

PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI

TGL. TERIMA : 03 OCT 2001
NO. JUDUL :
NO. INV. : 537/TA/JTS
NO. INDUK. :

TUGAS AKHIR

APLIKASI BAHASA VISUAL BASIC PADA 5120003218001
ANALISIS DAN DESAIN FLAT PLATE
BETON PRATEGANG
DENGAN METODE LOAD BALANCING



Disusun oleh :

Nama : WUKIRSARI ISKANDAR APRIADI

No.Mhs : 95310086

NIRM : 950051013114120085

Nama : ARDIAN RAHMAN

No.Mhs : 95310154

NIRM : 950051013114120152

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2001

TUGAS AKHIR
APLIKASI BAHASA VISUAL BASIC PADA
ANALISIS DAN DESAIN FLAT PLATE
BETON PRATEGANG
DENGAN METODE LOAD BALANCING

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

Disusun oleh :

Nama : WUKIRSARI ISKANDAR APRIADI

No.Mhs : 95310086

NIRM : 950051013114120085

Nama : ARDIAN RAHMAN

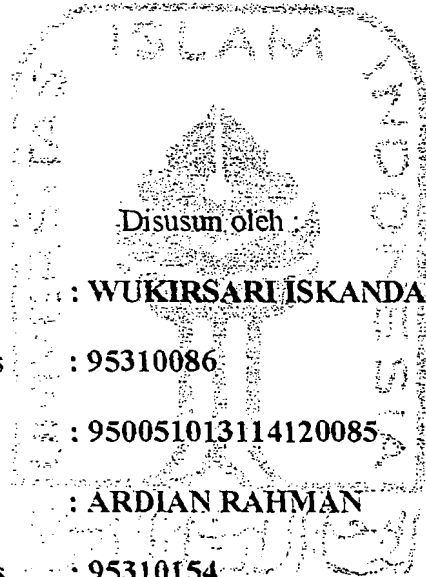
No.Mhs : 95310154

NIRM : 950051013114120152

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2001

TUGAS AKHIR

**APLIKASI BAHASA VISUAL BASIC PADA
ANALISIS DAN DESAIN FLAT PLATE
BETON PRATEGANG
DENGAN METODE LOAD BALANCING**



Disusun oleh :

Nama : WUKIRSARI ISKANDAR APRIADI

No.Mhs : 95310086

NIRM : 950051013114120085

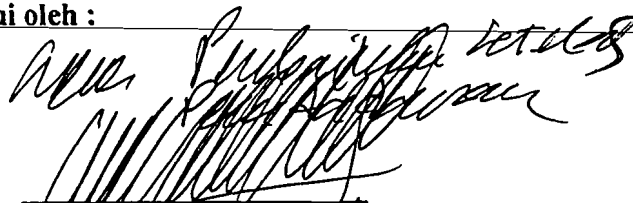
Nama : ARDIAN RAHMAN

No.Mhs : 95310154


NIRM : 950051013114120152

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Kadir Aboe, MS
Dosen Pembimbing I


Tanggal: 07/09/01

Ir. Suharvatmo, MT
Dosen Pembimbing II


Tanggal: 07/09/01

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillahirobil'amin, segala puji kehadiran Allah SWT yang telah memberikan taufik serta hidayah-Nya kepada penyusun, sehingga atas berkat ridho-Nya penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir.

Tugas Akhir kami mengambil judul “Aplikasi Bahasa Program Visual Basic 6 dalam Analisis dan Flete Plate Beton Prategang Dengan Metode Beban Berimbang ” diselesaikan sebagai syarat memperoleh jenjang kesarjanaan pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Untuk dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini, penyusun memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bpk. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bpk. Ir. H. Munadhir, M.S., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bpk.Ir.H.Kadir Aboe, M.T, selaku dosen pembimbing I.
4. Bpk.Ir.H.Suharyatmo, M.T,.selaku dosen pembimbing II.
5. Bpk. Ir. Sarwidi, MSCE, Ph.D, selaku dosen penguji.

6. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu menyelesaikan penelitian kami.
7. Khususnya untuk Bapak, Ibu dan Saudara-saudaraku atas doa dan dukungannya selama ini.

Akhir kata penyusun mohon maaf yang sebesar-besarnya, jika dalam laporan penelitian kami terdapat kesalahan baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja, dan semoga laporan penelitian Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Amin.

Wassalamu 'alailkum Wr.Wb.

Yogyakarta, Agustus 2001

Penyusun

ABSTRAKSI

Seiring dengan perkembangan jaman yang begitu cepat dewasa ini menuntut untuk dilakukan efisiensi semua bidang termasuk pada bidang konstruksi. Penghematan lahan di perkotaan dapat kita lakukan dengan menggunakan gedung bertingkat tinggi. Yang menjadi permasalahan adalah bagaimana membuat suatu desain bangunan bertingkat banyak dengan tinggi struktur seminimal mungkin.

Melihat permasalahan di atas penulis mempunyai gambaran bahwa dengan menggunakan *flate plate* beton prategang dalam struktur gedung bertingkat banyak dapat menjadi salah satu solusinya. Dengan menggunakan *flate plate* balok-balok atau panel-panel di bawah pelat dapat dihilangkan, disamping itu dengan penggunaan beton prategang maka tebal penampang pelat dapat dikurangi. Dengan demikian tinggi total struktur berkurang maka berat sendiri struktur akan berkurang juga sehingga dimensi kolom dan pondasi yang dipergunakan dapat diperkecil. Oleh sebab itu volume pemakaian beton relatif yang berkurang akan menghasilkan penghematan biaya secara signifikan.

Dengan bantuan bahasa program visual basic 6 pada analisis dan desain *flate plate* beton prategang akan memudahkan kita dalam mendisainnya, sekaligus dapat mengetahui pada bentang maksimum berapa *flate plate* beton prategang ini masih efektif untuk digunakan. Program aplikasi ini merupakan *post manual processing* yaitu masih memerlukan aplikasi program lain (sap 90) untuk menjalankannya.

Penentuan asumsi tegangan rata-rata penampang sangat menentukan pada analisis dan desain *flate plate* beton prategang. Semakin besar asumsi tegangan yang kita berikan semakin besar pula momen balance yang terjadi sehingga tegangan yang terjadi akan dibawah nilai tegangan ijin.

DAFTAR ISI

Lembar Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Kata Pengantar.....	iii
Abstraksi.....	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel.....	xiv
Daftar Notasi.....	xv
Daftar Lampiran.....	xix

BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang.....	1
1.2.Tujuan.....	2
1.3.Manfaat.....	2
1.4.Batasan Masalah dan Ruang Lingkup.....	3
1.5.Sistematika Penulisan.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1.Konsep Dasar Beton Prategang.....	5
2.1.1.Sistem Prategang untuk Mengubah Beton menjadi Bahan yang Elastis.....	6
2.1.2.Sistem Prategang untuk Kombinasi Baja Mutu Tinggi dengan Beton.....	6

2.1.3.Sistem Prategang untuk Mencapai Perimbangan Beban.....	7
2.2.Cara Penegangan.....	9
2.2.1.Pratarik (Pre-tensioning).....	10
2.2.2.Pasca Tarik (Post-Tensioning).....	10
2.3.Tahap-tahap Pembebanan pada Beton Prategang.....	11
2.4.Kehilangan Gaya Prategang.....	12
2.5.Pengertian Flat Plate Prategang.....	13
2.6.Karakteristik Flat Plate Beton Prategang.....	14
2.6.1.Perilaku.....	14
2.6.2.Jalur Pembebanan.....	14
2.6.3.Distribusi Tendon.....	15
2.7.Pengankuran ujung.....	16
2.8.Penggunaan Bahasa Program Visual Basic 6.....	17
2.8.1.Sejarah Visual Basic.....	17
2.8.2.Keistimewaan Visual Basic 6.....	18
2.8.3.Versi-versi Visual Basic 6.....	19

BAB III ANALISIS DAN DESAIN FLAT PLATE BETON PRATEGANG

3.1.Pengertian.....	21
3.2.Disain Pendahuluan.....	21
3.2.1.Penampang Flate Plate Beton Prategang.....	22
3.2.2.Penempatan Profil Tendon.....	22
3.2.3.Tegangan Rata-rata Beton.....	24

3.3. Analisa Struktur Flat Plate.....	24
3.3.1. Pendekatan Portal Ekuivalen.....	24
3.3.2. Momen Disain.....	26
3.4. Analisis Lentur.....	27
3.4.1. Tegangan Lentur Ijin.....	27
3.4.2. Analisis Lentur Pada Kekuatan Batas.....	29
3.5. Transfer Momen Pelat ke Kolom.....	33
3.6. Analisis Geser.....	37
3.6.1. Kapasitas Geser Beton.....	37
3.6.2. Desain Penulangan Geser.....	38
3.7. Analisis Lendutan.....	43
3.8. Perhitungan End Blok.....	45
3.9. Flow Chart Desain Beton Prategang.....	46

