \times 50,25 = 25,125 \text{ in} = 638,175 \text{ mm}$$

$$V_{nh} = V_n \left(\frac{L/2 - D_p/2}{L/2} \right)$$

$$V_{nh} = 169660,4 \times \left(\frac{98,5 \times 12/2 - 25,125}{98,5 \times 12/2} \right) = 162447,75 \text{ lb} = 728399,47 \text{ N}$$

$$V_{u2} = 0,85 V_{nh} = 0,85 \times 162447,75 = 138080,58 \text{ lb} = 619139,51 \text{ N}$$

$$f_{pe} = 0,8 f_{pi} = 0,8 \cdot (0,7 f_{pu}) = 0,8 (0,7 \times 270000) = 151200 \text{ psi}$$

$$0,4 f_{pu} = 0,4 \times 270000 = 108000 \text{ psi}$$

$$f_{pe} > 0,4 f_{pu}$$

$$M_u = V_u \cdot 0,5d_p - \left(\frac{W_u \cdot (0,5d_p)^2}{2} \right)$$

$$M_u = 144211,4 \times 25,125 - 0,5 \times 244,01 \times 25,125^2 = 3546293,86 \text{ lb in}$$

$$D_p = 50,25 \quad \text{bila } d_p > 0,8 h \text{ maka yang dipakai}$$

$$0,8h = 48 \quad \text{adalah } d_p = 50,25 \text{ in}$$

$$\frac{V_u \cdot d_p}{M_u} = \frac{138080,58 \times 50,25}{3546293,86} = 1,96 > 1 \text{ maka digunakan } \frac{V_u \cdot d_p}{M_u} = 1$$

$$V_c = b_w \cdot d_p (0,6\lambda \sqrt{f_c} + 700 \frac{V_u \cdot d_p}{M_u})$$

$$V_c = 4,8 \times 50,25 (0,6 \times 1 \sqrt{6400} + 700) = 180417,6 \text{ lb} = 808974,48 \text{ N}$$

$$V_{c \min} = 2\lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d_p = 2 \times 1 \times \sqrt{6400} \times 4,8 \times 50,25 = 38592 \text{ lb} = 173042,69 \text{ N}$$

$$V_{c \max} = 5\lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d_p = 5 \times 1 \times \sqrt{6400} \times 4,8 \times 50,25 = 96480 \text{ lb} = 432606,67 \text{ N}$$

$$V_c > V_{c \max}, \text{ maka digunakan } V_c = 96480 \text{ lb} = 432606,67 \text{ N}$$

$$V_u / \phi = V_{nh} = 162447,75 \text{ lb} > 0,5 V_c = 48240 \text{ lb}$$

$$= 728399,47 \text{ N} > 216303,38 \text{ N}$$

Perlu tulangan geser dengan tulangan geser minimum dan jarak maksimum antar tulangan 24 in

$$A_v = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot s}{80 \cdot f_y \cdot dp} \sqrt{\frac{dp}{b_w}} \quad \text{atau} \quad A_v = \frac{50 \cdot b_w \cdot s}{f_y}$$

$$A_v = \frac{4,59 \times 263833,46 \times 24}{80 \times 60000 \times 50,25} \sqrt{\frac{50,25}{4,8}} = 0,39 \text{ in}^2 = 251,63 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \frac{50 \times 4,8 \times 24}{60000} = 0,096 \text{ in}^2 = 61,94 \text{ mm}^2$$

Digunakan A_v minimum = $0,096 \text{ in}^2 = 61,94 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan geser #3 dengan $A_v = 0,11 \text{ in}^2 \times 2 = 0,22 \text{ in}^2 > 0,096 \text{ in}^2$

Maka digunakan tulangan geser # 3-24 in

12. Perhitungan tegangan Geser Horisontal dan Perencanaan dowel

$$b_v = 24 \text{ in}$$

$$L_{vh} = 0,5 L = 0,5 \times 98,5 \times 12 = 591 \text{ in}$$

$$C_c = 0,85 f'_{cs} \cdot b_m \cdot h_s = 0,85 \times 3800 \times 92,466 \times 5 = 1493329,13 \text{ lb}$$

$$C_c > A_{ps} \cdot f_{ps} = T = 1210995,58 \text{ lb} \text{ digunakan } F_h = 1210995,58 \text{ lb}$$

$$80 \cdot b_v \cdot l_{vh} = 80 \times 24 \times 591 = 1134720 \text{ lb} < F_h \text{ maka } F_h \text{ menentukan} = 1134720 \text{ lb}$$

permukaan senggung dianggap halus ($\mu = 0,6$) dan untuk itu diperlukan dowel minimum dengan luasan dowel,

$$V_{nh} = V_u / 0,85 = 138080,58 / 0,85 = 162447,06 \text{ lb} = 728399,47 \text{ N}$$

$$V_{nh} = 80 \cdot B_v \cdot d_p = 80 \times 24 \times 50,25 = 9648 \text{ lb}$$

ambil yang terbesar $V_{nh} = 162447,06 \text{ lb}$

$V_{nh} < 1134720 \text{ lb}$ maka F_h yang menentukan

$$\text{Total } A_{vf} = V_{nh} / 0,6 f_y = 1134720 / (0,6 \times 60000) = 31,52 \text{ in}^2 = 20336,7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min } A_{vf} = 50 \cdot b_v \cdot l_{vh} / f_y = 50 \times 24 \times 591 / 60000 = 11,82 \text{ in}^2 = 7626,26 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan } A_{vf} = 31,52 \text{ in}^2 = 20336,7 \text{ mm}^2$$

Jarak antar dowel ,

$$S = l_{vh} \cdot A_v / A_{vf} = 591 \times 0,22 / 31,52 = 4,125 \text{ in}$$

Jarak maksimum antar dowel = 24 in

Digunakan dowel #3 – 4 in

13. Tata letak tendon

$$P_o = 867000 \text{ lb} = 3887541,3 \text{ N}$$

$$P_c = 0,8 \cdot P_o = 693600 \text{ lb} = 3110033,04 \text{ N}$$

$$M_D = 10405663,13 \text{ lb.in} = 1175735,88 \text{ N.m}$$

$$M_T = 2,85 \cdot 10^7 \text{ lb.in} = 3322077,163 \text{ N.m}$$

1. Momen pada seperempat bentang

$$M_D = 0,75 \cdot 10405663,13 = 7804247,35 \text{ lb} = 881801,91 \text{ N}$$

$$M_T = 0,75 \cdot 2,85 \cdot 10^7 = 21387360,14 \text{ lb} = 2416557,82 \text{ N}$$

$$K_b = \frac{r_c^2}{c_{tc}} = \frac{456,77}{20,43} = 22,36 \text{ in} = 567,94 \text{ mm}$$

$$K_t = \frac{r_c^2}{c_{bc}} = \frac{456,77}{39,57} = 11,54 \text{ in} = 285,75 \text{ mm}$$

2. Batas pada daerah bawah (lower envelope)

a. Tinjauan pada tengah bentang

$$a_{\min} = \frac{M_D}{P_o} = \frac{10405663,13}{867000} = 12 \text{ in} = 304,80 \text{ mm}$$

$$e_1 = K_b + a_{\min} = 22,36 + 12 = 34,36 \text{ in} = 872,744 \text{ mm}$$

b. Tinjauan pada seperempat bentang

$$a_{\min} = \frac{M_D}{P_o} = \frac{7804247,35}{867000} = 9 \text{ in} = 228,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = K_b + a_{\min} = 22,36 + 9 = 31,36 \text{ in} = 796,544 \text{ mm}$$

c. Tinjauan pada Dukungan

$$e_3 = K_b = 22,36 \text{ in} = 613,66 \text{ mm}$$

3. batas pada daerah atas (upper envelope)

a. Tinjauan pada setengah bentang

$$a_{\max} = \frac{M_T}{P_e} = \frac{2,85 \cdot 10^7}{693600} = 41,11 \text{ in} = 1044,19 \text{ mm}$$

$$e_4 = a_{\max} - K_t = 41,11 - 11,54 = 29,59 \text{ in} = 751,59 \text{ mm}$$

b. Tinjauan pada seperempat bentang

$$a_{\max} = \frac{M_T}{P_e} = \frac{21387360,14}{693600} = 30,84 \text{ in} = 783,336 \text{ mm}$$

$$e_5 = a_{\max} - K_t = 30,84 - 11,54 = 19,30 \text{ in} = 490,22 \text{ mm}$$

c. Tinjauan pada dukungan

$$e_6 = K_t - 11,54 \text{ in} = 285,75 \text{ mm}$$

14. Lendutan yang terjadi

$$E_p = 57000 \times \sqrt{f'_{cs}} = 57000 \times \sqrt{3800} = 3513715,902 \text{ Psi}$$

$$E_p = 57000 \times \sqrt{f'_c} = 57000 \times \sqrt{6400} = 4560000 \text{ Psi}$$

$$N = \frac{E_p}{E_B} = \frac{3513715,902}{4560000} = 0,771$$

$$I_{cr} = I_g + (A_c (C_{bc} - C_{bs})^2) + N \frac{B_m \cdot H_s^3}{12} + B_m \times H_s \times (C_{tc} - \left(\frac{H_s}{2}\right)^2)$$

$$\begin{aligned}
&= 275117,7 + (686,4 \times (39,54 - 27,5)^2) + (0,771 \times \frac{92,4662 \times 5^3}{12}) + (92,4662 \times \\
&5 \times (20,43 - (\frac{5}{2})^2)) \\
&= 496337,27 \text{ in}^4
\end{aligned}$$

8. Lendutan akibat gaya prategang dengan tendon parabolik dan angkur eksentris sebesar e_1 ditengah bentang serta e_2 pada penampang diatas tumpuan

$$\begin{aligned}
\Delta_1 &= \frac{-P_o \cdot c_2 \cdot L^2 \cdot 144}{8 \cdot E_B \cdot I_g} + \frac{-5 \cdot P_o \cdot e_1 \cdot L^2 \cdot 144}{48 \cdot E_B \cdot I_g} \\
&= \frac{-867000 \times 5,41 \times 98,5^2 \times 144}{8 \times 4560000 \times 275117,7} + \frac{-5 \times 867000 \times (17,75 - 5,41) \times 98,5^2 \times 144}{48 \times 4560000 \times 275117,7} \\
&= -1,64 \text{ in} = -41,66 \text{ mm}
\end{aligned}$$

9. Lendutan efektif setelah kehilangan gaya prategang

$$\begin{aligned}
\Delta_2 &= \Delta_1 \cdot (1 - R) \\
&= -1,64 \times (1 - 0,2) \\
&= -1,312 \text{ in} = -33,32 \text{ mm}
\end{aligned}$$

10. Lendutan akibat berat sendiri balok pracetak

$$\begin{aligned}
\Delta_3 &= \frac{5 \cdot W_d \cdot (L \cdot 12)^4}{384 \cdot E_B \cdot I_g} \\
&= \frac{5 \times 59,58 \times (98,5 \times 12)^4}{384 \times 4560000 \times 275117,7} = 1,21 \text{ in} = 30,73 \text{ mm}
\end{aligned}$$

11. Lendutan balok pracetak akibat berat sendiri pelat cor ditempat

$$\Delta_4 = \Delta_3 \cdot \frac{W_{sd}}{W_d} = 1,21 \times \frac{40,13}{59,58} = 0,81 \text{ in} = 20,57 \text{ mm}$$

12. Lendutan balok komposit akibat beban hidup

$$\begin{aligned} \Delta_5 &= \frac{5 \cdot W_l \cdot (L \cdot 12)^4}{384 \cdot E_p \cdot I_{cr}} \\ &= \frac{5 \times 51,37 \times (98,5 \times 12)^4}{384 \times 3513715,982 \times 496337,27} = 0,71 \text{ in} = 18,034 \text{ mm} \end{aligned}$$

13. Lendutan balok komposit akibat berat sendiri pelat cor ditempat

$$\begin{aligned} \Delta_6 &= \frac{5 \cdot W_{sd} \cdot (L \cdot 12)^4}{384 \cdot E_B \cdot I_{cc}} \\ &= \frac{5 \times 40,13291 \times (98,5 \times 12)^4}{384 \times 4560000 \times 524711,12} = 0,43 \text{ in} = 10,92 \text{ mm} \end{aligned}$$

14. Lendutan pada konstruksi tanpa perancah :

$$\begin{aligned} \Delta_t &= \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 + \Delta_5 \\ &= -1,321 + 1,21 + 0,81 + 0,71 \\ &= 1,42 \text{ in} = 36,07 \text{ mm} < \frac{L}{360} = 3,283 \text{ in} = 83,4 \text{ mm} \longrightarrow \text{aman} \end{aligned}$$

Untuk bentang yang lain dengan menggunakan program basic dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.1 Hasil perhitungan kontruksi balok komposit beton prategang dengan perancah

No	NOTASI	PANJANG BENTANG (ft)					
		50	66	82	98.5	115	131.5
1	B_{eff} (in)	120	120	120	120	120	120
2	B_m (in)	92.46621	92.46621	92.46621	92.46621	92.46621	92.46621
3	A_s (in ²)	462.3311	462.3311	462.3311	462.3311	462.3311	462.3311
4	H (in)	32	37	45	55	61	69
5	B (in)	16	16	22	24	25	29
6	b'/b	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
7	t/h	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2
8	A_c	0.44	0.58	0.44	0.44	0.52	0.52
9	C_b	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
10	C_t	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
11	I	0.0535	0.0707	0.0535	0.0535	0.0689	0.0689
12	r^2	0.121	0.122	0.121	0.121	0.132	0.132
13	% S_a	-9.98	-9.49	-7.21	-17.91	-39.11	-48.32
14	% S_b	4.85	5.29	7.26	-2	-20.34	-28.31
Beban							
15	W_{sd} (lb/in)	40.13	40.13	40.13	40.13	40.13	40.13
16	W_{csd} (lb/in)	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2
17	W_1 (lb/in)	51.37	51.37	51.37	51.37	51.37	51.37
18	W_d (lb/in)	19.56	29.81	37.8	50.42	68.84	89.01
19	W_d taksir	20	30	40	55	70	90
20	M_{sd} (lb.in)	1805981	3146741	4857366	7008831	9553637	12491790
21	M_{csd} (lb.in)	549018.1	956609.2	1476639	2130685	2904306	3797504
22	M_1 (lb.in)	2311655	4027828	6217428	8971303	12222222	15989490
23	M_d (lb.in)	879999.9	2336994	4576523	8804791	1.64E+07	2.77E+07
24	M_1 (lb.in)	5546654	1.05E+07	1.71E+07	2.69E+07	4.10E+07	6.00E+07
25	n kabel	10	16	20	26	36	46
Saat transfer pada kedua macam kontruksi							
26	F_{TI} (psi)	200.7984	200.7984	200.7984	200.7984	200.7984	200.7984
27	F_{CI} (psi)	-2688	-2688	-2688	-2688	-2688	-2688
28	f_{ti} (psi)	-749.46	-792.01	-733.44	-701.87	-899.82	-1044.58
29	f_{bi} (psi)	-1816.23	-1897.37	-1920.37	-1885.59	-1724.14	-1548.26