BAB IV PENERAPAN DAN PERHITUNGAN

4.1. Algoritma Program.....	54
4.2. Perencanaan Tampilan.....	66
4.3. Contoh Perhitungan.....	79
4.3.1. Perhitungan Manual.....	80
4.3.1.1. Perhitungan Portal B5-B6.....	80
4.3.1.2. Perhitungan Tulangan Geser.....	95
4.3.1.3. Perhitungan Lendutan.....	97
4.3.1.4. Perencanaan Daerah Ujung.....	101

4.3.2.Perhitungan Dalam Bentuk Output Program.....	103
--	-----

BAB V PEMBAHASAN

5.1.Analisis Tegangan Ijin.....	117
5.2.Analisa Lentur.....	118
5.3.Geser.....	121
5.4.Lendutan.....	122
5.5.Endblok.....	123

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1.Kesimpulan.....	125
6.2.Saran.....	127
6.3.Sistematika Penulisan.....	128

PENUTUP

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Daftar Gambar

- Gambar 2.1. Kopel Penahan Internal Beton Prategang.
- Gambar 2.2. Balok Prategang dengan Tumpuan Sederhana.
- Gambar 2.3. Konsep Flate Plate Dijadikan Balok Ekuivalen.
- Gambar 3.1. Tata Letak Tendon Ideal.
- Gambar 3.2. Tata Letak Tendon Sebenarnya.
- Gambar 3.3. Batang-batang Rangka Ekuivalen.
- Gambar 3.4. Blok Tegangan dan Regangan Batas yang Diasumsikan
- Gambar 3.5. Tegangan Geser pada Kolom Interior.
- Gambar 3.6. Distribusi Tegangan Geser pada Kolom Eksterior.
- Gambar 3.7. Distribusi Tegangan Geser pada Kolom Sudut.
- Gambar 3.8. Penampang Kritis Geser Flate Plate.
- Gambar 3.9. Analisa Lendutan Pada Flate Plate.
- Gambar 4.1. Gambar Bentang Flate Plate.
- Gambar 4.2. Urutan Program Flate Plate.
- Gambar 4.3. Menu Input Data Utama.
-
- Gambar 4.4. Menu Output Pertama.
- Gambar 4.5. Menu Kontrol Tegangan Ijin.
- Gambar 4.6 Submenu Tulangan Lekatan Minimum.
- Gambar 4.7 Submenu Momen Rencana Akhir
- Gambar 4.8 Submenu Perhitungan Momen Kapasitas Rencana
- Gambar 4.9 Submenu Perhitungan Analisis Lentur

- Gambar 4.10 Submenu Kontrol Kapasitas Geser**
- Gambar 4.11 Submenu Perhitungan Tulangan Geser**
- Gambar 4.12 Submenu Analisa Lendutan .**
- Gambar 4.13 Submenu Lendutan Jangka Panjang.**
- Gambar 4.14 Submenu Analisa End Block**
- Gambar 4.15 Form Menu Input Utama**
- Gambar 4.16 Form Proses Perhitungan Perimbangan Beban**
- Gambar 4.17 Form Kontrol Tegangan Ijin**
- Gambar 4.18. Form Perhitungan Tulangan Lekatan Minimum**
- Gambar 4.19 Form Perhitungan Momen Rencana Akhir Bentang**
- Gambar 4.20 Form Perhitungan Momen Kapasitas Rencana.**
- Gambar 4.21 Form Analisis Lentur.**
- Gambar 4.22. Form Perhitungan Kapasitas Geser**
- Gambar 4.23 Form Tabel Desain Flate Plate Beton Prategang**
- Gambar 4.24 Form Perhitungan Tulangan Geser**
- Gambar 4.25 Form Perhitungan Analisa Lendutan**
- Gambar 4.26 Form Output Perhitungan Lendutan**
-
- Gambar 4.27 Form Perhitungan End Block**
- Gambar 4.28 Tampilan Awal Program Setelah Diaktifkan**
- Gambar 4.29 Form Pengertian Flate Plate Beton Prategang**
- Gambar 4.30 Form Pengertian Dasar tentang Beton Prategang**
- Gambar 4.31 Form tentang Latar Belakang Program Flate Plate 2001**

Gambar 4.32 Gambar Penampang Flate Plate Yang Akan Dilakukan Proses

Disain

Gambar 4.33. Denah Flat Plate Ukuran 8m x 6m

Gambar 4.34. Penempatan Tulangan Geser

Gambar 4.35. Diagram Tegangan dan Momen di Daerah Ujung

Gambar 4.36. Denah Penulangan Flate Plate Beton Prategang Bentang 8m x 6m.

Gambar 4.37 Profil Penempatan Tendon

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Macam – macam Kehilangan Prategang pada Struktur

Tabel 2.2 Perkiraan Kehilangan Prategang

Tabel 3.1. Lendutan Maksimum

Tabel 4.1. Momen Rencana Akhir

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan yang Digunakan Dalam Disain

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Desain Flate Plate Bentang 8m x 6m

Tabel 4.4. Analisis Tegangan Flate Plate dengan Bentang 7m x 6m

Tabel 4.5. Analisis Tegangan Flate Plate Bentang 8m x 6m

Tabel 4.6. Analisis Tegangan Flate Plate Bentang 8m x 7m.

Tabel 4.7. Analisis Tegangan Flate Plate Bentang 8m x 8m.

Tabel 4.8. Analisis Tegangan Flate Plate Bentang 8m x 9m

Tabel 4.9. Perhitungan Lendutan dengan Variasi Penutup Beton.

Tabel 5. Perbandingan Tegangan Rata-rata

DAFTAR NOTASI

- a** = tinggi blok tegangan tekan ekivalen, mm
- a_p** = jarak distribusi sengkang dari muka kolom, mm
- A₁** = luas pelat baja pada penjangkaran, mm²
- A₂** = luasan maksimum pelat angkur ekivalen, mm²
- A_c** = luas penampang beton, mm²
- A_{ps}** = luasan pratekan dalam daerah tarik, mm²
- A_v** = luas tulangan geser, mm²
- A_s** = luas tulangan tarik non pratekan, mm²
- b** = lebar penampang tekan pelat beton yang ditinjau, mm
- c** = jarak titik berat penampang terhadap serat terluar beton, mm
- C** = konstanta penampang untuk menentukan kekakuan puntir
- c₁** = ukuran kolom persegi diukur dalam arah bentang momen yang dihitung, mm
- c₂** = ukuran kolom persegi diukur dalam arah melintang bentang momen yang dihitung, mm
- C_{AB}** = jarak titik pusat penampang kritis ke sisi AB, mm
- C_{CD}** = jarak titik pusat penampang kritis ke sisi CD, mm
- d** = jarak dari serat terluar tekan ke pusat tulangan tarik, mm
- DF** = faktor distribusi untuk analisa struktur
- e** = eksentrisitas tendon terhadap titik berat penampang, mm
- E_c** = modulus elastisitas beton, MPa
- E_s** = modulus elastisitas baja, MPa

E_{cs}	= modulus elastisitas pelat beton, MPa
f_c	= kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa
f_{ci}	= kuat tekan beton pada saat pemberia pratekan awal, MPa
f_{ps}	= tegangan dalam tulangan prategang pada kuat nominal, MPa
f_{pu}	= kuat tarik tendon prategang, MPa
f_{sc}	= tegangan efektif tulangan prategang, MPa
f_v	= kuat leleh tulangan non prategang, MPa
f_t	= tegangan tarik beton, MPa
f_b	= tegangan desak beton, MPa
FEM	= momen jepit ujung, KNm
g	= jarak dari pusat berat penampang kritis terhadap pusat berat kolom, mm
h	= tinggi total komponen struktur, mm
h_v	= tinggi penampang profil geser, mm
I	= momen inersia penampang terhadap pusat penampang, mm ⁴
I_s	= momen inersia profil baja, mm ⁴
J_c	= momen inersia polar dari bidang geser kritis, mm ⁴
K_c	= kekakuan lentur kolom, momen per unit rotasi
K_s	= kekakuan lentur pelat, momen per unit rotasi
K_t	= kekakuan puntir komponen torsi struktur, momen per unit rotasi
L	= lebar bentang, mm
l_v	= panjang dari lengan kepala geser, mm
M_n	= kuat momen nominal pada suatu penampang, KNm
M_p	= kuat momen plastis perlu dari penampang, KNm

- M_v = tahanan momen yang disumbangkan oleh tulangan kepala geser, KNm
 M_{umb} = momen unbalance, KNm
 M_t = momen tak seimbang beban ultimit, KNm
 M_u = momen akibat beban ultimit, KNm
 M_{bal} = momen akibat balanced load, KNm
 M_{umb} = momen akibat unbalanced load, KNm
 M_{Dsisa} = momen akibat sebagian beban mati yang tak terimbangi, KNm
 n = jumlah tulangan prategang
 N_c = gaya tarik pada beton akibat beban mati dan beban hidup tidak terfaktor,
 KN
 P_e = gaya prategang akhir setelah dikurangi prategangan, KN
 P_o = gaya prategang awal, KN
 R = kehilangan gaya prategangan total, %
 S = modulus penampang, mm^3
 s = jarak distribusi tulangan, mm
 V_c = gaya geser yang disediakan beton, KN
 V_u = gaya geser ultimit pada penampang, KN