Saat layan pada kontruksi tanpa perancah sebelum menjadi komposit							
30	F_{TS} (psi)	480	480	480	480	480	480
31	F_{CS} (psi)	-2880	-2880	-2880	-2880	-2880	-2880
32	f_{t2} (psi)	-1730.14	-1803.71	-1797.75	-1690.43	-1720.8	-1811.57
33	f_{b2} (psi)	-322.42	-350.99	-325.29	-379.54	-378.37	-262.71
Saat layan pada kontruksi tanpa perancah setelah menjadi komposit							
34	f_{tc} (psi)	-2033.03	-2196.88	-2250.85	-2168.17	-2218.41	-3330.9
35	f_{bc} (psi)	683.77	689.08	770.3627	635.37	530.77	588.71
Saat layan pada kontruksi dengan perancah sebelum menjadi komposit							
36	f_{t2} (psi)	-699.96	-787.719	-778.77	-788.18	-975.52	-1135.55
37	f_{b2} (psi)	-1352.59	-1366.99	-1344.28	-1281.79	-1123.65	-938.73
Saat layan pada kontruksi dengan perancah setelah menjadi komposit							
38	f_{tc} (psi)	-1194.09	-1429.1	-1517.92	-1567.52	-1787.28	-1982.75
39	f_{bc} (psi)	288.818	344.39	443.08	373.86	359.44	450.2
Momen dan gaya geser							
40	W_u (lb/in)	187.97	202.32	213.53	231.18	256.97	285.22
41	M_u (lb.in)	8458812	1.59E+07	2.58E+07	4.04E+07	6.12E+07	8.88E+07
42	M_{n1} (lb.in)	9398680	1.76E+07	2.87E+07	4.49E+07	6.80E+07	9.86E+07
43	M_{n2} (lb.in)	1.11E+07	2.10E+07	3.26E+07	5.29E+07	8.16E+07	1.17E+08
44	V_{u1} (lb)	56392.08	80120.15	105058.4	136626.9	177307.5	225034.9
45	V_{n1} (lb)	66343.62	94258.99	123598.1	160737.5	208597	264746.9
46	V_{nh} (lb)	384000	506880	810497,7	1052803	1380000	1493329
47	V_c (lb)	97838.4	115790.4	198706.2	270626.4	210375	274403.8
48	$V_{c\min}$ (lb)	20928	24768	42504	57888	45000	58696
49	$V_{c\max}$ (lb)	52320.01	61920.01	106260	144720	112500	146740
50	V_{e2} (lb)	26160	30960	53130.01	72360	56250	73370
51	A_{v1} (in ²)	0.178	0.26	0.25	0.27	0.43	0.48
52	A_{v2} (in ²)	9.60E-02	9.60E-02	0.132	1.44E-01	0.1	0.116
53	$A_{vf\ tot}$ (in ²)	1.07E+01	1.45E+01	2.25E+01	2.92E+01	3.83E+01	4.15E+01
54	$A_{vf\ min}$ (in ²)	4	5.28	9.02	11.82	14.38	19.07
Tata letak tendon							
55	K_b (in)	4.13	5.9	7.82	10.49	13.26	15.62
56	K_t (in)	13.74	15.74	18.91	22.28	24.23	25.61
57	e_1 (in)	19.86	22.4	29.22	34.29	36.09	40.78
58	e_2 (in)	13.82	15.34	19.96	23.1	23.75	26.68
59	e_3 (in)	4.13	5.9	7.82	10.49	13.26	15.62
60	e_4 (in)	16.78	20.79	26.83	33.996	39.97	46.45
61	e_5 (in)	16.02	19.53	24.85	31.07	36.04	41.24
62	e_6 (in)	13.74	15.74	18.91	22.28	24.23	25.61
63	e_e (in)	4.8	4.92	5.55	5.9	5.48	4.99

17	W_1 (lb/in)	51.37	51.37	51.37	51.37	51.37	51.37
18	W_d (lb/in)	23.11	33.78	44.69	59.58	76.77951	99.666
19	W_d taksir	25	35	45	60	80	100
20	M_{sd} (lb.in)	1805981	3146741	4857366	7008831	9553637	12491790
21	M_{csd} (lb.in)	549018.1	956609.2	1476639	2130685	2904306	3797504
22	M_l (lb.in)	2311655	4027828	6217428	8971303	12222222	15989490
23	M_d (lb.in)	1040000	2648448	5408617	1.04E+07	1.83E+07	3.10E+07
24	M_t (lb.in)	5706654	1.08E+07	1.80E+07	2.85E+07	4.30E+07	6.33E+07
25	n kabel	12	18	24	30	40	50
Saat transfer pada kedua macam konstruksi							
26	F_{TI} (psi)	200.7984	200.7984	200.7984	200.7984	200.7984	200.7984
27	F_{CI} (psi)	-2688	-2688	-2688	-2688	-2688	-2688
28	f_{ti} (psi)	-706.65	-687.51	-782.36	-759.14	-874.43	-1026.24
29	f_{bi} (psi)	-1898.52	-1986.21	-1912.27	-1767.08	-1739.48	-1490.84
Saat layan pada konstruksi tanpa perancah sebelum menjadi komposit							
30	F_{TS} (psi)	480	480	480	480	480	480
31	F_{CS} (psi)	-2880	-2880	-2880	-2880	-2880	-2880
32	f_{t2} (psi)	-1630.51	-1647.43	-1593.33	-1515.92	-1703.75	-1711.54
33	f_{b2} (psi)	-453.62	-491.56	-562.385	-505.06	-387.371	-302.121
Saat layan pada konstruksi tanpa perancah setelah menjadi komposit							
34	f_{tc} (psi)	-1928.04	-2026	-2007.21	-1948.1	-2202.93	-2197.23
35	f_{bc} (psi)	437.65	450.59	344.2524	332.26	476.414	456.7651
Saat layan pada konstruksi dengan perancah sebelum menjadi komposit							
36	f_{t2} (psi)	-675.33	-708.12	-802.093	-815.34	-977.448	-1116.32
37	f_{b2} (psi)	-1408.81	-1430.86	-1353.62	-1205.64	-1113.68	-897.135
Saat layan pada konstruksi dengan perancah setelah menjadi komposit							
38	f_{tc} (psi)	-1160.69	-1325.7	-1477.27	-1520.35	-1791.76	-1908.84
39	f_{bc} (psi)	45.1	106.08	125.3926	160.29	295.4271	340.8463
Momen dan gaya geser							
40	W_u (lb/in)	192.95	207.88	223.1583	244.01	268.0872	300.1292
41	M_u (lb.in)	8682812	1.63E+07	2.70E+07	4.24E+07	6.38E+07	9.34E+07
42	M_{n1} (lb.in)	9647569	1.81E+07	3.00E+07	4.73E+07	7.09E+07	1.04E+08
43	M_{n2} (lb.in)	1.33E+07	2.42E+07	3.90E+07	6.08E+07	9.04E+07	1.29E+08
44	V_{u1} (lb)	57885.42	82322.35	109793.9	144211.4	184980.1	236801.9
45	V_{n1} (lb)	68100.49	96849.81	129169.3	169660.4	217623.7	278590.5
46	V_{nh} (lb)	384000	506880	865920	1134720	1380000	1493329
47	V_c (lb)	130451.2	159174.4	132470.8	180417.6	315562.5	307577.6
48	V_{cmin} (lb)	27904	34048	28336	38592	67500.01	65792
49	V_{cmax} (lb)	69760	85120	70840	96480.01	168750	164480
50	V_{c2} (lb)	34880	42560	35420	48240.01	84375.01	82240

51	A_{v1} (in ²)	0.185	0.25	0.364005	0.39	0.3913	0.494134
52	A_{v2} (in ²)	0.128	0.128	0.088	9.60E-02	0.15	0.128
53	$A_{vf\ tot}$ (in ²)	1.07E+01	1.41E+01	2.41E+01	3.15E+01	3.83E+01	41.48
54	$A_{vf\ min}$ (in ²)	4	5.28	9.02	11.82	14.375	21.04
Tata letak tendon							
55	K_t (in)	4.41	6.21	8.684991	11.54	13.00784	16.1899
56	K_b (in)	13.2	15.46	19.02503	22.36	22.5092	25.296
57	e_1 (in)	16.16	19.69	23.68499	29.57	33.44973	38.56874
58	e_2 (in)	11.02	13.21	15.5906	19.29	21.83534	24.87911
59	e_3 (in)	4.41	6.21	8.684991	11.54	13.00784	16.1899
60	e_4 (in)	16.2	20.55	26.82292	34.36	38.32007	46.7652
61	e_5 (in)	15.45	19.28	24.87344	31.36	34.36735	41.39802
62	e_6 (in)	13.2	15.46	19.02503	22.36	22.5092	25.296
63	e_c (in)	4.4	4.6	5.170017	5.41	4.750681	4.55328
Lendutan							
64	a_1 (in)	-0.65	-1.08	-1.36257	-1.65	-2.319	-2.4536
65	a_2 (in)	-0.51	-0.87	-1.09005	-1.32	-1.855	-1.9629
66	a_3 (in)	0.28	0.6	0.866086	1.21	1.981923	2.436326
67	a_4 (in)	0.49	0.71	0.777814	0.81	1.035957	0.981039
68	a_5 (in)	0.28	0.46	0.612005	0.71	0.941767	1.003034
69	a_6 (in)	0.17	0.28	0.368786	0.43	0.56716	0.603967
lendutan pada kontruksi tanpa perancah							
70	a_t (in)	0.54	0.899	1.165851	1.41	2.104412	2.457484
lendutan pada kontruksi dengan perancah							
71	a_t (in)	0.22	0.47	0.756824	1.02	1.635614	2.080412
72	$a_{t\ ijin}$ (in)	1.67	2.2	2.7333	3.28	3.833	4.3833

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Hasil Analisis

Dari hasil perhitungan analisis balok beton prategang komposit dengan perancah dan tanpa perancah pasca tarik dengan tendon terekat dapat diperoleh kapasitas penampang beton. Hal ini dapat digunakan untuk menghitung kekuatan lentur, geser, dan lendutan, sehingga dapat membantu dalam perancangan. Dengan demikian dalam perencanaan selanjutnya dapat menghasilkan suatu penampang balok prategang yang ekonomis.

Dalam analisis kapasitas penampang dapat diketahui besarnya tegangan yang terjadi pada tahap-tahap tertentu, seperti tahap penarikan (transfer) dan tahap akhir (layan) sebelum balok menjadi komposit serta pada saat balok telah menjadi komposit (layan). Kekuatan lentur suatu penampang balok prategang komposit tergantung pada beberapa parameter, seperti perbandingan propertis penampang, jumlah tulangan prategang, kehilangan gaya prategang, karakteristik bahan, kekuatan bahan, dan faktor modifikasi dari balok prategang komposit.

Kehilangan prategang total dalam analisis ini diasumsikan sebesar 20% (Lin & Burn, 1982) yang bekerja sesaat setelah transfer. Kehilangan gaya prategang

Fti (Mpa)	-5,2537146	-5,5519901	-5,1414144	-4,9201087	-6,3077382	-7,3225058
fbi (Mpa)	-12,731772	-13,300564	-13,461808	-13,217986	-12,086221	-10,853303
TEGANGAN IJIN BETON SAAT LAYAN						
FTS (Mpa)	3,3648	3,3648	3,3648	3,3648	3,3648	3,3648
FCS (Mpa)	-20,1888	-20,1888	-20,1888	-20,1888	-20,1888	-20,1888
TEGANGAN BETON SEBELUM MENJADI KOMPOSIT						
ft2 (Mpa)	-4,9067196	-5,521913	-5,4591777	-5,5251418	-6,8383952	-7,9602055
fb2 (Mpa)	-9,4816559	-9,5825999	-9,4234028	-8,9853479	-7,8767865	-6,5804973
TEGANGAN BETON SETELAH MENJADI KOMPOSIT						
ftc (Mpa)	-8,3705709	-10,017991	-10,640619	10,988315	-12,528833	-13,899078
fbc (Mpa)	2,02461418	2,4141739	3,1059908	2,6207586	2,5196744	3,155902
MOMEN						
Wu (N/m)	32919,9004	35433,07	37396,32	40487,432	45004,133	49951,662
Mu (N.m)	955761,168	1796541	2915142	4564796	6914988	10033512
Mn1 (N.m)	1061956,85	1988624	3242813	5073251	7683320	11140814
Mn2 (N.m)	1254189	2372790	3683474	5977171	9219984	13219830
GAYA GESER HORIZONTAL						
Vu1 (N)	252856,448	359250,74	471071,36	612621,36	795029,1	1009034
Vn1 (N)	297478,158	422647,89	554201,52	720730,88	935328,09	1187098,6
Vnh (N)	1721817,6	2272799,2	3634187,9	4720663,4	6187782	6695937,9
GAYA GESER BADAN						
Vc (N)	438697,602	519192,57	890978,73	1213461,7	943300,46	1230399,2
Vc min (N)	93839,0592	111057,24	190583,69	259564	201775,5	263186,99
Vc max (N)	234597,693	277643,13	476459,21	648910,01	504438,75	657967,49
Vc2 (N)	117298,824	138821,54	238229,65	324455	252219,38	328983,74
LENDUTAN						
at (mm)	7,112	14,732	23,114	29,464	41,656	56,896
A ijin (mm)	42,418	55,88	69,342	83,312	97,282	111,252

Tabel 5.2 Hasil perhitungan untuk konstruksi komposit beton prategang metode tanpa perancah $f'_{cp} = 6400$ Psi, $f'_{cs} = 3800$ Psi

NOTASI	PANJANG BENTANG (m)					
	15,24	20,1168	24,9936	30,0228	35,052	40,0812
H(mm)	812,8	965,2	1143	1397	1549,4	1752,6
B (mm)	406,4	406,4	558,8	609,6	635	812,8
Wd (N/m)	4047,3324	5916,0056	7826,7108	10434,447	13446,655	17454,843
Wd tak (N/m)	4378,345	6129,683	7881,021	10508,028	14010,704	17513,38
Mt (N.m)	644794,84	1220292	2033820	3220215	4854502,4	7152387,9