 V_n = kuat geser nominal pada penampang, KN
 V_p = komponen vertikal dari gaya prategang efektif yang memotong
 penampang kritis, KN
 W_{bal} = beban perimbangan, KN/m^2
 W_{umb} = beban eksternal yang tidak diimbangi, KN/m^2
 W_{Dsisa} = sebagian beban mati yang tidak terimbangi, KN/m^2

- x = dimensi keseluruhan yang lebih pendek dari bagian persegi penampang,
mm
- ϵ_{cu} = batas regangan tekan beton
- γ_r = koefisien transfer momen tak seimbang sebagai lentur
- γ_v = koefisien transfer momen tak seimbang sebagai geser
- ϕ = faktor reduksi kekuatan
- ρ = rasio penulangan
- η = jumlah lengan pada profil penahan geser
- β_c = rasio perbandingan antara panjang dan lebar
- α_v = perbandingan antara kekakuan relatif profil kepala geser (shearhead)
dengan penampang beton yang ada disekitarnya
- δ = defleksi akibat momen, mm
- θ = defleksi akibat rotasi, mm
- Λ = defleksi total yang terjadi, mm

Daftar Lampiran

L.I Output Perhitungan Flete Plate Beton Prategang

L.I.1. Analisis Tegangan Rata-rata bentang 7m x 6m

L.I.2. Analisis Tegangan Rata-rata dan Perhitungan Desain bentang 8m x 6m

L.I.3. Analisis Tegangan Rata-rata bentang 8m x 7m

L.I.4. Analisis Tegangan Rata-rata bentang 8m x 8m

L.I.5. Analisis Tegangan Rata-rata bentang 8m x 9m

L.II. Data Properti Tendon yang Dipakai.

L.III. Data Spesifikasi Tendon.

L.IV. Instalasi Pemberian Gaya Prategang.

L.V. Spesifikasi Pengankuran ujung.

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab pertama ini akan memberikan penjelasan mengenai latar belakang, tujuan, manfaat, batasan masalah serta sistematika penulisan pada penulisan ini.

1.1. Latar Belakang

Penggunaan *flat plate* pada bangunan tinggi pada saat ini semakin banyak kita jumpai. Dengan menggunakan *flat plate*, balok-balok atau panel-panel di bawah pelat dapat dihilangkan, sehingga akan terjadi pengurangan terhadap tinggi total struktur yang mana berat total struktur bangunan dapat dikurangi. Sesungguhnya berat yang paling besar dari bangunan adalah berat sendiri struktur. Dengan demikian dimensi struktur kolom dan pondasi yang dipergunakan dapat pula diperkecil, yang pada akhirnya menghasilkan penghematan biaya yang harus dikeluarkan untuk beton, acuan dan lain-lain. Untuk mendapatkan struktur yang lebih kecil, penggunaan *flat plate* beton prategang menjadi alternatif bagi para perencana dalam mendesain suatu konstruksi, sebab seluruh penampang dipakai secara efektif.

Desain *flat plate* beton prategang dengan konsep load balancing dipengaruhi oleh eksentrisitas dan prategang rata-rata yang dipergunakan, untuk itu perlu adanya analisa dengan menggunakan eksentrisitas dan prategang rata-

rata yang bervariasi agar diperoleh suatu desain yang efektif yang aman terhadap retak, geser dan lendutan yang terjadi. Dengan menggunakan program komputer diharapkan kontrol dan antisipasi terhadap gaya-gaya diatas dapat diperoleh dan digunakan secara efisien.

1.2 Tujuan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisa dan merencanakan *flat plate* beton prategang yang aman terhadap gaya-gaya yang bekerja pada struktur dengan menggunakan program komputer visual basic.

Tugas akhir ini mencoba memadukan metode *load balancing* untuk mendesain *flat plate* dalam bentuk program komputer yang ditulis dengan bahasa pemrograman *Visual basic 6*.

1.3 Manfaat

Manfaat penulisan tugas akhir ini adalah:

1. menganalisa dan mengantisipasi gaya-gaya yang bekerja pada struktur *flat plate* beton prategang,
2. memanfaatkan program komputer untuk mengetahui pengaruh eksentrisitas dan asumsi tegangan rata-rata terhadap kapasitas geser, kapasitas momen penampang dan lendutan,
3. dapat menghasilkan suatu desain *flat plate* beton prategang yang efektif,
4. dapat menganalisa luas tampang *flat plate* maksimal pada ketebalan tertentu yang aman terhadap retak, geser dan lendutan yang terjadi, dan

5. sebagai alternatif desain *flat plate*.

1.4 Batasan Masalah dan Ruang Lingkup

Guna menyederhanakan proses analisis, maka permasalahan dan obyek pembahasan dibatasi hal-hal berikut ini.

1. Beban yang dipakai adalah beban gravitasi.
2. Beban hidup direncanakan untuk struktur gedung perkantoran.
3. Analisis tegangan untuk bentang maksimum hanya pada tegangan yang terjadi pada saat transfer dan saat layan.
4. Tegangan yang dianalisis untuk proses disain adalah tegangan lentur, geser, lendutan, dan *end block*.
5. Beton prategang yang dianalisis menggunakan sistem pasca tarik dan tendon tidak terekat
6. Konsep yang dipakai untuk menganalisa adalah metode *load balancing*.
7. Analisis struktur dengan menggunakan bantuan program komputer.
8. Kehilangan prategang total diasumsikan.
9. Variasi bentang yang dianalisa 7m x 6m, 8m x 7m, 8m x 6m.
10. Variasi tebal selimut beton yang dipakai untuk analisis lendutan adalah 20mm, 25mm, 30mm, 35mm, 40mm pada bentang 8m x 6m.
11. Diameter kabel tendon yang dipakai 12,75mm.
12. Kolom yang digunakan berukuran 0,5m x 0,5m dengan tinggi 3m.
13. Tebal pelat diambil L/45 dan berat penutup lantai 1,2 KN/m².
14. Beban hidup diambil 2,5 KN/m².

15. Program yang digunakan merupakan *post manual processing* yaitu memerlukan aplikasi program lain (sap 90) untuk menjalankannya.

1.5. Sistematika Penulisan

Telah dijelaskan pada bab pendahuluan mengenai latar belakang, tujuan, manfaat, dan batasan permasalahan untuk penulisan ini. Selanjutnya pada Bab II akan dijelaskan tentang tinjauan pustaka pada *flate plate beton prategang*, Bab III tentang landasan teori kemudian dilanjutkan pada Bab IV dengan penerapan dan perhitungan. Bab V memuat pembahasan dari analisis yang dilakukan dan dilanjutkan dengan Bab VI tentang kesimpulan beserta saran dari analisis *flat plate* beton prategang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab II ini akan dibahas mengenai dasar-dasar analisis dan disain pada *flate plate* beton prategang secara umum. Bab ini akan dibagi menjadi 9 subbab yaitu konsep dasar beton prategang, cara penegangan, tahap pembebanan, kehilangan gaya prategang, pengertian *flate plate* beton prategang, karakteristik *flate plate* beton prategang, pengankuran ujung, penggunaan bahasa program *visual basic*.

2.1 Konsep Dasar Beton Prategang

Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban luar. prategang pada umumnya dengan menarik baja tulangnya. (Lin, 1993). Beton prategang memerlukan material beton dengan kekuatan tekan tinggi pada usia cukup muda, dan baja (tendon) dengan kekuatan tarik tinggi. Ada tiga konsep yang berbeda yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang. Ketiga konsep ini adalah sebagai berikut (Lin, 1993).

2.1.1 Sistem Prategang untuk Mengubah beton menjadi Bahan yang Elastis

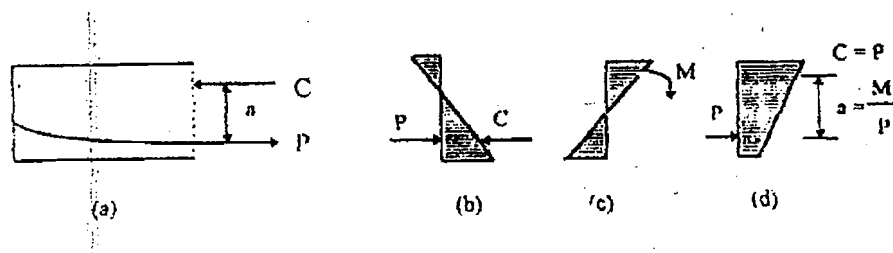
Konsep ini dikemukakan oleh Eugene Freyssinet, yang memvisualisasikan beton prategang adalah beton yang ditransformasikan dari bahan yang getas menjadi bahan yang elastis dengan memberikan gaya desak terlebih dahulu (pratekan) pada beton. Dari konsep ini lahirlah kriteria tidak ada tegangan tarik pada beton. Umumnya telah diketahui jika tidak ada tegangan tarik pada beton berarti tidak akan terjadi retak, dan beton tidak merupakan bahan yang getas lagi melainkan berubah menjadi bahan yang elastis. Atas dasar pandangan ini, beton dianggap sebagai benda yang mengalami dua sistem pembebanan yaitu gaya internal dan gaya eksternal, dengan tegangan tarik akibat gaya eksternal dilawan oleh tegangan tekan akibat gaya prategang.

Retak pada beton akibat beban eksternal dapat dicegah dan juga dipelambat dengan pratekan yang dihasilkan tendon. Sejah tidak terjadi retak – retak, tegangan – tegangan, regangan – regangan, dan lendutan – lendutan pada beton akibat kedua sistem pembebanan dapat dipandang secara terpisah dan bersama – sama bila perlu.

2.1.2. Sistem Prategang untuk Kombinasi Baja Mutu Tinggi dengan Beton

Konsep ini menganggap beton prategang sebagai kombinasi (gabungan) dari baja mutu tinggi dengan beton mutu tinggi, seperti pada beton bertulang tulangan baja digunakan untuk menahan tarik dan beton menahan tekan. Dengan demikian kedua bahan membentuk kopel penahan untuk melawan momen

eksternal. Sebagai contoh, suatu penampang balok dengan tegangan tekan C dan tegangan tarik P membentuk kopel dengan lengan loppel a seperti pada Gambar 2.1.a.



Gambar 2.1 Kopel Penahan Internal Beton Prategang (Lin, 1993)

Ditinjau balok pada gambar dua perletakan bebas.

1. Bila balok diasumsikan tanpa berat, maka gaya tekan C pada penampang besarnya sama dengan gaya prategang P (Gambar 2.1b).
2. Bila ada momen lentur bekerja pada penampang, maka diagram tegangan akan seperti gambar 2.1c.
3. Gambar 2.1c merupakan resultan gaya yang bekerja. Jumlah gaya – gaya pada penampang tersebut sama, $C = P$.

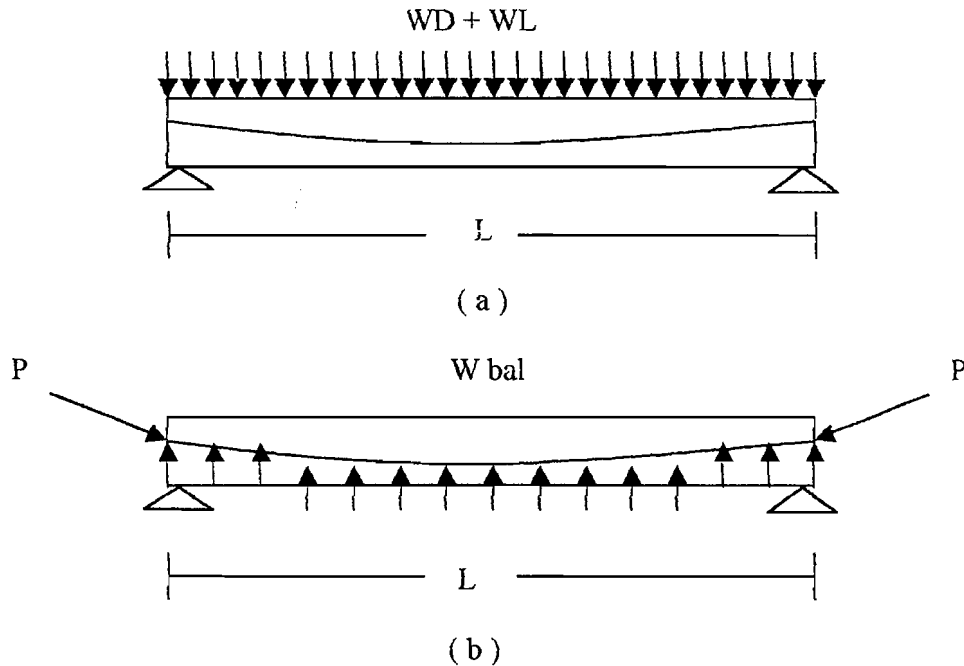
Tegangan yang terjadi pada penampang beton prategang dirumuskan :

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{Pey}{I} \dots\dots\dots(2.1)$$

2.1.3 Sistem Prategang untuk Mencapai Perimbangan Beban (*load balancing*)

Konsep *load balancing* pada prinsipnya adalah gaya – gaya luar (beban mati dan sebagian beban hidup) pada struktur akan diimbangi oleh gaya – gaya dalam yang disebabkan oleh gaya prategangan. Penerapan dari konsep ini beton dianggap sebagai benda bebas dan mengefektifkan gaya prategang untuk

mengantisipasi beban luar yang bekerja pada beton sepanjang bentangan. Sebagai contoh pada Gambar 2.2a, sebuah balok prategang diatas dua tumpuan (*simple beam*) dengan tendon berbentuk parabola serta menerima beban terbagi rata.



Gambar 2.2 Balok Prategang dengan Tumpuan Sederhana

Gaya prategang dengan eksentrisitas e menimbulkan reaksi keatas (*balanced load*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2b, dengan beban W_{bal} dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$W_{bal} = \frac{8Pe}{L^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Apabila beban melebihi dari beban imbang (*balanced load*), maka kelebihan dari beban tersebut akan menjadi beban yang tidak diimbangi (*unbalanced load*) yang akan mengakibatkan momen beban tidak diimbangi (*unbalanced moment*). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$W_{unb} = W_{tot} - W_{bal} \dots\dots\dots(2.3)$$

Konsep beban berimbang ini seringkali menghasilkan analisa yang lebih sederhana. Pada kondisi imbang, momen lentur akibat beban luar yang diimbangi sama dengan nol, sehingga beton hanya dibebani oleh gaya prategang. Pada kondisi ini tegangan pada beton yang timbul merata sebesar :

$$f = \frac{P}{A_c} \dots\dots\dots(2.4)$$

Momen beban tidak terimbangi (*unbalanced moment*) akan menimbulkan tegangan tambahan pada penampang beton, yang akan didukung oleh tegangan dalam beton, sehingga persamaan tegangan – tegangan yang terjadi adalah sebagai berikut

$$f = \frac{P}{A_c} \pm \frac{M_{unb}}{S} \dots\dots\dots(2.5)$$

Konsep *load balancing* ini cocok untuk diterapkan pada struktur statis tak tentu seperti pada konstruksi *flat plate* bentang menerus. Hal ini disebabkan prinsip – prinsip perimbangan beban pada *flat plate* dilakukan dengan dua arah penegangan, sehingga pada masing – masing arah memiliki distribusi tegangan yang merata dan tidak melendut akibat pembebanan.

2.2. Cara Penegangan

Metode yang paling luas dipakai unruk memberikan gaya prategang pada elemen beton struktural adalah dengan menarik tendon dengan alat mekanik. Terdapat dua prinsip yang berbeda dalam proses penegangan yaitu dengan cara pratarik dan pascatarik (Hadipratomo,1994).

2.2.1. Pratarik (*Pre-tensioning*)

Pada prinsip ini tendon ditegangkan dengan alat bantu sebelum beton dicor dan gaya pertegang dipertahankan sampai beton mencapai kekuatan yang diperlukan, kemudian tegangan pada jangkar dilepas perlahan-lahan dan tendon dijangkarkan pada ujung-ujung struktur. Untuk sistem pratarik, cara yang sederhana yaitu dengan menarik tendon dengan dinding penahan (*bulkhead*) kemudian diangkurkan pada ujung dinding penahan dan selanjutnya beton dicor serta didapatkan sesuai bentuk yang diinginkan. Setelah beton mencapai kekuatan yang disyaratkan, maka tendon dipotong atau dilepas dari dinding penahan dan gaya prategang dialihkan ke beton.

2.2.2. Pasca tarik (*Post-tensioning*)

Pada prinsip ini beton dicor dulu dan dibiarkan mengeras, kemudian tendon ditegangkan dalam selubung sesuai posisi yang telah ditentukan, kemudian dicor. Bila kekuatan beton yang diperlukan telah tercapai, maka tendon ditegangkan diujung-ujungnya dan dijangkar. Gaya prategang ditransfer ke beton melalui jangkar pada saat tendon ditegangkan. Untuk sistem pasca tarik, ada dua macam selubung (*conduit*) yang digunakan yaitu sistem prategang dengan rekatan (*bonded*) dan tanpa rekatan (*unbonded*).

1. Tendon terekat (*bonded tendon*)

Jika tendon direncanakan dengan rekatan, maka setelah kabel dijangkar, pada selubung dimasukkan adukan beton disertai tekanan ke dalam ruang antara kabel dan beton (*grouting*). Pada umumnya selubung terbuat dari pipa logam besi yang digalvanis.

2. Tendon tidak terekat (*unbonded tendon*)

Jika tendon direncanakan tanpa rekatan, biasanya selubung dipakai plastik atau kertas tebal dan tendon diberi minyak untuk mempermudah penarikan dan pencegah karat.