TEGANGAN BETON SAAT TRANSFER						
FTI (Mpa)	1,4075968	1,4075968	1,4075968	1,4075968	1,4075968	1,4075968
FCI (Mpa)	-18,84288	-18,84288	-18,84288	-18,84288	-18,84288	-18,84288
Fti (Mpa)	-4,9536165	-4,8194451	-5,4843422	-5,3215714	-6,1297543	-7,1939144
fbi (Mpa)	-13,308625	-13,923332	-13,405013	-12,387231	-12,193755	-10,450753
TEGANGAN IJIN BETON SAAT LAYAN						
FTS (Mpa)	3,3648	3,3648	3,3648	3,3648	3,3648	3,3648
FCS (Mpa)	-20,1888	-20,1888	-20,1888	-20,1888	-20,1888	-20,1888
TEGANGAN BETON SEBELUM MENJADI KOMPOSIT						
ft2 (Mpa)	-11,429896	-11,548484	-11,169236	-10,626599	-11,943316	-11,997867
fb2 (Mpa)	-3,1798762	-3,4458356	-3,9423217	-3,5404706	-2,7154735	-2,1178654
TEGANGAN BETON SESUDAH MENJADI KOMPOSIT						
ftc (Mpa)	-13,51556	-14,202274	-14,070535	-13,656181	-15,442511	-15,402575
fcc (Mpa)	3,0679265	3,1586359	2,4132093	2,3291426	3,3396621	3,2019234
MOMEN						
Wu (N/m)	33792,067	36406,814	39082,561	42734,399	46951,13	52562,767
Mu (N.m)	981070,93	1841737	3051780,8	4790776	7210812,8	10555338
Mn1 (N.m)	1090078,8	2045119	3390863,8	5344427	8012013,6	11728159
Mn2 (N.m)	1500473,3	2734358	4405569,4	6869792	10215067	14546174
GAYA GESER HORIZONTAL						
Vu1 (N)	259552,43	369125,19	492304,87	646629,5	829432,27	1061796
Vn1 (N)	305355,79	434264,86	579182,22	760740,27	975802,91	1249171,9
Vnh (N)	1721817,6	2272799,2	3882698,7	5087971	6187782	6695937,9
GAYA GESER BADAN						
Vc (N)	584930,14	713722,09	593985,82	808974,48	1414950,7	1379147,2
Vc min (N)	125118,75	152667,83	127055,79	173042,67	302663,29	295004,75
Vc max (N)	312796,86	381669,57	317639,48	432606,72	756658,13	737511,87
Vc2 (N)	156398,43	190834,78	158819,74	216303,38	378329,11	368755,94
LENDUTAN						
at (mm)	13,716	22,8346	29,612615	35,814	53,452065	62,420094
A ijin (mm)	42,418	55,88	69,42582	83,312	97,3582	111,33582

5.2 Pembahasan

Beberapa analisis perencanaan balok prategang komposit dengan panjang yang berbeda tetapi menggunakan material beton, baja prategang dan penutup beton yang sama akan menghasilkan suatu tampang bervariasi. Pada pembahasan ini meliputi analisis dimensi penampang & tendon, tegangan beton, gaya geser, momen, dan lendutan.

5.2.1 Dimensi

1. Penampang balok

Dimensi penampang yang digunakan pada metode dengan perancah dan tanpa perancah masing-masing berbeda. Hal ini disebabkan karena dimensi penampang pada metode dengan perancah tegangan betonnya aman tetapi pada metode tanpa perancah tegangan betonnya tidak aman sehingga penampangnya harus diperbesar.

Tabel 5.3 Perbandingan Dimensi yang digunakan pada kedua metode

NO	PANJANG BENTANG (L) m	NOTASI	DIMENSI PENAMPANG		PERSENTASI SELISIH (%)
			DENGAN PERANCAH (mm)	TANPA PERANCAH (mm)	
1	15	H	812,8	812,8	
		B	406,4	406,4	
		B'	121,92	162,56	
		T	81,28	81,28	
		A _c	145,34.10 ³	171,77.10 ³	15,38
2	20	H	939,8	965,2	
		B	406,4	406,4	
		B'	121,9	162,56	
		T	187,96	193,04	
		A _c	221,52.10 ³	251,045.10 ³	11,76

3	25	H	1143	1143	
		B	558,8	558,8	
		B'	167,64	111,76	
		T	114,3	228,6	
		A _C	281,03.10 ³	332,13.10 ³	15,38
4	30	H	1397	1397	
		B	609,6	609,6	
		B'	182,88	121,92	
		T	139,7	279,4	
		A _C	374,71.10 ³	442,84.10 ³	15,38
5	35	H	1549,4	1549,4	
		B	609,6	609,6	
		B'	127	190,5	
		T	309,88	309,88	
		A _C	511,61.10 ³	570,64.10 ³	10,34
6	40	H	1752,6	1752,6	
		B	736,6	812,8	
		B'	147,32	162,56	
		T	350,52	350,52	
		A _C	671,30.10 ³	740,75.10 ³	9,375

Perbedaan penampang antara kedua metode terdapat pada tebal badan dan tebal sayap, sehingga luas penampang, modulus penampang, dan momen inersia berubah. Ketiganya sangat berpengaruh terhadap perhitungan tegangan beton, sehingga perbedaan dimensi penampang menyebabkan tegangan beton yang terjadi berbeda. Selisih rata-rata luas penampang dari kedua metode sebesar 12,94 % dan selisih untuk tiap-tiap bentang terdapat pada tabel 5.3.

2. Jumlah tendon

Tendon yang dipakai adalah untaian 7 kawat diameter 0,5 in dengan kuat tarik (F_{pu}) sebesar 270 ksi (1898,37 Mpa), kuat luluh (F_y) sebesar 60 ksi, dan gaya (P_i) sebesar 28900 lb (129584,71 N). Jumlah tendon yang dipakai pada kedua metode

berbeda, pada metode tanpa perancah jumlah tendonnya lebih banyak. Perbandingan antara kedua metode seperti terlihat pada tabel 5.4.

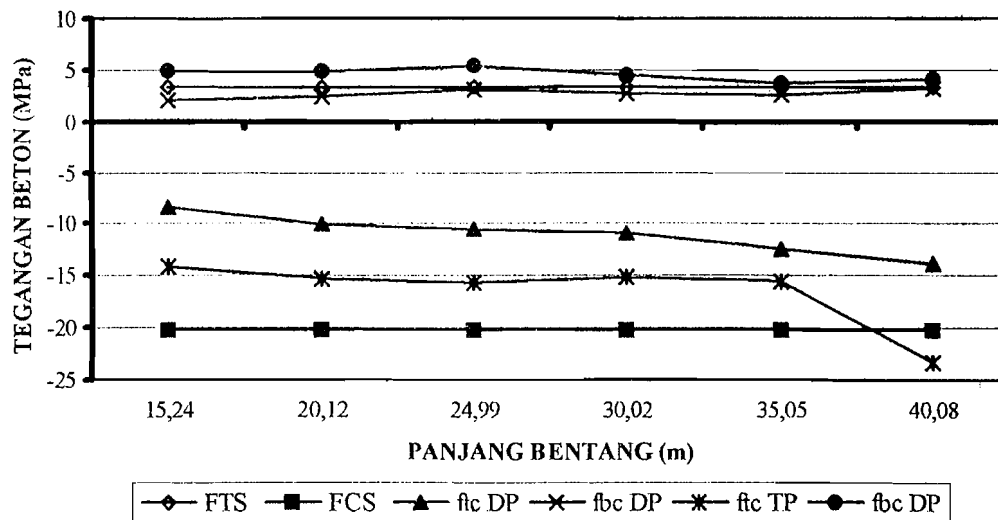
Tabel 5.4 Perbandingan jumlah tendon antara kedua metode

NO	PANJANG BENTANG (L) m	JUMLAH TENDON		PERSENTASI SELISIH (%)
		DENGAN PERANCAH	TANPA PERANCAH	
1	15	10	12	16.6
2	20	16	18	11.1
3	25	20	24	16.6
4	30	26	30	13.3
5	35	36	40	10
6	40	46	50	8

Pada tabel 5.4 perbedaan rata-rata sebesar 12,6 % hal ini disebabkan karena perbedaan momen yang bekerja, momen makin besar memerlukan jumlah tendon dan luas tampang yang lebih besar.

5.2.2 Tegangan Beton

Tegangan beton yang terjadi pada dua keadaan yaitu saat transfer dan saat layan. Pada penampang yang sama dengan perancah yaitu penampang untuk metode dengan perancah, pada saat transfer kedua metode tegangan betonnya sama. Tetapi pada saat layan setelah menjadi komposit tegangan beton pada saat layan metode tanpa perancah tidak aman, secara jelas dapat dilihat pada grafik 5.1.



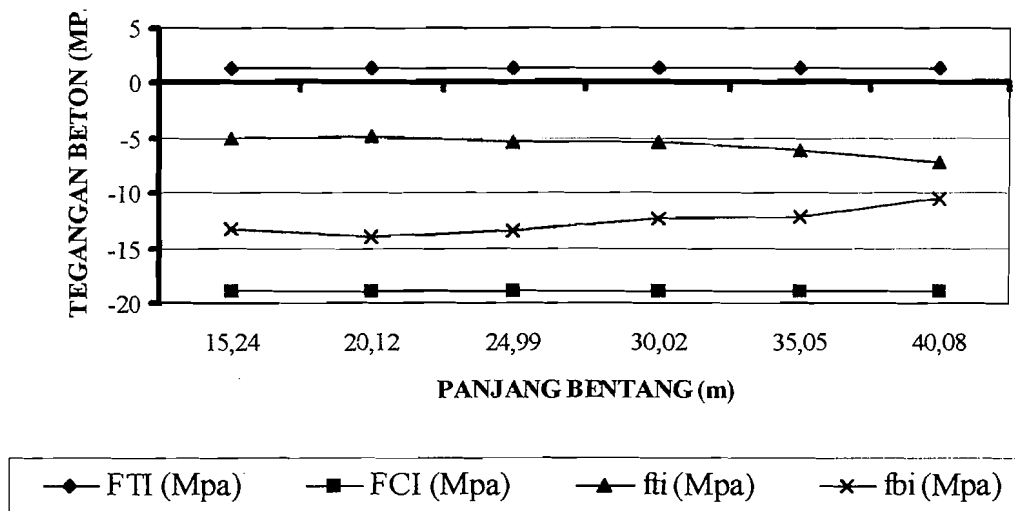
Grafik 5.1 Perbandingan tegangan saat layan sesudah komposit dengan dimensi yang sama antara metode dengan perancah dan tanpa perancah

Dari grafik 5.1 untuk metode dengan perancah pada tiap bentangnya tidak melampaui tegangan ijin, namun pada metode tanpa perancah tegangan yang terjadi melampaui tegangan ijin. Pada serat bawah metode tanpa perancah dari bentang 15 m-40 m tegangan tariknya sudah melampaui tegangan ijinnya. Untuk serat atas masih dibawah tegangan ijin sampai bentang 35 m, pada bentang 40 m kedua serat melampaui tegangan ijinnya. Sehingga penampangnya harus diperbesar dan memenuhi syarat. Perbedaan tegangan antara kedua metode tersebut adalah sebesar 32,73 % untuk serat atas dan 41,2 % untuk serat bawah.

1. Saat transfer

Saat transfer balok hanya menahan gaya prategang awal dan momen akibat berat sendiri balok.

a. Saat transfer pada metode tanpa perancah

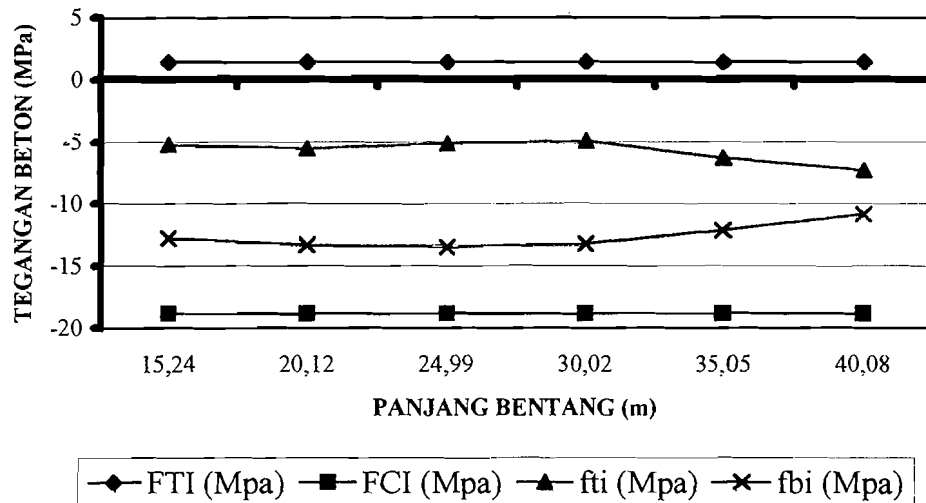


Grafik 5.2 Grafik hubungan antara tegangan beton saat transfer dengan panjang bentang pada metode tanpa perancah

Dari grafik 5.2 dapat dilihat tegangan yang terjadi untuk serat atas cenderung turun (desak) dan serat bawah cenderung naik (tarik), hal ini diakibatkan pengaruh panjang bentang. Semakin besar panjang bentang akan menimbulkan momen yang lebih besar dan berakibat pada hitungan tegangan, baik serat bawah maupun atas dan cenderung menjauh dari tegangan ijin pada masing – masing serat. Semakin besar panjang bentang serat atas tegangan desaknya naik dan serat bawah tegangan

desaknya turun. Semakin besar panjang bentang balok akan berperilaku seperti balok biasa.

b. Saat transfer pada metode dengan perancah



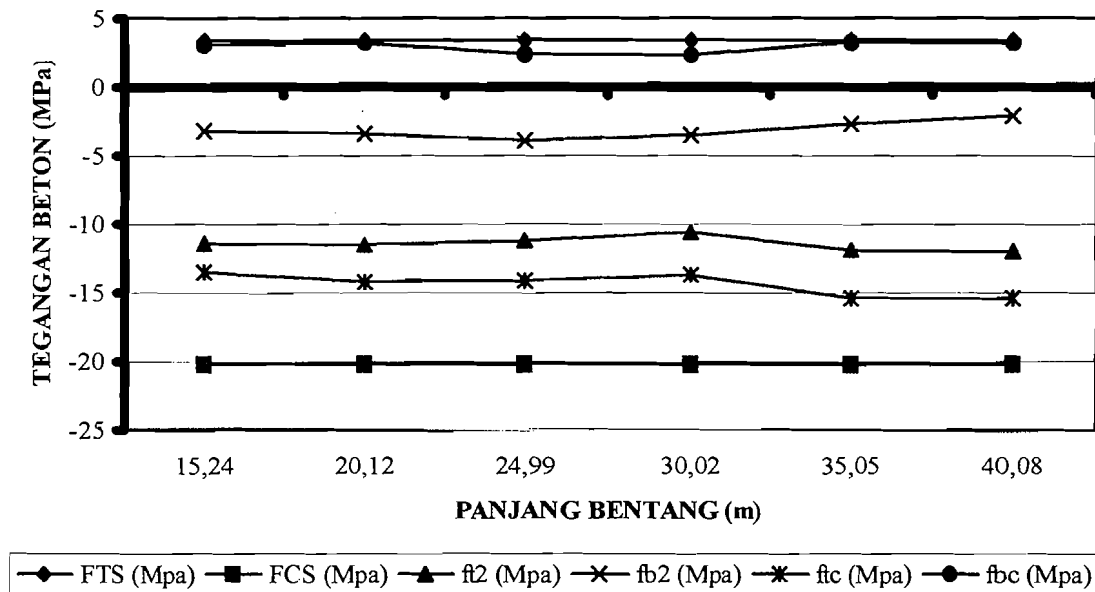
Grafik 5.3 Grafik hubungan antara tegangan saat transfer dengan panjang bentang pada metode dengan perancah

Bentuk grafik identik dengan grafik tegangan saat transfer dengan metode tanpa perancah. Perbedaan harga tegangan dengan kondisi tanpa perancah hanya diakibatkan perbedaan pemilihan penampang balok.