2.3. Tahap-tahap Pembebanan pada Beton Prategang

Salah satu pertimbangan istimewa pada beton prategang adalah banyaknya tahapan pembebanan yang harus diperhatikan. Adapun tahap pembebanan meliputi tahap awal, tahap antara dan tahap akhir (Lin, 1993). Dalam analisa ini hanya dibahas pada tahap awal yaitu saat pemberian gaya prategang dan tahap akhir pada kondisi beban batas dan pada pembenahan tetap.

1. Saat pemberian gaya prategang

Tahap awal pembebanan, saat struktur diberi gaya prategang dan belum menerima beban eksternal, kekuatan tendon harus disesuaikan dengan tegangan ijin untuk menghindari putusya sebagian atau seluruh tendon. Untuk beton belum cukup umur, kehancuran beton pada pengangkuran saat penarikan tendon dapat terjadi jika mutunya rendah atau jika beton keropos, untuk itu perlu adanya kontrol tegangan beton pada tahap ini. Untuk lebih jelas tentang pemberian gaya prategang dapat dilihat pada lampiran L.IV.

2. Saat beban batas (*ultimate load*)

Kekuatan batas dari struktur didefinisikan sebagai beban maksimum yang dapat dipikul sebelum hancur. Struktur yang didisain berdasarkan

tegangan kerja mungkin tidak mempunyai ketahanan yang cukup terhadap kelebihan beban. Karena disyaratkan bahwa sebuah struktur memiliki kapasitas minimum memikul beban yang lebih besar, maka perlu ditentukan kekuatan batasnya (*ultimate strength*).

3. Saat beban bekerja tetap (*sustained load*)

Saat beban bekerja tetap yang sesungguhnya (sering terdiri hanya dari beban mati) akan terjadi lendutan ke atas atau ke bawah yang merupakan faktor penentu dalam disain, sehingga seringkali harus membatasi besar lendutan akibat beban tetap.

2.4. Kehilangan Gaya Prategang

Gaya prategang yang diberikan pada beton mengalami pengurangan secara berangsur-angsur sejak tahap transfer akibat berbagai sebab, secara umum hal ini dinyatakan sebagai kehilangan prategang. Berbagai kehilangan gaya prategang yang dijumpai dalam sistem pratarik dan pasca tarik dapat dilihat dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Macam – macam Kehilangan Prategang pada Struktur (Lin, 1993)

Pratarik	Pasca Tarik
<ul style="list-style-type: none"> • Deformasi elastis beton • Relaksasi tegangan pada baja • Penyusutan beton • Rangkak beton 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada kehilangan prategang akibat deformasi elastis kalau semua kawat ditarik secara bersamaan. Kalau kawat – kawat ditarik secara berurutan akan terdapat kehilangan prategang akibat deformasi elastis beton. • Relaksasi tegangan pada baja • Penyusutan beton • Rangkak beton • Gesekan • Tergelincirnya ankur

Sulit untuk mengambil nilai rata – rata kehilangan gaya prategang, karena hal ini tergantung dari banyak faktor, sifat – sifat beton dan baja, pemeliharaan dan keadaan kelembaban, besar dan waktu penggunaan prategang. Di dalam desain beton prategang sudah menjadi kebiasaan untuk mengasumsikan kehilangan prategang total, prosentase kehilangan prategang dalam keadaan normal dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Perkiraan Kehilangan Prategang (Lin,1993)

Macam kehilangan prategang	Pratarik(%)	Pasca tarik (%)
• Perpendekan elastik dan lenturan	4	1
• Rangkak beton	6	5
• Susut beton	7	6
• Relaksasi baja	8	8
Kehilangan total	25	20

Dalam Tabel 2.2 dianggap bahwa telah dilakukan pemberian tegangan yang lebih besar untuk mengurangi rangkak pada baja dan mengatasi kehilangan gaya prategang akibat gesekan dan pengangkutan.

2.5 Pengertian *Flat Plate* Prategang

Flat plate beton prategang adalah pelat beton prategang yang diperkuat oleh baja prategang dalam dua arah sedemikian hingga meneruskan bebannya secara langsung ke kolom – kolom yang mendukungnya tanpa adanya balok atau pertebalan pelat di sekeliling kolom (*drop panel*), umumnya dipakai apabila panjang bentangan tidak terlalu besar dan beban yang bekerja bukan merupakan beban yang berat (Ferguson, 1986).

2.6 Karakteristik *Flat Plate* Beton Prategang

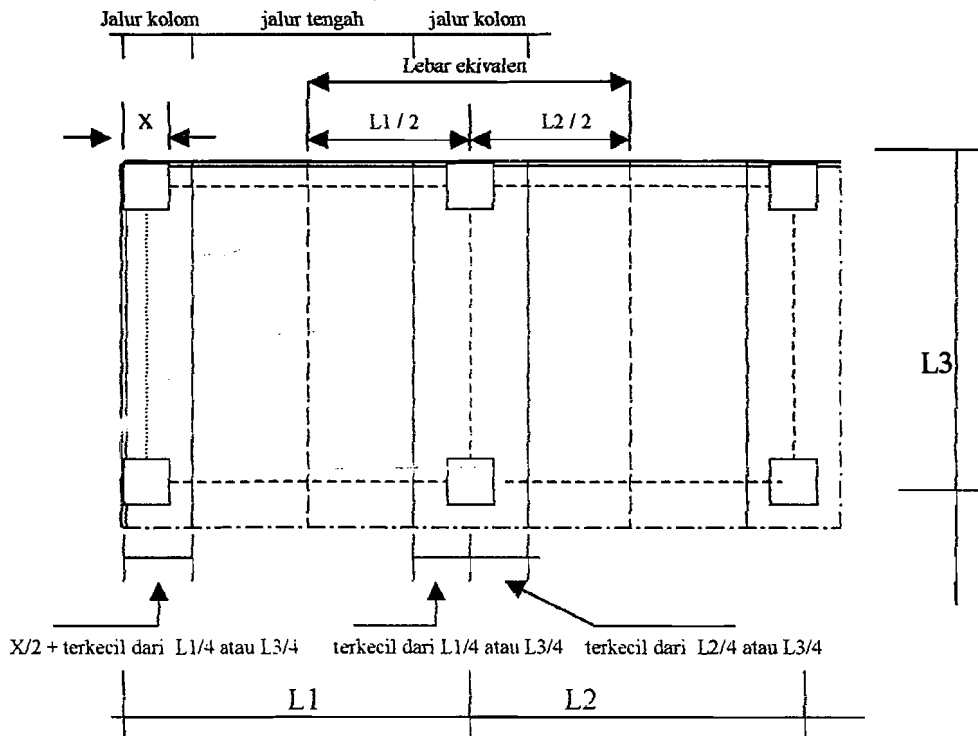
Pada subbab karakteristik *flat plate* beton prategang disini akan membicarakan dua hal yaitu perilaku dan jalur pembebanan.

2.6.1 Perilaku

Flat plate beton prategang mempunyai karakteristik pelat dua arah, apabila pelat dibebani, maka pelat akan melengkung menyerupai permukaan piring, hal ini berarti pada sembarang titik pada pelat tersebut akan melengkung pada dua arah utamanya. Besar momen lentur yang terjadi sebanding dengan kelengkungannya, berartipada kedua arah tersebut juga terdapat momen lentur. Untuk memikul momen-momen ini, pelat tersebut harus diberikan tendon pada kedua arahnya saling tegak lurus terhadap ujung-ujung pelat (Winter dan Nilson, 1993).

2.6.2. Jalur pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada *flat plate* langsung ditransfer dari pelat ke kolom. Dengan menganggap jalur kolom (*column strip*) yang memberikan aksi sebagai balok-balok dan jalur tengah dengan jarak diantara kolom pada masing-masing arah dengan beban merata per-satuan luas, sebagai mana terlihat dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Konsep Flat Plate Dijadikan Balok Ekuivalen

2.6.3. Distribusi Tendon

Penempatan tendon dimaksudkan untuk memberikan tegangan internal pada pelat guna mengantisipasi tegangan eksternal yang terjadi akibat beban yang bekerja. Momen total pada tumpuan jauh lebih besar pada jalur kolom dibandingkan pada jalur tengah, komisi *ACI* menyarankan distribusi tendon pada panel dengan perbandingan panjang dan lebar yang tidak melebihi 1,33 adalah :

1. pada bentang sederhana yaitu dengan menempatkan 55% sampai 60% tendon pada jalur kolom dan sisanya pada jalur tengah, dan
2. untuk bentang menerus ditempatkan 65% sampai 75% tendon pada jalur kolom dan sisanya pada jalur tengah. (Lin, 1993)

SK SNI T15 1991 3.11.12 mensyaratkan jarak tendon atau kelompok tendon harus tidak lebih dari 8 kali tebal pelat ataupun 1,5 m. Spasi dari tendon

tersebut harus mampu menghasilkan regangan rata-rata minimum (setelah memperhitungkan kehilangan prategang) sebesar 0,9 Mpa pada penampang pelat. Pada penampang geser kritis kolom harus disediakan dua tendon dalam setiap arah.

2.7 Pengankuran Ujung

Prinsip pengankuran ujung pada prakteknya terdapat perbedaan cara pelaksanaannya menurut sisten prategang yang dipakai. Pada sistem paratarik, rekatan antara tendon dan beton berfungsi untuk mentransfer gaya prategang yang terjadi. Ketergantungan pada rekatan untuk memindahkan gaya prategang antara tendon dan beton mengakibatkan dibutuhkan kabel berdiameter kecil. Untuk kabel yang lebih besar dari 3,18 mm daya lekat kabel prategang dapat ditingkatkan dengan membentuk ciri-ciri khusus pada permukaan, misalnya kabel dibuat bergelombang atau berulir. Untuk kabel yang besar diperlukan tambahan pengankuran ujung untuk menghindari retak-retak yang terjadi di dekat ujung beton yang akan mengakibatkan lepasnya rekatan dan bergesernya tendon.

Tambahan pengankuran ujung ini menguntungkan meskipun menurut pengalaman dengan tendon untaian tujuh kawat sampai diameter 15,2 mm telah menunjukkan tidak diperlukannya angkur ujung pada struktur paratarik. Untuk lebih jelas tentang pengankuran ujung ini dapat dilihat pada lampiran L.V.

Pada metode pasca tarik semua tendon dipasang di dalam lubang atau selubung tendon yang dibentuk terlebih dahulu dan kemudian diangkurkan pada permukaan ujung beton. Gaya prategang didistribusikan terpusat oleh pelat angkur

baja, sehingga menimbulkan tegangan-tegangan pada daerah ujung(*endblock*). Pada sistem pasca tarik ada tiga prinsip yang dipakai dalam perencanaan pengankuran ujung, yaitu :

1. dengan sistem kerja pasak yang menghasilkan penjepit gesek pada kabel,
2. dengan perletakan langsung dari kepala paku keling atau baut yang dibuat pada ujung kabel, dan
3. dengan melilitkan kabel disekeliling beton.

Pada umumnya metode yang sering dipakai dan telah dikembangkan adalah berdasarkan prinsip kerja pasak dan perletakan langsung. Metode yang terakhir melilitkan kabel ke sekeliling beton belum dipakai secara luas.

2.8 Penggunaan Bahasa Program *Visual Basic 6*

Visual basic adalah bahasa yang cukup mudah untuk dipelajari bagi setiap orang. Bagi programmer pemula yang baru ingin belajar program, lingkungan visual basic dapat membantu membuat program berbasis *window* dengan cepat. Sedang bagi programmer tingkat lanjut, kemampuannya yang besar dapat digunakan untuk membuat program – program yang kompleks, misalnya seperti lingkungan *networking* atau *client-server*

2.8.1. Sejarah *Visual Basic*

Bahasa pemrograman komputer visual basic yang berbasis pada operating system window sebenarnya merupakan sebuah pengembangan terakhir dari bahasa *BASIC*.

BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code) adalah sebuah bahasa pemrograman kuno yang merupakan awal dari bahasa – bahasa pemrograman tingkat tinggi lainnya. *Basic* dirancang tahun 1950 dan ditujukan untuk dapat digunakan oleh para programmer pemula. Biasanya *basic* diajarkan untuk para pelajar sekolah menengah yang baru mengenal komputer, serta digunakan untuk mengembangkan program – program cepat saji yang ringan.

Visual basic masih tetap mempertahankan beberapa sintaks atau format penulisan program yang pernah dipakai oleh *basic*. Microsoft sengaja tidak melupakan nenek moyang dari bahasa *visual basic* ini, karena didalamnya juga sudah mengandung kaidah – kaidah pemrograman yang cukup andal.

2.8.2. Keistimewaan *Visual Basic 6*

Sejak dikembangkan pada tahun 80-an, *visual basic* kini telah mencapai versinya yang ke-6. Pada versinya yang ke-6 ini *visual basic* memiliki beberapa keistimewaan utama.

1. Menggunakan platform pembuatan program yang diberi nama *Developer studio*, yang memiliki tampilan dan sarana yang sama dengan *visual C++* dan *visual J++*. Dengan begitu kita dapat bermigrasi atau belajar bahasa pemrograman lainnya dengan mudah dan cepat, tanpa harus belajar dari nol lagi.
2. Memiliki *compiler* andal yang dapat menghasilkan file *executable* yang lebih cepat dan lebih efisien dari sebelumnya.

3. Memiliki beberapa sarana tambahan *wizard* yang baru. *Wizard* adalah sarana yang mempermudah didalam pembuatan aplikasi dengan mengotomatisasi tugas – tugas tertentu.
4. Tambahan kontrol – kontrol baru yang lebih canggih serta peningkatan kaidah struktur bahasa *visual basic*.
5. Kemampuan membuat *activeX* dan fasilitas internet yang lebih banyak.
6. Sarana akses data yang lebih cepat dan andal untuk membuat aplikasi database yang berkemampuan tinggi.
7. *Visualbasic 6* memiliki beberapa versi atau edisi yang disesuaikan kebutuhan pemakainya.

2.8.3. Versi – versi *visual basic 6*

Seperti aplikasi – aplikasi komersil lainnya, *visual basic 6* juga dipasarkan dalam berbagai jenis atau versi.

1. *Standard Edition: Learning Edition.*

Ini adalah versi standard yang sudah mencakup berbagai sarana dasar dari *visual basic 6* untuk mengembangkan aplikasi.

2. *Professional Edition.*

Versi ini memberikan berbagai sarana ekstra yang dibutuhkan oleh para programmer profesional. Misalnya seperti kontrol – kontrol tambahan, dukungan untuk pemrograman internet, *compiler* untuk membuat *file Help* serta sarana pengembangan database yang lebih baik. Versi inilah yang akan digunakan dalam pendimensian *flat plate* beton prategang.

3. *Enterprise Edition.*

Versi digunakan khusus untuk para programmer yang ingin mengembangkan aplikasi remote computing atau *client/server*. Biasanya versi ini digunakan untuk membuat aplikasi pada jaringan.

BAB III

ANALISIS DAN DISAIN FLATE PLATE BETON PRATEGANG

Pada Bab III ini akan membahas landasan teori analisis serta disain *flate plate* beton prategang. Bab ini akan dibagi dalam sembilan subbab yaitu pengertian analisis disain, disain pendahuluan, analisis struktur *flate plate*, analisis lentur, transfer momen dari pelat ke kolom, analisis geser, analisis *end block*, flow chart disain *flate plate* beton prategang.

3.1. Pengertian

Analisis *flat plate* beton prategang adalah proses penentuan parameter – parameter yang berkaitan dengan perencanaan struktur *flat plate* beton prategang. Parameter yang dimaksudkan disini meliputi dimensi, luas penulangan , tegangan tendon dan beton dan sebagainya.

Sedangkan disain *flat plate* beton prategang adalah proses penentuan dimensi penampang dan kemampuan struktur *flat plate* beton prategang untuk dapat menahan perilaku – perilaku struktur pelat yang terjadi, seperti gaya lentur, gaya geser dan lendutan.

3.2. Disain Pendahuluan

Disain pendahuluan ini merupakan penentuan parameter-parameter awal sebelum dimulai pendisainan yang akan dijelaskan dalam tiga subbab, yaitu

penampang *flate plate* beton prategang, penempatan profil tendon, penentuan tegangan rata-rata.

3.2.1. Penampang *Flate Plate* Beton Prategang

Penampang *flat plate* beton prategang direncanakan dengan memperhitungkan tahanan minimum yang diperlukan pada kekuatan batas tertentu. Untuk masing – masing nilai tahanan rencana, diperhitungkan harus lebih besar atau sama dengan jumlah beban rencana yang diperoleh dengan mengalikan beban-beban eksternal terhadap faktor-faktor beban yang telah ditetapkan.

Untuk mendisain ketebalan *flat plate* beton prategang beberapa ahli telah memberikan batasan untuk mempermudah dalam disain. Menurut Nilson tebal pelat beton prategang diambil antara 1/45 sampai 1/50 dari panjang bentangan, sedangkan Naaman (1982) memberikan nilai tebal pelat untuk muatan hidup sebesar 2,4 kN/m² biasanya diambil antara 1/40 sampai dengan 1/55 dari panjang bentangan. Untuk tebal pelat yang lebih kecil dari 1/55 dipakai pelat dengan balok atau pelat dengan penebalan sekeliling kolom (*drop panel*). Dalam perencanaan ini diambil pendekatan tebal pelat :

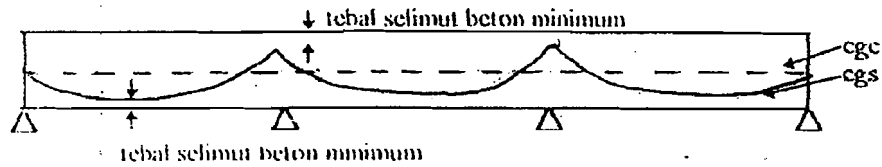
$$h = L / 45 \dots\dots\dots(3.1.)$$

Tebal selimut beton (pb) yang dianjurkan berkisar antara 19mm sampai dengan 32mm untuk pelat yang ditumpu tidak bebas, sedang untuk pelat yang ditumpu bebas berkisar antara 19mm sampai 50mm.