2. Saat layan

Gaya yang bekerja adalah gaya prategang efektif, momen akibat berat sendiri, momen akibat berat pelat lantai, momen akibat beban tambahan, dan momen akibat beban hidup.

a. Saat layan pada metode tanpa perancah



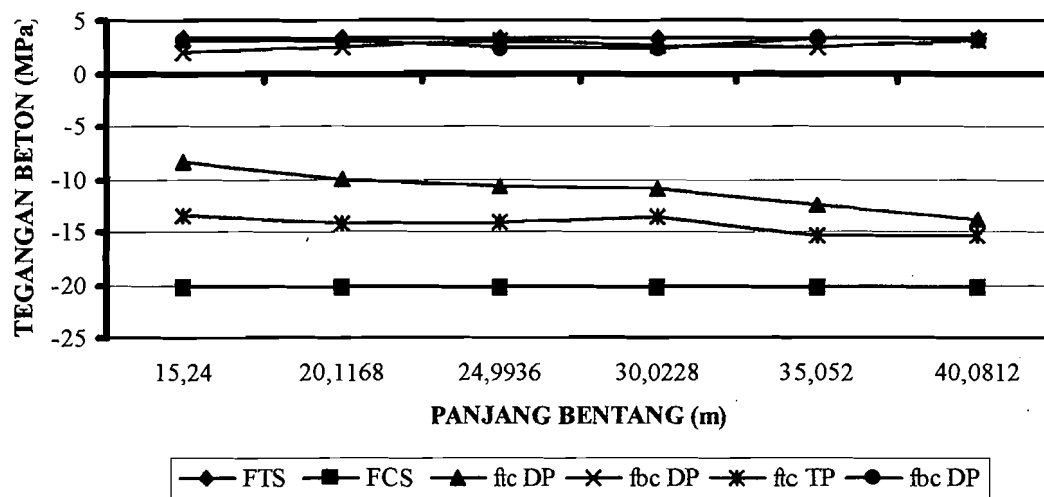
Grafik 5.4 Grafik hubungan antara tegangan saat layan dengan panjang bentang pada metode tanpa perancah

Grafik 5.4 menunjukkan kenaikan tegangan baik serat atas maupun serat bawah. Serat bawah cenderung naik ke arah tarik dan serat atas cenderung naik ke arah desak. Semua sama-sama mendekati tegangan ijinnya, dan pada suatu panjang bentang tertentu balok prategang tidak mampu melayani tegangan yang terjadi. Untuk bentang 24,99 m dan 30,02 m tegangan mengalami penurunan yang diakibatkan pemilihan propertis penampang yang berbeda.

Tabel 5.5 Perbandingan tegangan antara kedua metode saat layan sebelum menjadi komposit

NO	PANJANG (L) m	NOTASI	TEGANGAN BETON		PERSENTASI SELISIH (%)
			DENGAN PERANCAH (MPa)	TANPA PERANCAH (MPa)	
1	15	f_t	-4,91	-11,43	56,6
		f_b	-9,48	-3,18	66,46
2	20	f_t	-5,52	-11,54	52,18
		f_b	-9,38	-3,45	63,27
3	25	f_t	-5,46	-11,17	51,12
		f_b	-9,42	-3,94	58,17
4	30	f_t	-5,33	-10,63	48
		f_b	-8,09	-3,54	60,6
5	35	f_t	-6,84	-11,94	42,74
		f_b	-7,88	-2,72	65,53
6	40	f_t	-7,96	-11,998	33,65
		f_b	-6,58	-2,11	67,82

b. sesudah menjadi komposit



Grafik 5.7 Perbandingan tegangan saat layan sesudah komposit antara kedua metode

Perbedaan tegangan saat layan sesudah komposit lebih kecil dibanding dengan sebelum komposit. Hal ini terjadi karena beban yang ada yaitu berat sendiri, berat pelat, berat tambahan (*finishing*) dan beban hidup sudah mulai bekerja semua. Untuk metode tanpa perancah beban akhir yang mempengaruhi adalah beban hidup dan beban tambahan (*finishing*). Sedangkan untuk metode dengan perancah dipengaruhi oleh beban pelat cor ditempat, beban hidup dan beban tambahan (*finishing*). Selisih tegangan yang terjadi pada kedua metode dapat dilihat pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Perbandingan tegangan antara kedua metode saat layan sesudah menjadi komposit

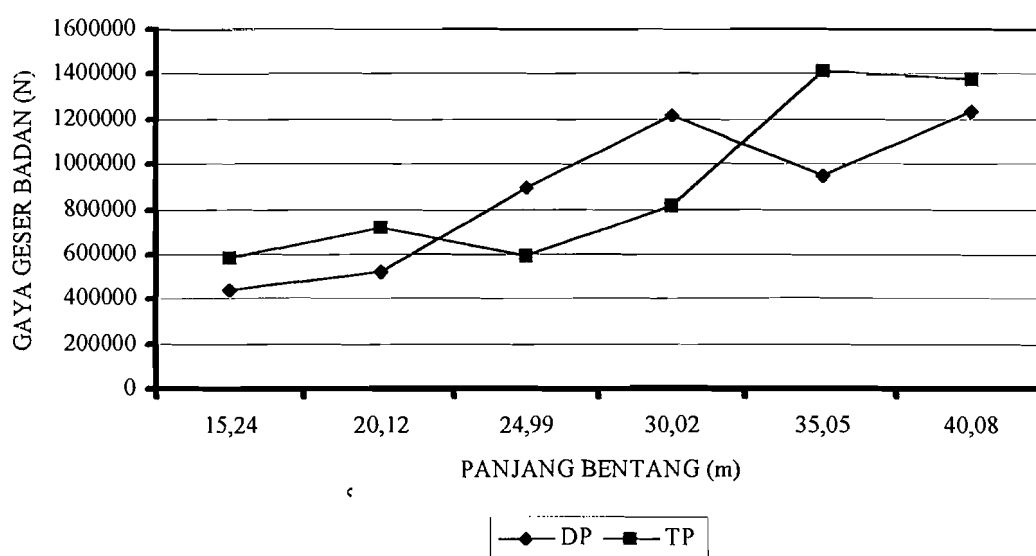
NO	PANJANG (L) m	NOTASI	TEGANGAN BETON		PERSENTASI SELISIH (%)
			DENGAN PERANCAH (MPa)	TANPA PERANCAH (MPa)	
1	15	f_{tc}	8,37	-13,52	38,07
		f_{bc}	2,02	3,07	34
2	20	f_{tc}	-10,02	-14,2	29,46
		f_{bc}	2,41	3,16	23,57
3	25	f_{tc}	-10,64	-14,07	24,38
		f_{bc}	3,11	2,41	22,3
4	30	f_{tc}	-10,99	-13,66	19,54
		f_{bc}	2,62	2,33	11,45
5	35	f_{tc}	-12,53	-15,44	18,85
		f_{bc}	2,52	3,34	24,55
6	40	f_{tc}	-13,9	-15,4	9,76
		f_{bc}	3,16	3,2	1,44

5.2.3 Gaya Geser

Gaya geser yang terjadi ada dua macam yaitu gaya geser badan dan gaya geser horisontal.

1. Gaya geser badan

pada gaya geser badan, lebar badan pada tampang sangat berpengaruh sehingga pada grafik 5.8 tidak teratur.

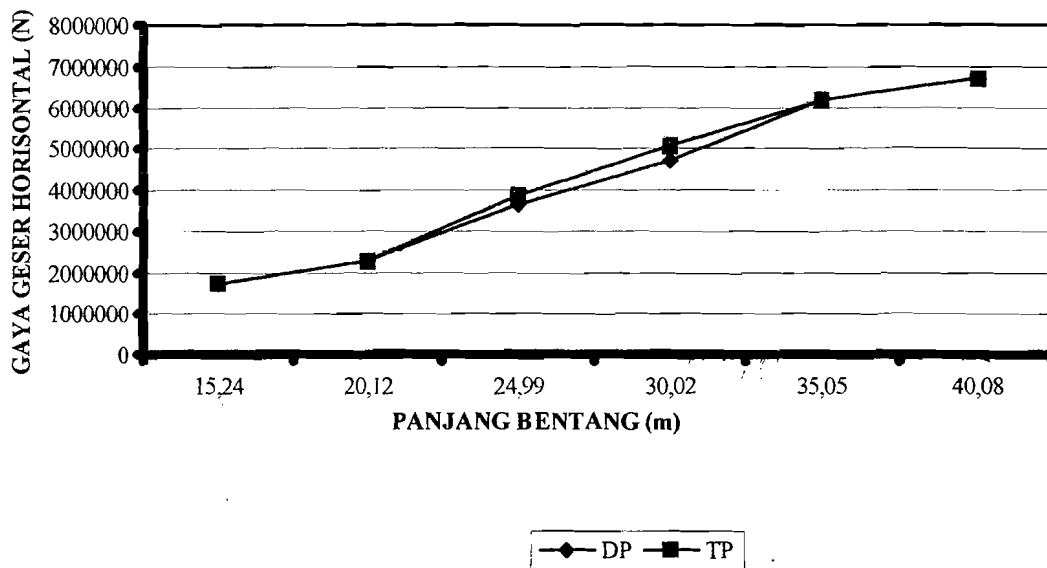


Grafik 5.8 Perbandingan gaya geser badan antara kedua metode

Ketidak teraturan grafik diakibatkan pemilihan lebar badan yang berbeda antara kondisi dengan perancah dan tanpa perancah di setiap bentangnya. Hal ini dapat dilihat nilai geser pada panjang 24,99 m dan 30,22 m pada kondisi dengan perancah melebihi kondisi tanpa perancah.

2. Gaya geser horisontal

Gaya geser horisontal bekerja berdasarkan gaya tarik dan desak tampang, gaya geser horisontal nominal, dan gaya yang disyaratkan pada ACI code ($80.b_v.l_{vh}$).



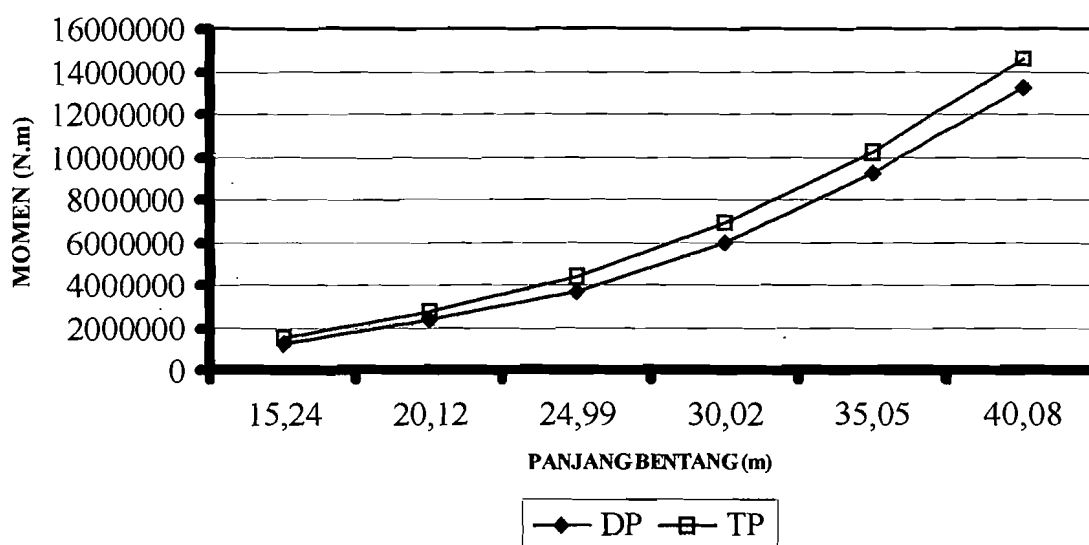
Grafik 5.9 Grafik perbandingan gaya geser horisontal pada kedua metode

Pada grafik 5.9 untuk bentang 15,24 m, 20,12 m, 35,05 m bernilai sama untuk kedua metode karena gaya yang memenuhi syarat $80 b_v.l_{vh}$ dimana panjang bentang mempengaruhi besarnya gaya yang terjadi dan tidak terpengaruh oleh perbedaan tampang. Pada bentang 24,99 m dan 30,02 m terjadi perbedaan dimana gaya yang memenuhi adalah gaya tarik pada tampang, yang dipengaruhi oleh jumlah kabel prategang. Pada kedua macam metode digunakan jumlah kabel yang berbeda, sehingga luasan kabel prategang akan berbeda. Pada bentang 40,08 m kedua metode

gaya gesernya sama karena gaya yang memenuhi adalah gaya desak tampang, dimana penampang dan panjang bentang tidak berpengaruh.

5.2.4 Momen

Perbedaan penampang dan panjang bentang pada metode menggunakan perancah dengan metode tanpa perancah menyebabkan perbedaan momen yang terjadi.

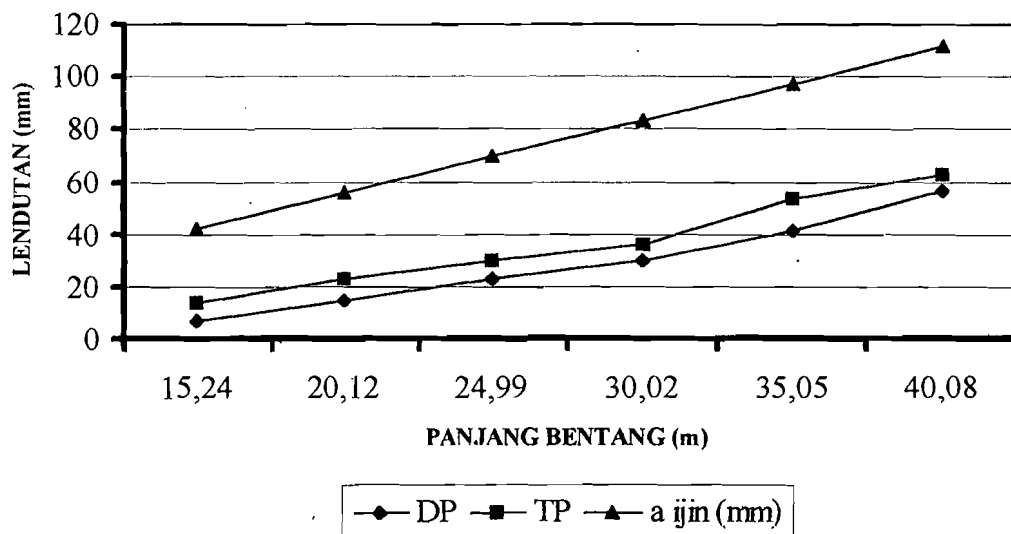


Grafik 5.10 Perbandingan Momen antara kedua metode

Dari grafik 5.10 dapat dilihat semakin besar panjang bentang semakin besar pula momen yang terjadi, sehingga grafik cenderung linier. Perbedaan momen pada metode menggunakan perancah dan metode tanpa perancah tiap bentang adalah 116,41%, 13,22%, 16,39%, 12,99%, 9,74%, 9,12% dengan rata-rata 13,08%.

5.2.5 Lendutan

Perhitungan lendutan pada kedua metode meliputi lendutan akibat gaya prategang, lendutan akibat berat sendiri balok pracetak, lendutan balok pracetak akibat berat pelat cor ditempat, lendutan balok komposit akibat beban hidup, dan lendutan balok komposit akibat berat sendiri pelat cor ditempat. Perbedaan antara dua metode terletak pada lendutan akibat berat sendiri pelat cor ditempat. Pada metode dengan menggunakan perancah pelat ditahan oleh balok komposit, sedangkan pada metode tanpa perancah pelat ditahan oleh balok pracetak.



Grafik 5.11 Perbandingan lendutan antara kedua metode

Seperti pada momen, panjang bentang mempengaruhi besarnya nilai lendutan, semakin besar panjang bentang maka lendutannya semakin besar dan peningkatan tersebut cenderung linier. Perbedaan tiap bentang antara keduanya adalah 48,15%, 35,48%, 21,95%, 17,73%, 22,07%, 8,85% dengan rata-rata 25,70%.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan pada bentang yang bervariasi dan pada macam konstruksi yang berbeda, yaitu konstruksi menggunakan perancah dan konstruksi tanpa menggunakan perancah, dengan menggunakan alat bantu program komputer bahasa basic dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. tegangan beton yang terjadi saat transfer untuk kedua konstruksi sama pada tampang yang sama, sedangkan pada saat layan untuk metode dengan perancah tegangan betonnya lebih kecil dari metode tanpa perancah dengan selisih perbedaan rata-rata sebesar 32,73 % untuk serat atas dan 41,20 % untuk serat bawah,
2. metode tanpa perancah memerlukan penambahan luas penampang sebesar 12,94 % dari dimensi yang diperlukan untuk metode dengan perancah,
3. penggunaan tendon pada metode dengan perancah lebih kecil dibanding penggunaan tendon pada metode tanpa perancah dengan selisih sebesar 12,6%,

3. penggunaan tendon pada metode dengan perancah jauh lebih kecil dibanding penggunaan tendon pada metode tanpa perancah dengan selisih sebesar 12,6 %,
4. perbedaan koefisien b'/b pada setiap bentang menyebabkan hubungan antara panjang bentang dengan gaya geser badan dalam analisis tidak linier,
5. analisis pada gaya geser horisontal tergantung pada gaya geser yang memenuhi dari keempat gaya berikut, gaya tarik dan desak penampang, gaya geser horisontal nominal serta gaya geser sebesar $80 \cdot b_v \cdot l_v h$ (syarat pada ACI-Code),
6. lendutan yang terjadi pada konstruksi menggunakan perancah lebih kecil dari konstruksi tanpa perancah dengan selisih rata-rata sebesar 25,70 %, namun keduanya masih dalam batas lendutan yang diijinkan,
7. untuk perencanaan dalam memilih koefisien b'/b sebaiknya digunakan koefisien 0,2 keatas, hal ini berdasarkan pertimbangan dalam pelaksanaan sulit dilaksanakan walaupun secara analisis aman,
8. metode tanpa perancah cocok digunakan pada pengerjaan bentang panjang yang tidak memungkinkan untuk pemasangan perancah,
9. metode tanpa perancah lebih singkat dalam pelaksanaan di lapangan,
10. struktur balok komposit dapat dijadikan alternatif dalam penggunaan struktur balok bentang yang panjang.

6.2 Saran

1. Untuk penulisan Tugas Akhir mengenai kedua konstruksi dapat ditinjau mengenai waktu dan biaya yang digunakan dalam pelaksanaan di lapangan.
2. Untuk ketepatan analisis perlu kecermatan dalam menyusun program komputer dengan menggunakan kalibrasi hitungan manual.
3. Perlu dilakukan analisis pada jarak antar balok yang digunakan terutama pada konstruksi tanpa perancah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dipohusodo, I., 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
2. Hadipratomo, W., 1988, **STRUKTUR BETON PRATEGANG**, Nova, Bandung
3. Ismoyo, W dan Alami, N., 1998, **ANALISA DAN PERENCANAAN BALOK KOMPOSIT BETON PRATEGANG DAN COR DI TEMPAT (IN-SITU) DENGAN MENGGUNAKAN PERANCAH**, UII, Yogyakarta
4. Karmilah, M dan Aji, R.N., 1994, **STUDI PUSTAKA DESAIN BALOK BETON PRATEGANG PARSIAL DENGAN METODE DEKOMPRESI**, UII, Yogyakarta
5. Lin, T.Y., 1993, **DESAIN STRUKTUR BETON PRATEGANG**, Jilid 1 & 2, Erlangga, Jakarta
6. Nawy, Edward G., 1996, **PRESTRESSED CONCRETE A FUNDAMENTAL APPROACH**, Second Editon, Prentice Hall Inc, New Jersey
7. Nilson, Arthur H.,1987, **DESIGN OF PRESTRESSED CONCRETE**, John Wiley and Sons Inc, Second Edition, New York
8. Raju, N. Krishna, 1993, **BETON PRATEGANG**, Edisi kedua, Erlangga, Jakarta

9. Soesianto, F., dkk, 1987, **PEMROGRAMAN BASIC**, Edisi kedua, Andi Offset,
Yogyakarta
10. Wang, Chu-Kia dan Salmon, C.G., 1994, **DISAIN BETON BERTULANG**,
Edisi ke-4, Erlangga, Jakarta
11. _____, 1989, **ACI-CODE**, Prentice Hall Inc, New Jersey

LAMPIRAN



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



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
MUH.FAJAR AGUSTIANTO	93 310 167		STRUKTUR
IWAN SETIYANTO	93 310 229		STRUKTUR

L TUGAS AKHIR :

STUDI KOMPARASI BALOK KOMPOSIT BETON PRATEGANG DENGAN
DE TANPA PERANCAH DAN ~~DAYA~~ PERANCAH.

Pembimbing I : IR.H.M.SAMSUDIN, MT
Pembimbing II : IR.ADE ILHAM, MT



11 MARET 1999
Yogyakarta,
Dekan,
Jurusan Teknik Sipil,

[Signature]
H. TADJUDDIN BM ARIS, MS

LAMPIRAN 2

TABLE B-3 DEAD WEIGHTS OF FLOORS, CEILINGS, ROOFS, AND WALLS

Floorings		Weight (psf)	
Normal weight concrete topping, per inch of thickness		12	
Sand-lightweight (120 pcf) concrete topping, per inch		10	
Lightweight (90-100 pcf) concrete topping, per inch		8	
$\frac{7}{8}$ " hardwood floor on sleepers clipped to concrete without fill		5	
$1\frac{1}{2}$ " terrazzo floor finish directly on slab		19	
$1\frac{1}{2}$ " terrazzo floor finish on 1" mortar bed		30	
1" terrazzo finish on 2" concrete bed		38	
$\frac{3}{4}$ " ceramic or quarry tile on $\frac{1}{2}$ " mortar bed		16	
$\frac{3}{4}$ " ceramic or quarry tile on 1" mortar bed		22	
$\frac{1}{4}$ " linoleum or asphalt tile directly on concrete		1	
$\frac{1}{4}$ " linoleum or asphalt tile on 1" mortar bed		12	
$\frac{3}{4}$ " mastic floor		9	
Hardwood flooring, $\frac{7}{8}$ " thick		4	
Subflooring (soft wood), $\frac{3}{4}$ " thick		$2\frac{1}{2}$	
Asphaltic concrete, $1\frac{1}{2}$ " thick		18	
Ceilings			
$\frac{5}{8}$ " gypsum board		2	
$\frac{3}{4}$ " gypsum board		$2\frac{1}{2}$	
$\frac{3}{4}$ " plaster directly on concrete		5	
$\frac{3}{4}$ " plaster on metal lath furring		8	
Suspended ceilings		2	
Acoustical tile		1	
Acoustical tile on wood furring strips		3	
Roofs			
Ballasted inverted membrane		16	
Five-ply felt and gravel (or slag)		$6\frac{1}{2}$	
Three-ply felt and gravel (or slag)		$5\frac{1}{2}$	
Five-ply felt composition roof, no gravel		4	
Three-ply felt composition roof, no gravel		3	
Asphalt strip shingles		3	
Rigid insulation, per inch		$\frac{1}{2}$	
Gypsum, per inch of thickness		4	
Insulating concrete, per inch		3	
Walls	Un-plastered	One side plastered	Both sides plastered
4" brick wall	40	45	50
8" brick wall	80	85	90
12" brick wall	120	125	130
4" hollow normal weight concrete block	28	33	38

TABLE B-5 PROPERTIES AND DESIGN STRENGTHS OF PRESTRESSING STRAND AND WIRE

Seven-Wire Strand, $f_{pu} = 270$ ksi						
Nominal Diameter, in.	3/8	7/16	1/2	9/16	0.600	
Area, sq in.	0.085	0.115	0.153	0.192	0.215	
Weight, plf	0.29	0.40	0.53	0.65	0.74	
$0.7 f_{pu} A_{ps}$, kips	16.1	21.7	28.9	36.3	40.7	
$0.75 f_{pu} A_{ps}$, kips	17.2	23.3	31.0	38.9	43.5	
$0.8 f_{pu} A_{ps}$, kips	18.4	24.8	33.0	41.4	46.5	
$f_{pu} A_{ps}$, kips	23.0	31.0	41.3	51.8	58.1	

Seven-Wire Strand, $f_{pu} = 250$ ksi						
Nominal Diameter, in.	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	0.600
Area, sq in.	0.036	0.058	0.080	0.108	0.144	0.215
Weight, plf	0.12	0.20	0.27	0.37	0.49	0.74
$0.7 f_{pu} A_{ps}$, kips	6.3	10.2	14.0	18.9	25.2	37.6
$0.8 f_{pu} A_{ps}$, kips	7.2	11.6	16.0	21.6	28.8	43.0
$f_{pu} A_{ps}$, kips	9.0	14.5	20.0	27.0	36.0	53.8

Three- and Four-Wire Strand, $f_{pu} = 250$ ksi				
Nominal Diameter, in.	1/4	5/16	3/8	7/16
No. of wires	3	3	3	4
Area, sq in.	0.036	0.058	0.075	0.106
Weight, plf	0.13	0.20	0.26	0.36
$0.7 f_{pu} A_{ps}$, kips	6.3	10.2	13.2	18.6
$0.8 f_{pu} A_{ps}$, kips	7.2	11.6	15.0	21.2
$f_{pu} A_{ps}$, kips	9.0	14.5	18.8	26.5

Prestressing Wire										
Diameter	0.105	0.120	0.135	0.148	0.162	0.177	0.192	0.196	0.250	0.276
Area, sq in.	0.0037	0.0114	0.0143	0.0173	0.0206	0.0246	0.0289	0.0302	0.0491	0.0599
Weight, plf	0.030	0.039	0.049	0.059	0.070	0.083	0.093	0.10	0.17	0.20
Ult. strength, f_{pu} , ksi	279	273	268	263	259	255	250	250	240	235
$0.7 f_{pu} A_{ps}$, kips	1.70	2.16	2.66	3.18	3.73	4.39	5.05	5.28	8.25	9.84
$0.8 f_{pu} A_{ps}$, kips	1.94	2.49	3.06	3.64	4.26	5.02	5.75	6.04	9.42	11.24
$f_{pu} A_{ps}$, kips	2.43	3.11	3.83	4.55	5.33	6.27	7.22	7.55	11.78	14.05

TABLE B-2 RECOMMENDED MINIMUM FLOOR LIVE LOADS*

Uniformly distributed loads		Uniformly distributed loads	
Occupancy or use	Live load (psf)	Occupancy or use	Live load (psf)
Apartments (see Residential)		Grandstands (see Stadium and arena bleachers)	
Armories and drill rooms	150	Gymnasiums, main floors and balconies	100
Assembly halls and other places of assembly:		Hospitals:	
Fixed seats	60	Operating rooms, laboratories	60
Movable seats	100	Private rooms	40
Platforms (assembly)	100	Wards	40
Balcony (exterior)	100	Corridors, above first floor	80
On one- and two-family residences only and not exceeding 100 sq ft	60	Hotels (see Residential)	
Bowling alleys, poolrooms, and similar recreational areas	75	Libraries:	
Corridors:		Reading rooms	60
First floor	100	Stack rooms (books & shelving at 65 pcf) but not less than	150
Other floors, same as occupancy served except as indicated		Corridors, above first floor	80
Dance halls and ballrooms	100	Manufacturing:	
Dining rooms and restaurants	100	Light	125
Dwellings (see Residential)		Heavy	250
Fire escapes	100	Marquees and canopies	75
On multi- or single-family residential buildings only	40	Office buildings:	
Garages (passenger cars only)	50	Offices	50
For trucks and buses use AASHTO lane loads (1)		Lobbies	100
		File and computer rooms require heavier loads based upon anticipated occupancy	
		Penal institutions:	
		Cell blocks	40
		Corridors	100

763

TABLE B-2 (continued)

Uniformly distributed loads		Concentrated loads	
Occupancy or use	Live load (psf)	Location	Load (lb)
Residential:		Elevator machine room grating (on area of 4 sq in)	300
Dwellings (one- and two-family)		Finish light floor plate construction (on area of 1 sq in)	200
Uninhabitable attics without storage	10	Garages	(4)
Uninhabitable attics with storage	20	Office floors	2000
Habitable attics and sleeping areas	30	Scuttles, skylight ribs, and accessible ceilings	200
All other areas	40	Sidewalks	8000
Hotels and multifamily houses:		Stair treads (on area of 4 sq in at center of tread)	300
Private rooms and corridors serving them	40		
Public rooms and corridors serving them	100		
Schools:		(1) American Association of State Highway and Transportation Officials.	
Classrooms	40	(2) AASHTO lane loads should also be considered where appropriate.	
Corridors above first floor	80	(3) For detailed recommendations, see Assembly Seating, Tent and Air Supported Structures, ANSI/NFPA 102-1978 [Z20.3]	
Sidewalks, vehicular driveways, and yards, subject to trucking (2)	250	(4) Floors in garages or portions of buildings used for storage of motor vehicles shall be designed for the uniformly distribute live loads shown or the following concentrated loads: (1) for passenger cars accommodating not more than nine passenger: 2000 pounds acting on an area of 20 sq in; (2) mechanical parking structures without slab or deck, passenger cars only 1500 pounds per wheel; (3) for trucks or buses, maximum axle load on an area of 20 sq in.	
Stadiums and arena bleachers (3)	100		
Stairs and exitways	100		
Storage warehouse:			
Light	125		
Heavy	250		
Stores:			
Retail:			
First floor	100		
Upper floors	75		
Wholesale, all floors	125		
Walkways and elevated platforms (other than exitways)	60		

* Source: American National Standard ANSI A58.1-1982. Local building codes take precedence.