3.2.2. Penempatan Profil Tendon

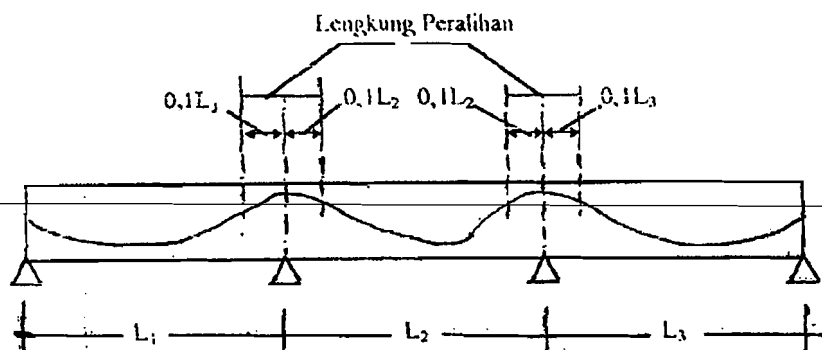
Untuk mendapatkan disain yang lebih ekonomis gaya prategang harus diperhitungkan seefektif mungkin. Jadi pada perletakan dalam letak kabel harus

seatas mungkin dan bagian lapangan harus sebawah mungkin. Diusahakan letak garis c.g.s bertemu garis c.g.c. pada tumpuan ujung, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Tata letak tendon ideal

Pada Gambar 3.1 merupakan tata letak tendon ideal dalam perhitungan. Pada kenyataannya tata letak tendon seperti ini tidak dapat digunakan karena adanya belokan tajam pada tumpuan dalam. Tata letak tendon yang sebenarnya akan membentuk kurva lengkung terbalik yang disebut lengkung peralihan. Panjang lengkung ini adalah 0,1 dari panjang tiap bentangan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Tata Letak Tendon Sebenarnya (Lin, 1993)

Dalam konsep *load balancing* lengkung peralihan pada gambar diatas dapat diabaikan dalam disain, sehingga tata letak tendon ideal menjadi titik penentu dalam perencanaan (Lin, 1993).

3.2.3. Tegangan Rata-rata Beton

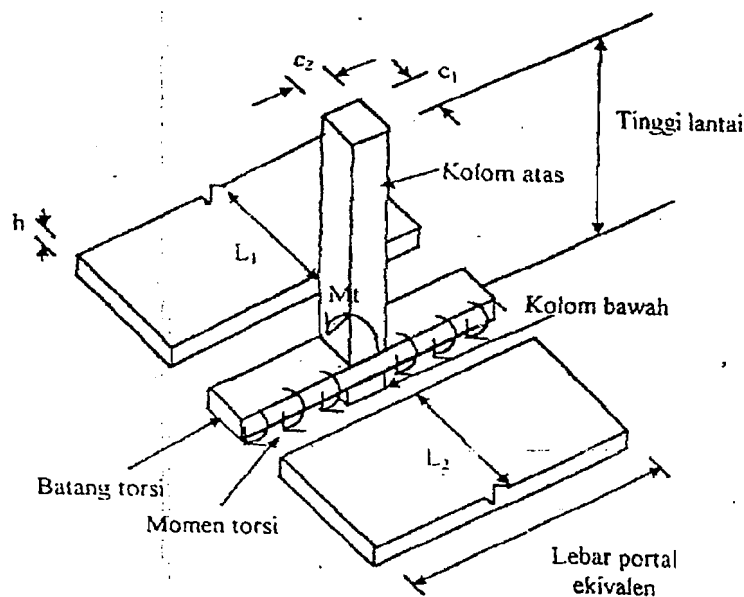
Tegangan rata – rata beton adalah gaya prategang akhir (setelah kehilangan prategangan) dibagi dengan luas penampang total dari beton. Menurut ACI untuk pelat beton prategang dengan *unbonded tendon*, tegangan rata – rata minimum adalah 0,86 dan maksimum 3,5 MPa. Nilai minimum ini dimaksudkan untuk membatasi adanya tarikan dan keretakan yang berlebihan, sedangkan harga maksimum dimaksudkan untuk membatasi adanya perpendekan elastis dan *creep* yang berlebihan (Naaman, 1982).

3.3. Analisa Struktur *Flat Plate*

Pada subbab ini akan membahas mengenai gaya-gaya yang bekerja pada struktur *flat plate* sehingga didapatkan nilai momen-momen. Subbab ini akan dibagi dalam dua pokok bahasan yaitu pendekatan portal ekuivalen dan momen disain.

3.3.1. Pendekatan Portal Ekuivalen

Pendekatan portal ekuivalen digunakan untuk menganalisis distribusi total momen pelat dua arah. Pada pendekatan ini, struktur dibagi menjadi portal (*frame*) menerus yang berpusat pada kolom dalam masing – masing arah yang saling tegak lurus. Masing – masing portal ini terdiri atas sederetan kolom dan slab lebar dengan balok (*column strips*), diantara garis pusat panel. Berdasarkan statika, beban yang bekerja harus diperhitungkan untuk dua arah yang saling tegak lurus (Nawy,1995). Untuk mengetahui lebih lanjut dapat kita lihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Batang – batang Rangka Ekivalen (Nawy, 1995)

Dari Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa daya dukung terhadap rotasi tidak hanya dipengaruhi oleh kekakuan lentur dari kolom-kolom, tetapi juga oleh kekakuan puntir dari gelagar jalur pelat. Dengan adanya tahanan puntiran M_t pada kolom, maka penampang pada kolom tersebut akan berotasi dengan sudut yang lebih kecil dari penampang-penampang lainnya yang bekeja. Untuk memperhitungkan deformasi torsional balok tumpuan, yang kolom ekivalen yang fleksibilitasnya merupakan jumlah dari fleksibilitas kolom aktual dan fleksibilitas balok transversal atau jalur slab. Asumsi ini dirumuskan dengan persamaan:

$$\frac{1}{K_{cc}} = \frac{1}{K_{cc}} + \frac{1}{K_t} \dots \dots \dots (3.2)$$

Atau dapat dirumuskan :

$$K_{cc} = \frac{\sum K_{cc}}{1 + (\sum K_c / K_t)} \dots\dots\dots(3.3.)$$

Kekakuan kolom untuk portal ekuivalen :

$$K_c = \frac{4EI}{L_n - 2h} \dots\dots\dots(3.4.)$$

Kekakuan torsional balok transversal pada jalur kolom :

$$K_t = \sum \frac{9E_{cs} \cdot C}{L_2 \cdot (1 - c_2 / L_2)} \dots\dots\dots(3.5.)$$

dengan besar konstanta torsional $C = \sum (1 - 0,63x/y)x^3 y/3$

Kekakuan slab dirumuskan :

$$K_s = \frac{4E_{cs} I_s}{L_n - c_1 / 2} \dots\dots\dots(3.6.)$$

Faktor distribusi untuk momen jepit ujung (FEM) adalah :

$$DF = \frac{K_s}{\sum K} \dots\dots\dots(3.7.)$$

dengan $\sum K = K_{cc} + K_{s(kiri)} + K_{s(kanan)}$

Besar momen jepit ujung dihitung dengan $wl^2/12$ dan selanjutnya besarnya momen disain dapat dicari dengan bantuan program *Sap 90*.

3.3.2. Momen Disain

Momen disain dengan pendekatan teori statis didapatkan dengan kombinasi distribusi momen rangka M_u yang dihasilkan dari penjumlahan beban mati dan beban hidup berfaktor dengan momen sekunder M_s yang dihasilkan dari tendon.

Metode *load balancing* memperhitungkan kedua momen primer M_p dan momen sekunder M_s . Oleh karena itu untuk nilai beban layan (*service load*), hanya beban *unbalance* W_{unb} digunakan untuk analisa kekuatan lentur (Nawy, 1995).

Jika $M_p = P_e \cdot e$ adalah momen primer, dan M_{bal} adalah momen yang dihasilkan oleh W_{bal} maka momen sekunder dapat dicari dengan persamaan :

$$M_s = M_{bal} - M_p \dots \dots \dots (3.8.)$$

Jika $\overline{M_n}$ adalah FEM yang dihasilkan dari beban terfaktor W_u , maka momen disain dirumuskan dengan persamaan :

$$M_p = \overline{M_n} - M_s \dots \dots \dots (3.9.)$$

Momen disain tersebut dalam perencanaan harus dikalikan dengan faktor reduksi yang disyaratkan SK SNI T15 1991.

3.4 Analisis Lentur

Pada subbab analisis lentur ini akan membahas tentang pengaruh lentur terhadap struktur, yang dibagi dalam dua pokok bahasan yaitu tegangan lentur ijin dan analisis lentur pada keadaan batas.