764

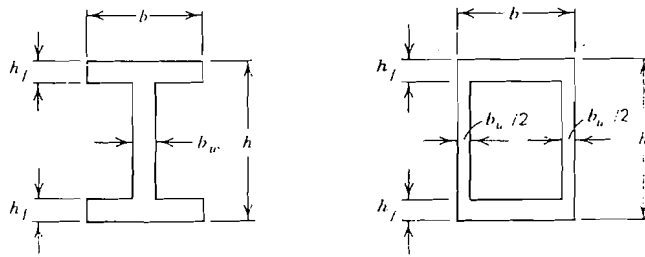


Table A.8 Section Properties of Symmetrical I-and Box Beams

b_w/b	h_f/h	A_c	I_c	c_1	c_2	r^2
0.1	0.1	$0.280bh$	$0.0449bh^3$	$0.500h$	$0.500h$	$0.160h^2$
0.1	0.2	0.460	0.0671	0.500	0.500	0.146
0.1	0.3	0.640	0.0785	0.500	0.500	0.123
0.2	0.1	0.360	0.0492	0.500	0.500	0.137
0.2	0.2	0.520	0.0689	0.500	0.500	0.132
0.2	0.3	0.680	0.0791	0.500	0.500	0.117
0.3	0.1	0.440	0.0535	0.500	0.500	0.121
0.3	0.2	0.580	0.0707	0.500	0.500	0.122
0.3	0.3	0.720	0.0796	0.500	0.500	0.111
0.4	0.1	0.520	0.0577	0.500	0.500	0.111
0.4	0.2	0.640	0.0725	0.500	0.500	0.113
0.4	0.3	0.760	0.0801	0.500	0.500	0.105

LAMPIRAN 3

```

10 REM *****
20 REM * TUGAS AKHIR BALOK PRATEGANG KOMPOSIT *
30 REM * METODE PERANCAH & METODE TANPA PERANCAH *
40 REM * OLEH IWAN SETIYANTO & M. FAJAR AGUSTIANTO *
50 REM *****
60 PRINT
70 INPUT "f'c(Psi) =";FCP
80 INPUT "f'cs(Psi) =";FC1
90 PRINT
100 INPUT "Tebal plat(in) =";HS
110 INPUT "Jarak antar balok(ft) =";LC
120 INPUT "Rasio prategang residu =";R1
130 REM * TEGANGAN YANG DIJINKAN *
140 FCI1=.7*FCP
150 FCI=-.6*FCI1
160 FTI=3*SQR(ABS(FCI1))
170 FTS=6*SQR(FCP)
180 FCS=-.45*FCP
190 N=(57000!*SQR(FC1))/(57000!*SQR(FCP))
200 PRINT TAB(10)"f'ci =";FCI1;"Psi"
210 PRINT TAB(10)"n =";N
220 REM * LEBAR EFEKTIF DAN LEBAR MODIFIKASI *
230 BEFF=LC*12
240 BM=BEFF*N
250 AS=BM*HS
260 PRINT TAB(10)"Beff =";BEFF;"in"
270 PRINT TAB(10)"Bm =";BM;"in"
280 PRINT TAB(10)"As =";AS;"in2"
290 REM * PERHITUNGAN MOMEN *
300 PRINT
310 INPUT "Beban tambahan (psf) =";QCSD
320 INPUT "Beban hidup (psf) =";QL
330 INPUT "Berat jenis beton (pcf) =";BJB
335 INPUT "Panjang bentang (ft) =";L
340 WSD=AS*(BJB/1728)
350 WCSD=BM*(QCSD/144)
360 WL=BM*(QL/144)
370 REM * ASUMSI BERAT SENDIRI BALOK *
380 WDA=1/800*150*L^2*1/12
384 PRINT "Asumsi berat sendiri=";WDA
388 INPUT "Asumsi berat sendiri yang digunakan =";WD1
390 MD1=1/8*WD1*L^2*144
400 MSD=1/8*WSD*L^2*144
410 MCSD=1/8*WCSD*L^2*144
420 ML=1/8*WL*L^2*144
430 MT1=MD1+MSD+ML+MCSD
440 REM * PERHITUNGAN MODULUS PENAMPANG TAKSIRAN*
450 SA=((1-R1)*MD1+MSD+ML+MCSD)/((R1*FTI)-(FCS))
460 SB=((1-R1)*MD1+MSD+ML+MCSD)/(FTS-(R1*FCI))
470 PRINT :PRINT :PRINT :
480 PRINT TAB (8)"Sa=";SA;"in^3":PRINT
490 PRINT TAB (8)"Sb=";SB;"in^3":PRINT :PRINT
500 INPUT "TEKAN RETURN UNTUK MELANJUTKAN HITUNGAN";Q

```

```

510 REM DIMENSI PENAMPANG TAKSIRAN*
520 HT=L/24*12
530 BT=.45*HT
540 PRINT :PRINT :PRINT
550 PRINT TAB(5) "TINGGI TAKSIRAN (h)=";HT;"in":PRINT
560 PRINT TAB(5) "LEBAR TAKSIRAN (b)=";BT;"in":PRINT
570 REM *TINGGI DAN LEBAR BALOK YANG DIPILIH*
580 INPUT "TINGGI BALOK h YANG DIPILIH=";H:PRINT
590 INPUT "LEBAR BALOK b YANG DIPILIH=";B
600 REM *LUAS PENAMPANG TAKSIRAN*
610 REM *SAYA PRATEGANG DALAM SATUAN POUNDS (lb)*
620 P1=MT1/(.65*H)
630 P2=ML/(.5*H)
640 IF P1>P2 THEN PT=P1 ELSE PT=P2
650 ACT=PT/(.5*ABS(FCS))
660 ACC=ACT/(B*H):PRINT :PRINT
670 PRINT "KOEFSIEN AC TAKSIRAN =" ;ACC
680 PRINT "(PILIH DARI TABEL AC YANG MENDEKATI)"
690 PRINT TAB(8) "MASUKKAN HARGA KOEFISIEN BERIKUT":PRINT
700 INPUT "b'/b=";BA
710 INPUT "t'/h=";TA
720 INPUT "Ac=";AC
730 INPUT "Cb=";CB
740 INPUT "Ct=";CT
750 INPUT "I=";I
760 INPUT "r^2=";R2
770 REM PERHITUNGAN PENAMPANG BALOK I*
780 BS=BA*B;TS=TA*H;ACS=AC*B*H;CTS=CT*H;CBS=CB*H
790 IG=I*B*H^3;R2S=R2*H^2
800 SBS=IG/CBS;STS=IG/CTS
810 S1=(1-SBS/SB)*100;S2=(1-STB/SA)*100
820 PRINT
830 PRINT "PERBEDAAN DENGAN MODULUS PENAMPANG TAKSIRAN":PRINT
840 PRINT "Sa=";S2;"%":PRINT
850 PRINT "Sb=";S1;"%":PRINT
860 IF S1<=10 THEN 880 ELSE 510
870 IF S2<=10 THEN 880 ELSE 510
880 WD2=ACS*(B/B/1/28)
884 IF WD2<WD1 THEN 890 ELSE 388
890 ND2=1/8*WD2*L^2*144;MT2=ND2+MSD+ML+MCS
900 PRINT TAB(10) "Wsd=";WSD;"pli"
905 PRINT TAB(10) "Wsd=";WSD*175.1338;"N/m"
910 PRINT TAB(10) "Wcsd=";WCSD;"pli"
915 PRINT TAB(10) "Wcsd=";WCSD*175.1338;"N/m"
920 PRINT TAB(10) "WL=";WL;"pli"
925 PRINT TAB(10) "WL=";WL*175.1338;"N/m"
930 PRINT TAB(10) "Wd=";WD2;"pli"
935 PRINT TAB(10) "Wd=";WD2*175.1338;"N/m"
940 PRINT TAB(10) "Msd=";MSD;"lb-in"
945 PRINT TAB(10) "Msd=";MSD*1.1299;"N-m"
950 PRINT TAB(10) "Mcsd=";MCSD;"lb-in"
955 PRINT TAB(10) "Mcsd=";MCSD*1.1299;"N-m"
960 PRINT TAB(10) "ML=";ML;"lb-in"
965 PRINT TAB(10) "ML=";ML*1.1299;"N-m"
970 PRINT TAB(10) "MD=";MD2;"lb-in"
975 PRINT TAB(10) "MD=";MD2*1.1299;"N-m"
980 PRINT TAB(10) "MT=";MT2;"lb-in"
985 PRINT TAB(10) "MT=";MT2*1.1299;"N-m"
986 INPUT "Apakah dicoba lagi beban taksiran lain";ZIK*
988 IF ZIK*="Y" OR ZIK*="y" THEN 388 ELSE 990

```



```

990 FCA=FTI-CTS/H*(FTI-FCI):PQ=ACS*ABS(FCA):PRINT
1000 REM*PERHITUNGAN GAYA PRATEGANG*
1010 INPUT "Pi (lb)=";PI
1020 INPUT "R =" ;R3
1030 X=PQ/PI
1040 PRINT "JUMLAH KABEL=";X
1050 INPUT "JUMLAH KABEL YANG DIGUNAKAN=";XI
1060 P01=XI*PI
1070 PE=(1-R3)*P01
1080 REM*PENENTUAN EKSENTRISITAS*
1090 INPUT "Dsp(in)=";DSP
1100 EMAX=CBS-DSP
1110 E1=(FTI-ABS(FCA))*STS/P01+MD2/P01
1120 E2=(ABS(FCA)-FCI)*SBS/P01+MD2/P01
1130 IF E1>E2 THEN ET=E1 ELSE ET=E2
1140 IF ET>EMAX THEN E=EMAX ELSE E=ET
1150 REM*PERHITUNGAN TEGANGAN BETON*
1160 PRINT"SAAT TRANSFER"
1170 FAI=-P01/ACS*(1-((E*CTS)/R2S))-MD2/STS
1180 FBI=-P01/ACS*(1+((E*CBS)/R2S))+MD2/SBS
1190 PRINT "BESARNYA TEGANGAN BETON PADA SAAT TRANSFER=":PRINT
1200 PRINT TAB(5) "fti=";FAI;"psi":PRINT
1205 PRINT TAB(5) "fti=";FAI*.007031;"mpa":PRINT
1210 PRINT TAB(5) "fbi=";FBI;"psi":PRINT
1215 PRINT TAB(5) "fbi=";FBI*.007031;"mpa":PRINT
1220 PRINT TAB(7)"fti =" ;FTI;"psi":PRINT
1225 PRINT TAB(7)"fti =" ;FTI*.007031;"mpa":PRINT
1230 PRINT TAB(7)"fci =" ;FCI;"psi":PRINT
1235 PRINT TAB(7)"fci =" ;FCI*.007031;"mpa":PRINT
1240 IF FAI>0 AND FBI<0 THEN 1250 ELSE 1340
1250 IF FAI>FTI OR ABS(FBI)>ABS(FCI) THEN 1270 ELSE 1310
1260 PRINT
1270 PRINT "TEGANGAN PADA BETON LEBIH BESAR DARI YANG DIJINKAN":PRINT
1280 PRINT "Dimensi penampang harus diubah":PRINT
1290 INPUT "Tekan RETURN untuk perbaikan dimensi penampang";Q
1300 GOTO 510
1310 PRINT "Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan":PRINT
1320 INPUT "Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan";Q
1330 GOTO 1430
1340 IF FAI>FTI OR ABS(FBI)>ABS(FCI) THEN 1360 ELSE 1400
1350 PRINT
1360 PRINT "Tegangan pada beton lebih besar dari yang diijinkan":PRINT
1370 PRINT "Dimensi penampang harus diubah":PRINT
1380 INPUT "Tekan RETURN untuk perbaikan dimensi penampang";Q
1390 GOTO 510
1400 PRINT "Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan":PRINT
1410 INPUT "Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan";Q
1420 PRINT
1430 PRINT "Saat layan"
1434 PRINT TAB(7)"fcs=";FCS;"Psi":PRINT
1435 PRINT TAB(7)"fcs=";FCS*.007031;"mpa":PRINT
1438 PRINT TAB(7)"fts=";FTS;"Psi":PRINT
1439 PRINT TAB(7)"fts=";FTS*.007031;"mpa":PRINT
1440 PRINT "Macam kontruksi yang digunakan ":PRINT
1450 PRINT TAB(10)"1.Tanpa perancah":PRINT
1460 PRINT TAB(10)"2.Menggunakan perancah":PRINT
1470 INPUT "Pilihan anda (1 atau 2)";S
1480 IF S=1 THEN 1500
1490 IF S=2 THEN 1540
1500 PRINT "METODE TANPA PERANCAH"

```

```

1510 FAJ=-PE/ACS*(1-((E*CTS)/R2S))-(MD2+MSD)/STS
1520 FBJ=-PE/ACS*(1+((E*CBS)/R2S))+(MD2+MSD)/STS
1530 GOTO 1570
1540 PRINT "METODE MENGGUNAKAN PERANCAH"
1550 FAJ=-PE/ACS*(1-((E*CTS)/R2S))-MD2/STS
1560 FBJ=-PE/ACS*(1+((E*CBS)/R2S))+MD2/STS
1570 PRINT "Besarnya tegangan beton pada saat layan =":PRINT
1580 PRINT TAB(5)"ft2 =";FAJ;"psi":PRINT
1585 PRINT TAB(5)"ft2 =";FAJ*.007031;"mpa":PRINT
1590 PRINT TAB(5)"fb2 =";FBJ;"psi":PRINT
1595 PRINT TAB(5)"fb2 =";FBJ*.007031;"mpa":PRINT
1600 IF FAJ<0 AND FBJ>0 THEN 1610 ELSE 1690
1610 IF ABS(FAJ)>ABS(FCS) OR FBJ>FTS THEN 1630 ELSE 1690
1620 PRINT
1630 PRINT "Tegangan pada beton lebih besar dari yang diijinkan":PRINT
1640 PRINT TAB(7)"fcs =";FCS;"psi":PRINT
1645 PRINT TAB(7)"fcs =";FCS*.007031;"mpa":PRINT
1650 PRINT TAB(7)"fts =";FTS;"psi":PRINT
1655 PRINT TAB(7)"fts =";FTS*.007031;"mpa":PRINT
1660 PRINT "Dimensi penampang harus diubah":PRINT
1670 INPUT "Tekan RETURN untuk perbaikan dimensi penampang";Q
1680 GOTO 510
1690 PRINT "Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan":PRINT
1700 INPUT "Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan";Q
1710 GOTO 1820
1720 IF ABS(FAJ)>ABS(FCS) OR FBJ>FTS THEN 1740 ELSE 1790
1730 PRINT
1740 PRINT "Tegangan pada beton lebih besar dari yang diijinkan":PRINT
1750 PRINT "Dimensi penampang harus diubah":PRINT
1760 INPUT "tekan RETURN untuk perbaikan dimensi penampang";Q
1770 GOTO 510
1780 PRINT
1790 PRINT "Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan":PRINT
1800 INPUT "Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan";Q
1810 PRINT
1820 REM* PERHITUNGAN PROPERTIS PENAMPANG KOMPOSIT *
1830 Y=H+(.5*HS)
1840 ACC=AS+ACS
1850 CBC=((AS*Y)+(ACS*CBS))/ACC
1860 CTC=(H+HS)-CBC
1870 ICC=I6+(ACS*(CBC-CBS)^2)+((BM*HS^3)/12)+(BM*HS*(CTC-(.5*HS))^2)
1880 RC2=ICC/ACC ;STC=ICC/CTC ;SBC=ICC/CBC
1890 REM* PERHITUNGAN TEGANGAN BETON SETELAH MENJADI KOMPOSIT *
1900 PRINT "Tegangan beton setelah menjadi komposit"
1910 PRINT "Macam kontruksi yang digunakan":PRINT
1920 PRINT TAB(10)"1.Tanpa perancah":PRINT
1930 PRINT TAB(10)"2.Menggunakan perancah":PRINT
1940 INPUT "Pilihan anda (1 atau 2)";S
1950 IF S=1 THEN 1970
1960 IF S=2 THEN 2010
1970 PRINT "METODE TANPA PERANCAH"
1980 FTC=-PE/ACS*(1-((E*CTS)/R2S))-((MD2+MSD)/STS)-((MCS+ML)/STC)
1990 FRC=-PE/ACS*(1+((E*CBS)/R2S))+((MD2+MSD)/STS)+((MCS+ML)/SBC)
2000 GOTO 2040

```

```

2010 PRINT "METODE MENGGUNAKAN PERANCAH"
2020 FTC=-PE/ACS*(1-((E*CTS)/R2S))-((MD2/STS)-((MSD+MCS+ML)/STC))
2030 FBC=-PE/ACS*(1+((E*CBS)/R2S))+((MD2/STS)+((MSD+MCS+ML)/STC))
2040 PRINT "Besarnya tegangan beton pada saat layan=":PRINT
2050 PRINT TAB(5)"ftc =" ;FTC;"psi":PRINT
2055 PRINT TAB(5)"ftc =" ;FTC*.007031;"mpa":PRINT
2060 PRINT TAB(5)"fbc =" ;FBC;"psi":PRINT
2065 PRINT TAB(5)"fbc =" ;FBC*.007031;"mpa":PRINT
2070 IF FTC<0 AND FBC>0 THEN 2080 ELSE 2160
2080 IF ABS(FTC)>ABS(FBC) OR FBC>FTS THEN 2090 ELSE 2130
2090 PRINT "Tegangan beton lebih besar dari yang diijinkan":PRINT
2100 PRINT "Dimensi penampang harus diubah":PRINT
2110 INPUT "Tekan RETURN untuk perbaikan dimensi penampang";Q
2120 GOTO 510
2130 PRINT "Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan":PRINT
2140 INPUT "Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan";Q
2150 GOTO 2250
2160 IF ABS(FTC)>ABS(FBC) OR FBC>FTS THEN 2180 ELSE 2220
2170 PRINT
2180 PRINT "Tegangan pada beton lebih besar dari yang diijinkan":PRINT
2190 PRINT "Dimensi penampang harus diubah":PRINT
2200 INPUT "Tekan RETURN untuk perbaikan dimensi penampang";Q
2210 GOTO 510
2220 PRINT "Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan":PRINT
2230 INPUT "Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan";Q
2240 PRINT
2250 REM *PERHITUNGAN KAPASITAS MOMEN NOMINAL*
2260 INPUT "c1 =" ;Q1
2270 INPUT "fpy (Psi) =" ;FPY
2280 INPUT "fpu (Psi)=" ;FPU
2290 MU=1.4*((MD2+MSD+MCS)+(1.7*ML))
2300 MN1=MU/.9
2310 APS=XI*Q1
2320 DP=(HS+H)-DSP
2330 RD=APS/(BM*DP)
2340 BT1=.85-(.05*((FCP-4000)/1000))
2350 FK=FPY/FPU
2360 INPUT "roP =" ;GP
2370 FPS=FPU*(1-(GP*RD*FPU)/(BT1*FCP))
2380 C1=.85*FPS*BM*HS
2390 T=APS*FPS
2400 IF C1>T THEN 2410 ELSE 2450
2410 PRINT "GAYA DESAK DITAHAN OLEH SAYAP"
2420 A=T/C1
2430 MN2=T*(DP-(A/2))
2440 GOTO 2480
2450 PRINT "GAYA DESAK DITAHAN OLEH BADAN"
2460 A=(T-(.85*FCP*(BM-BS)*HS))/(.85*FCP*BS)
2470 MN2=T*(DP-(A/2))+.85*FCP*(BM-BS)*HS*(DP-(HS/2))
2480 IF MN2<MN1 THEN 2500 ELSE 2540
2490 PRINT
2500 PRINT "TIDAK AMAN"

```

```

2510 PRINT "Dimensi penampang harus diubah":PRINT
2520 PRINT "Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan";@
2530 GOTO 510
2540 PRINT "AMAN"
2550 PRINT "Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan";@
2560 PRINT
2570 REM *PERHITUNGAN TEGANGAN GESER DAN PERENCANAAN BEGEL*
2580 WU=1.4*(WD2+WSD+WCSO)+(1.7*WL)
2590 VU1=WU*L*.5*12
2600 VN1=VU1/.85
2610 HM=.5*DP
2620 VNH=VN1*((.5*L*12-HM)/(.5*L*12))
2630 VU2=.85*VNH
2640 MUH=VU1*HM-(WU*HM^2*.5)
2650 HF=.8*(H+HS)
2660 IF DP>HF THEN HF1=DP ELSE HF1=HF
2670 MKT=(VU2*HF1)/MUH
2680 IF MKT>1 THEN MKL=1 ELSE MKL=MKT
2690 VC=BS*DP*(.6*SQR(FCP)+(700*MKL))
2700 VCMIN=2*SQR(FCP)*BS*DP
2710 VCMAX=5*SQR(FCP)*BS*DP
2720 IF VC>VMAX THEN VC1=VCMAX ELSE VC1=VC
2730 VC2=.5*VC1
2740 IF VNH>VC2 THEN 2760 ELSE 2890
2750 PRINT
2760 PRINT "Diperlukan tulangan geser"
2770 PRINT "Jarak maksimum antar tulangan 24 in"
2780 INPUT "s(in) =";J
2790 INPUT "Fy(Psi) =";FY
2800 AV1=((APS*FPS*J)/(80*FY*DP))*SQR(DP/BS)
2810 AV2=(50*BS*J)/FY
2820 IF AV1>AV2 THEN AVT=AV2 ELSE AVT=AV1
2830 PRINT "Digunakan tulangan geser #3 dengan luas 0.22 in2"
2840 INPUT "luas tulangan ";AVM
2850 IF AVM>AVT THEN AVD=AVM ELSE 2840
2860 PRINT "AV yang digunakan =";AVD
2870 INPUT "DIGUNAKAN TULANGAN GESER #3-";YDI
2880 GOTO 2900
2890 PRINT "Tidak digunakan tulangan geser"
2900 REM *PERHITUNGAN TEGANGAN GESER HORIZONTAL & PERENCANAAN DWEL*
2910 BV=B
2920 LVH=.5*L*12
2930 CC1=.85*FC1*HS*BM
2940 IF CC1<T THEN FH=CC1 ELSE FH=T
2950 FHF=80*B*V*LVH
2960 IF FHF>FH THEN FHT=FH ELSE FHT=FHF
2970 VNH1=VU2/.85
2980 VNH2=80*B*V*DP
2990 IF VNH1>VNH2 THEN VNH3=VNH1 ELSE VNH3=VNH2
3000 PRINT "GAYA GESER HORIZONTAL (vnh)=";VNH3

```

```

3010 IF VNH3<FHT THEN FK=FHT ELSE FK=VNH3
3020 AVFT=FK/(.6*FY)
3030 AVFM=(50*BV*LVH)/FY
3040 IF AVFT>AVFM THEN AVFY=AVFT ELSE AVFY=AVFM
3050 SY=(LVH*AVM)/AVFY
3060 PRINT "JARAK ANTAR DOWEL YANG DIGUNAKAN (s) =" ;SY
3070 INPUT "DOWEL YANG DIGUNAKAN #3-";YDI
3080 PRINT "Mu=" ;MU;"Mu=" ;MU;"Mn1=" ;MN1;"Mn2=" ;MN2;PRINT
3085 PRINT "Mu=" ;MU*175.1338;"Mu=" ;MU*1.1299;"Mn1=" ;MN1*1.1299;"Mn2=" ;MN2*1.1299
;PRINT
3090 PRINT "Vu1=" ;VU1;"Vn1=" ;VN1;"Vnh=" ;FK;PRINT
3095 PRINT "Vu1=" ;VU1*4.4839;"Vn1=" ;VN1*4.4839;"Vnh=" ;FK*4.4839;"N":PRINT
3100 PRINT "Vc=" ;VC;"Vcmin=" ;VCMIN;"Vcmax=" ;VCMAX;"Vc2=" ;VC2;PRINT
3105 PRINT "Vc=" ;VC*4.4839;"Vcmin=" ;VCMIN*4.4839;"Vcmax=" ;VCMAX*4.4839;"Vc2=" ;VC
2*4.4839;"N":PRINT
3110 PRINT "Av1=" ;AV1;"Av2=" ;AV2;"Avf tot=" ;AVFT;"Avf min=" ;AVFM;PRINT
3115 PRINT "Av1=" ;AV1*.036452;"Av2=" ;AV2*.036452;"Avf tot=" ;AVFT*.036452;"Avf mi
n=" ;AVFM*.036452;"m2":PRINT
3120 REM *EKSENTRISITAS TENDON TAMPAK KOMPOSIT*
3130 KB=RC2/CTC
3140 KT=RC2/CBC
3150 EA=(MT2/PE)-KT
3160 EB=((.75*MT2)/PE)-KT
3170 EC=KT
3180 ED=(MD2/PD1)+KB
3190 EE=((.75*MD2)/PD1)+KB
3200 EF=KB
3210 EG=((KT+KB)*.5)-KT
3220 PRINT "Kt=" ;KT;"Kb=" ;KB;"e1=" ;EA;"e2=" ;EB;"e3=" ;EC;PRINT
3230 PRINT "e4=" ;ED;"e5=" ;EE;"e6=" ;EF;"ee=" ;EG;PRINT
3240 REM *PERHITUNGAN LENDUTAN*
3250 EPL=57000!*SQR(FC1)
3260 EBL=57000!*SQR(FCP)
3265 N1=EBL/EPL
3270 ICR=(IG+(ACS*(CBC-CBS)^2)+(N1*((BM*HS^3)/12)+(BM*HS*(CTC-(HS/2))^2))
3280 A1=(-P01*ABS(EG)*L^2*144)/(9*EBL*IG)+((-P01*(E-ABS(EG))*L^2*144)/(24*EBL*
IG)
3290 A2=A1*(1-R3)
3300 A3=(5*WD2*(L*12)^4)/(384*EBL*IG)
3310 A4=A3*(WSD/WD2)
3320 A5=(5*WL*(L*12)^4)/(384*EPL*ICR)
3330 A6=(5*WSD*(L*12)^4)/(384*EBL*ICC)
3340 PRINT "a1=" ;A1;"a2=" ;A2;"a3=" ;A3;PRINT
3350 PRINT "a4=" ;A4;"a5=" ;A5;"a6=" ;A6;PRINT
3360 PRINT "Macam kontruksi yang digunakan":PRINT
3370 PRINT TAB(10)"1.Tanpa perancah":PRINT
3380 PRINT TAB(10)"2.Menggunakan perancah":PRINT
3390 INPUT "Pilihan anda (1 atau 2)";S
3400 IF S=1 THEN 3420
3410 IF S=2 THEN 3450
3420 PRINT "Metode tanpa menggunakan perancah"
3430 AT=A2+A3+A4+A5
3440 GOTO 3470
3450 PRINT "Metode menggunakan perancah"
3460 AT=A2+A3+A5+A6
3470 PRINT "BESARNYA LENDUTAN YANG TERJADI=":PRINT
3480 PRINT TAB(5)"at =" ;AT;"in":PRINT
3485 PRINT TAB(5)"at =" ;AT*.0254;"m":PRINT
3490 AI=(L*12)/360
3495 PRINT TAB(7)"Lendutan ijin =" ;AI;"in":PRINT

```

```
3498 PRINT TAB(7)"Lendutan ijin =" ;AI*.0254;"#":PRINT
3500 IF AT>AI THEN 3520 ELSE 3560
3510 PRINT
3520 PRINT "Kontruksi tidak aman"
3530 PRINT "Dimensi penampang harus diubah":PRINT
3540 INPUT "tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan";Q
3550 GOTO 510
3560 PRINT "Kontruksi amaaaaan"
3570 PRINT :PRINT :PRINT "just say.....ALHAMDULILLAH"
3580 INPUT "Akan dicoba kondisi lain(y/n)";ZOR$
3590 IF ZOR#="Y" OR ZOR#="y" THEN 1430 ELSE 3600
3600 INPUT "Akan dicoba bentang yang lain (y/n)";ZIR$
3610 IF ZIR#="Y" OR ZIR#="y" THEN 335 ELSE 3620
3620 END
```

LAMPIRAN 4

RUN

f'c(Psi) =? 6400
f'cs(Psi) =? 3800

Tebal plat(in) =? 5
Jarak antar balok(ft) =? 10
Rasio prategang residu =? .80
f'ci = 4480 Psi
n = .7705518
Beff = 120 in
Bm = 92.46621 in
As = 462.3311 in²

Beban tambahan (psf) =? 19
Beban hidup (psf) =? 80
Berat jenis beton (pcf)=? 150
Panjang bentang (ft) =? 98.5
Asumsi berat sendiri= 151.5977
Asumsi berat sendiri yang digunakan =? 55

0 Sa= 6588.045 in³

0 Sb= 7615.521 IN³

TEKAN RETURN UNTUK MELANJUTKAN HITUNGAN?

TINGGI TAKSIRAN (h)= 49.25 in

LEBAR TAKSIRAN (b)= 27.1625 in

TINGGI BALOK h YANG DIPILIH=? 55

LEBAR BALOK b YANG DIPILIH=? 24

KOEFISIEN AC TAKSIRAN = .4078672
(PILIH DARI TABEL AC YANG MENDEKATI)
MASUKKAN HARGA KOEFISIEN BERIKUT

b'/b=? .3
t/h=? .21
Ac=? .44
Cb=? .5
Ct=? .5
I=? .0535
r²? .121

PERBEDAAN DENGAN MODULUS PENAMPANG TAKSIRAN

Sa=-17.91359 %

Sb=-2.00485 %

Wsd= 40.13291 pli
Wsd= 7028.628 N/m
Wcsd= 12.2004 pli
Wcsd= 2136.703 N/m
WL= 51.37012 pli
WL= 8996.644 N/m
Wd= 50.41667 pli
Wd= 8829.662 N/m
Msd= 7008831 Lb-in
Msd= 791927.8 N-m
Mcsd= 2130685 lb-in
Mcsd= 240746 N-m
ML= 8971303 lb-in
ML= 1013668 N-m
MD= 8804791 lb-in
MD= 994853.3 N-m
MT= 2.691561E+07 lb-in
MT= 3041195 N-m

Apakah dicoba lagi beban taksiran lain?

Pi (lb)=? 328900
R =? .20
JUMLAH KABEL= 24.99251
JUMLAH KABEL YANG DIGUNAKAN=? 26
Dsp(in)=? 9.75
SAAT TRANSFER
BESARNYA TEGANGAN BETON PADA SAAT TRANSFER=

fti=-701.872 psi

fti=-4.934862 mpa

fbi=-1885.594 psi

fbi=-13.25761 mpa

fti = 200.7984 psi

fti = 1.411814 mpa

fci =-2688 psi

fci =-18.89933 mpa

Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan

Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan?

Saat layan

fcs=-2880 Psi

fcs=-20.24928 mpa

fts= 480 Psi

fts= 3.37488 mpa

Macam kontruksi yang digunakan

1. Tanpa perancah

2. Menggunakan perancah

Pilihan anda (1 atau 2)? 2

METODE MENGGUNAKAN PERANCAH

Besarnya tegangan beton pada saat layan =

ft2 = -788.1857 psi

ft2 = -5.541734 mpa

fb2 = -1281.787 psi

fb2 = -9.012243 mpa

Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan

Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan?

Tegangan beton setelah menjadi komposit

Macam kontruksi yang digunakan

1. Tanpa perancah

2. Menggunakan perancah

Pilihan anda (1 atau 2)? 2

METODE MENGGUNAKAN PERANCAH

Besarnya tegangan beton pada saat layan=

ftc = -1567.524 psi

ftc = -11.02126 mpa

fcc = 373.8561 psi

fcc = 2.628582 mpa

Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan

Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan?

o1 =? .153

fpy (Psi) =? 229500

fpu (Psi)=? 270000

roP =? .40

GAYA DESAK DITAHAN OLEH SAYAP

AMAN

Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan 0

Diperlukan tulangan geser

Jarak maksimum antar tulangan 24 in

s(in) =? 24

Fy(Psi) =? 60000

Digunakan tulangan geser #3 dengan luas 0.22 in²

luas tulangan ? .22

AV yang digunakan = .22

DIGUNAKAN TULANGAN GESER #3-? 24

GAYA GESER HORIZONTAL (vnh) = 153904.1

JARAK ANTAR DOWEL YANG DIGUNAKAN (s) = 4.445959

DOWEL YANG DIGUNAKAN #3-? 4

BAYA GESER HORIZONTAL (vnh)= 153904.1

JARAK ANTAR DOWEL YANG DIGUNAKAN (s) = 4.445959

DOWEL YANG DIGUNAKAN #3-? 4

Mu= 231.1792 Mu= 4.037325E+07 Mn1= 4.485916E+07 Mn2= 5.289803E+07

Mu= 40487.29 Mu= 4561773 Mn1= 5068637 Mn2= 5976949

Vu1= 136626.9 Vn1= 160737.5 Vnh= 1052803

Vu1= 612621.3 Vn1= 720731 Vnh= 4720665 N

Vc= 270626.4 Vcmin= 57888 Vcmax= 144720 Vc2= 72360

Vc= 1213462 Vcmin= 259564 Vcmax= 648910 Vc2= 324455 N

Av1= .276747 Av2= .144 Avf tot= 29.24454 Avf min= 11.82

Av1= 1.008798E-02 Av2= 5.249088E-03 Avf tot= 1.066022 Avf min= .4308626 m2

Kt= 10.48655 Kb= 22.27784 e1= 34.28922 e2= 23.09528 e3= 10.48655

e4= 33.99569 e5= 31.06622 e6= 22.27784 ee= 5.895646

a1=-1.858795 a2=-1.487036 a3= 1.315421

a4= 1.047108 a5= .8321084 a6= .5012458

Macam kontruksi yang digunakan

1.Tanpa perancah

2.Menggunakan perancah

Pilihan anda (1 atau 2)? 2

Metode menggunakan perancah

BESARNYA LENDUTAN YANG TERJADI=

at = 1.161739 in

at = 2.950817E-02 m

Lendutan ijin = 3.283333 in

Lendutan ijin = 8.339667E-02 m

Kontruksi aaaaaan

just say.....ALHAMDULILLAH

Akan dicoba kondisi lain(y/n)? y

Saat layan

fcs=-2880 Psi

fcs=-20.24928 mpa

fts= 480 Psi

$f_t = 3.37488 \text{ mpa}$

Macam konstruksi yang digunakan

1. Tanpa perancah

2. Menggunakan perancah

Pilihan anda (1 atau 2)? 1

METODE TANPA PERANCAH

Besarnya tegangan beton pada saat layan =

$f_{t2} = -1690.432 \text{ psi}$

$f_{t2} = -11.88543 \text{ mpa}$

$f_{b2} = -379.5403 \text{ psi}$

$f_{b2} = -2.668548 \text{ mpa}$

Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan

Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan?

Tegangan beton setelah menjadi komposit

Macam konstruksi yang digunakan

1. Tanpa perancah

2. Menggunakan perancah

Pilihan anda (1 atau 2)? 1

METODE TANPA PERANCAH

Besarnya tegangan beton pada saat layan =

$f_{tc} = -2168.169 \text{ psi}$

$f_{tc} = -15.2444 \text{ mpa}$

$f_{bc} = 635.3739 \text{ psi}$

$f_{bc} = 4.467314 \text{ mpa}$

Tegangan beton lebih besar dari yang diijinkan

Dimensi penampang harus diubah

Tekan RETURN untuk perbaikan dimensi penampang?

TINGGI TAKSIRAN (h) = 49.25 in

LEBAR TAKSIRAN (b) = 22.1625 in

TINGGI BALOK h YANG DIPILIH = 55

LEBAR BALOK b YANG DIPILIH = 24

KOEFISIEN AC TAKSIRAN = .4078672
(PILIH DARI TABEL AC YANG MENDEKATI)
MASUKKAN HARGA KOEFISIEN BERIKUT

$b'/b=?$.2
 $t/h=?$.2
 $Ac=?$.52
 $Cb=?$.5
 $Ct=?$.5
 $I=?$.0689
 $r^2=?$.132

PERBEDAAN DENGAN MODULUS PENAMPANG TAKSIRAN

$Sa=-51.85506$ %

$Sb=-31.36698$ %

Asumsi berat sendiri yang digunakan =? 60

0 $Sa= 6645.48$ in³

0 $Sb= 7681.913$ IN³

TEKAN RETURN UNTUK MELANJUTKAN HITUNGAN?

TINGGI TAKSIRAN (h)= 49.25 in

LEBAR TAKSIRAN (b)= 22.1625 in

TINGGI BALOK h YANG DIPILIH=? 55

LEBAR BALOK b YANG DIPILIH=? 24

KOEFISIEN AC TAKSIRAN = .4207172
(PILIH DARI TABEL AC YANG MENDEKATI)
MASUKKAN HARGA KOEFISIEN BERIKUT

$b'/b=?$.2
 $t/h=?$.2
 $Ac=?$.52
 $Cb=?$.5
 $Ct=?$.5
 $I=?$.0689
 $r^2=?$.132

PERBEDAAN DENGAN MODULUS PENAMPANG TAKSIRAN

$Sa=-50.54262$ %

$Sb=-30.23161$ %

$Wsd= 40.13291$ pli

KOEFISIEN AC TAKSIRAN = .4078672
(PILIH DARI TABEL AC YANG MENDEKATI)
MASUKKAN HARGA KOEFISIEN BERIKUT

b'/b=? .2
t/h=? .2
Ac=? .52
Cb=? .5
Ct=? .5
I=? .0689
r^2? .132

PERBEDAAN DENGAN MODULUS PENAMPANG TAKSIRAN

Sa=-51.85506 %

Sb=-31.36698 %

Asumsi berat sendiri yang digunakan =? 60

0 Sa= 6645.48 in³

0 Sb= 7681.913 IN³

TEKAN RETURN UNTUK MELANJUTKAN HITUNGAN?

TINGGI TAKSIRAN (h)= 49.25 in

LEBAR TAKSIRAN (b)= 22.1625 in

TINGGI BALOK h YANG DIPILIH=? 55

LEBAR BALOK b YANG DIPILIH=? 24

KOEFISIEN AC TAKSIRAN = .4207172
(PILIH DARI TABEL AC YANG MENDEKATI)
MASUKKAN HARGA KOEFISIEN BERIKUT

b'/b=? .2
t/h=? .2
Ac=? .52
Cb=? .5
Ct=? .5
I=? .0689
r^2? .132

PERBEDAAN DENGAN MODULUS PENAMPANG TAKSIRAN

Sa=-50.54262 %

Sb=-30.23161 %

Wsd= 40.13291 pli

2. Menggunakan perancah

Pilihan anda (1 atau 2)? 1

METODE TANPA PERANCAH

Besarnya tegangan beton pada saat layan =

$$ft2 = -1515.919 \text{ psi}$$

$$ft2 = -10.65843 \text{ mpa}$$

$$fb2 = -505.0597 \text{ psi}$$

$$fb2 = -3.551075 \text{ mpa}$$

Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan

Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan?

Tegangan beton setelah menjadi komposit

Macam konstruksi yang digunakan

1. Tanpa perancah

2. Menggunakan perancah

Pilihan anda (1 atau 2)? 1

METODE TANPA PERANCAH

Besarnya tegangan beton pada saat layan =

$$ftc = -1948.095 \text{ psi}$$

$$ftc = -13.69706 \text{ mpa}$$

$$fbc = 332.2607 \text{ psi}$$

$$fbc = 2.336125 \text{ mpa}$$

Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan

Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan?

ol =? .153

fpy (Psi) =? 229500

fpu (Psi) =? 270000

roP =? .40

GAYA DESAK DITAHAN OLEH SAYAP

AMAN

Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan 0

Diperlukan tulangan geser

Jarak maksimum antar tulangan 24 in

s(in) =? 24

Fy(Psi) =? 60000

Digunakan tulangan geser #3 dengan luas 0.22 in²

luas tulangan ? .22

AV yang digunakan = .77

DIGUNAKAN TULANGAN GESER #3-? 24

GAYA GESER HORIZONTAL (vnh) = 162447.7

JARAK ANTAR DOWEL YANG DIGUNAKAN (s) = 4.125

DOWEL YANG DIGUNAKAN #3-? 4

Wu = 244.0125 Mu = 4.261457E+07 Mn1 = 4.734941E+07 Mn2 = 6.084566E+07

2. Menggunakan perancah

Pilihan anda (1 atau 2)? 1

METODE TANPA PERANCAH

Besarnya tegangan beton pada saat layan =

$$ft2 = -1515.919 \text{ psi}$$

$$ft2 = -10.65843 \text{ mpa}$$

$$fb2 = -505.0597 \text{ psi}$$

$$fb2 = -3.551075 \text{ mpa}$$

Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan

Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan?

Tegangan beton setelah menjadi komposit

Macam kontruksi yang digunakan

1. Tanpa perancah

2. Menggunakan perancah

Pilihan anda (1 atau 2)? 1

METODE TANPA PERANCAH

Besarnya tegangan beton pada saat layan=

$$ftc = -1948.095 \text{ psi}$$

$$ftc = -13.69706 \text{ mpa}$$

$$fbc = 332.2607 \text{ psi}$$

$$fbc = 2.336125 \text{ mpa}$$

Tegangan pada beton lebih kecil dari yang diijinkan

Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan?

ol =? .153

fy (Psi) =? 229500

fpu (Psi)=? 270000

roP =? .40

GAYA DESAK DITAHAN OLEH SAYAP

AMAN

Tekan RETURN untuk melanjutkan perhitungan 0

Diperlukan tulangan geser

Jarak maksimum antar tulangan 24 in

s(in) =? 24

Fy(Psi) =? 60000

Digunakan tulangan geser #3 dengan luas 0.22 in²

luas tulangan ? .22

AV yang digunakan = .22

DIGUNAKAN TULANGAN GESER #3-? 24

GAYA GESER HORIZONTAL (vnh)= 162447.7

JARAK ANTAR DOWEL YANG DIGUNAKAN (s) = 4.125

DOWEL YANG DIGUNAKAN #3-? 4

Wu= 244.0125 Mu= 4.261447E+07 Mn1= 4.734941E+07 Mn2= 6.084566E+07