3.4.1. Tegangan Lentur Ijin

Pada saat transfer beban yang terjadi hanyalah beban mati sedang pada saat layan beban yang terjadi merupakan beban mati dan beban hidup. Penjumlahan tegangan-tegangan yang terjadi pada kedua keadaan tersebut harus lebih kecil atau sama dengan tegangan-tegangan total yang diijinkan.

SK SNI T15 1991 pasal 3.11.4, mensyaratkan tegangan ijin yang terjadi pada serat terluar baik pada saat transfer maupun saat layan adalah berikut ini.

1. Tegangan beton segera setelah transfer gaya prategang (sebelum kehilangan prategang), tidak boleh melampaui nilai berikut :
 - a. serat terluar yang mengalami tekan adalah $0,6f'_{ci}$,
 - b. serat terluar yang mengalami tarik adalah $0,25\sqrt{f'_{ci}}$,
 - c. serat terluar pada ujung komponen struktur yang didukung secara sederhana mengalami tarik adalah $0,5\sqrt{f'_{ci}}$.

Bila tegangan tarik melampaui nilai tersebut diatas, maka harus dipasang tulangan tambahan (non prategang atau pratekan), yang dihitung berdasarkan asumsi suatu penampang utuh.

2. Tegangan beton pada saat *service load* (setelah memperhitungkan semua kehilangan gaya prategang), tidak boleh melampaui nilai berikut :
 - a. serat terluar yang mengalami tegangan tekan adalah $0,45f'_{ci}$,
 - b. serat terluar dalam daerah tarik adalah $0,5\sqrt{f'_{ci}}$.

Persamaan tegangan beton adalah sebagai berikut :

$$f = \frac{P}{A_c} \pm \frac{M}{S} \dots\dots\dots(3.10.)$$

Tulangan tambahan untuk struktur *flat plate* yang didefinisikan sebagai pelat masif dengan tebal merata, luas minimum dan distribusi tulangannya harus memenuhi tiga ketentuan berikut.

1. Tulangan lekatan tidak diperlukan pada daerah momen positif apabila tegangan tarik beton yang didapatkan pada beban kerja (setelah dikurangi kehilangan prategang) tidak melampaui $f'_{ci} / 6$.

2. Apabila tegangan tarik beton pada daerah positif yang didapat dari perhitungan beban kerja melampaui $f'c / 6$, luas minimum tulangan lekatan harus dihitung sebesar :

$$A_s = \frac{N_c}{0,5f_y} \dots\dots\dots(3.11.)$$

tulangan lekatan harus didistribusikan pada daerah tarik yang pada awalnya mengalami tekan sedekat mungkin pada serat terluar penampang dan tegangan leleh rencana f_y tidak melampaui 400 Mpa.

3. Dalam daerah momen negatif pada kolom penumpu, luas tulangan lekatan minimum dalam setiap arah harus dihitung dengan :

$$A_s = 0,00075 h l \dots\dots\dots(3.12.)$$

tulangan lekatan didistribusikan dalam suatu lebar pelat antara dua garis yang berjarak $1,5h$ diluar muka kolom yang berhadapan. Paling sedikit dalam setiap arah harus dipasang empat batang tulangan dan jarak spasi tulangan tidak boleh lebih dari 300mm.

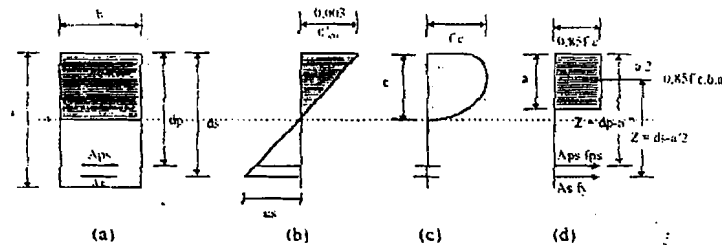
3.4.2 Analisis Lentur Pada Saat Kekuatan Batas (Ultimit)

Beton prategang yang dipakai dalam perencanaan *flat plate* menggunakan konstruksi beton yang penampangnya mempunyai dua macam tulangan, yaitu tulangan aktif (kabel prategang) dan tulangan pasif (tulangan non prategang) atau disebut beton prategang parsial. Pada beton prategang parsial tegangan tarik diperbolehkan, tetapi kemungkinan retak sangat kecil dengan kata lain tegangan tarik yang timbul harus lebih kecil dari kekuatan ijin tarik beton (Hadipratomo, 1994).

Untuk menentukan momen ketahanan nominal suatu penampang beton prategang hal yang perlu diketahui yaitu dimensi penampang, sifat bahan dan jumlah penulangan. Dalam menentukan momen ketahanan nominal diperlukan suatu anggapan – anggapan sebagai berikut :

1. penampang yang rata tetap rata setelah pembebanan, akibatnya diasumsikan bahwa ada distribusi regangan linier sepanjang penampang beton sampai beban batas.
2. terdapatnya rekatan yang sempurna antara baja dan beton, hasil langsung dari asumsi ini bahwa perubahan regangan baja sama dengan perubahan regangan beton pada beban sama,
3. batas regangan tekan beton $\epsilon_{cu} = 0,003$.
4. kekuatan tarik beton diabaikan $f_{ct} = 0$.
5. blok tegangan tekan didekati dengan blok tekan persegi dengan tegangan merata $0,85f_c$ dengan lebar balok b dan tinggi $a = \beta_1.c$.

Analisa tegangan dan regangan serta kopel tegangan dalam pada kondisi batas diperlihatkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Blok Tegangan dan Regangan Batas yang Diasumsikan

(Dipohusoso, 1994)

Pada Gambar 3.4a diperlihatkan suatu penampang beton prategang persegi dengan baja prategang A_{ps} ditempatkan dalam jarak d_p dan tulangan non prategang A_s dalam jarak d_s dari sisi tekan atas. Pada saat kondisi ultimit, regangan tarik baja (tendon) sama dengan saat beton tekan mencapai regangan batas (0,003) seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.4b.

Distribusi tegangan tekan beton pada penampang tersebut berupa garis lengkung dengan nilai nol pada garis netral, dari Gambar 3.4c tampak bahwa f'_c yang merupakan tegangan maksimum posisinya tidak pada serat tepi luar tetapi agak masuk kedalam. Untuk tujuan penyederhanaan, Whitney memberi usulan merubah menjadi bentuk persegi panjang dengan intensitas tegangan beton ditentukan sebesar $0,85f'_c$ dan dianggap bekerja pada daerah tekan selebar b dan sedalam a , seperti diperlihatkan pada Gambar 3.4d.

Gaya tarik dan gaya tekan dalam yang timbul pada penampang beton, arah garis kerjanya sejajar tetapi berlawanan arah dan dipisahkan sejauh z . Sehingga membentuk kopel momen tahanan dalam maksimum yang disebut momen kapasitas nominal penampang terlentur. Untuk menentukan jarak z pada Gambar 3.4d, harus dicari dulu nilai a yang didapat dari keseseimbangan gaya – gaya dari blok tegangan pada Gambar 3.4 yang akan menghasilkan persamaan sebagai berikut :

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

Dari persamaan diatas maka nilai a dapat dihitung,

$$a = \frac{A_s f_y - A_{ps} f_{ps}}{0,85 f'_c b} \dots\dots\dots(3.14.)$$

Momen kapasitas nominal penampang kolom tersebut didapatkan dengan persamaan berikut :

$$M_n = A_s \cdot f_y (d_s - a/2) + A_{ps} \cdot f_{ps} (d_p - a/2) \dots \dots \dots (3.15.)$$

Dalam penentuan harga f_{ps} dapat dicari berdasarkan ketentuan berikut.

1. Untuk struktur yang menggunakan *unbounded tendon* dan perbandingan antara panjang bentang terhadap tinggi komponen struktur tidak lebih dari 35,

$$f_{ps} = f_{sc} + 70 + \frac{f'_c}{100\rho_p} \dots \dots \dots (3.16.)$$

dengan batasan : $f_{ps} < f_{py}$

$$f_{ps} < f_{sc} - 400$$

2. Untuk struktur yang menggunakan *unbounded tendon* dan perbandingan antara panjang bentang terhadap tinggi komponen struktur lebih dari 35,

$$f_{ps} = f_{sc} + 70 + \frac{f'_c}{200\rho_p} \dots \dots \dots (3.17.)$$

dengan batasan : $f_{ps} < f_{py}$

$$f_{ps} < f_{sc} - 200$$

Momen kapasitas nominal beton setelah dikalikan dengan faktor reduksi harganya harus lebih besar dibandingkan dengan kekuatan momen yang diakibatkan oleh beban (M_u), seperti yang ditunjukkan dalam persamaan berikut :

$$\phi M_n \geq M_u \dots \dots \dots (3.18.)$$

3.5. Transfer Momen Pelat ke Kolom

Apabila ada momen-momen utama yang disalurkan dari pelat ke kolom yang terjadi karena tidak seimbangnya beban-beban gravitasi di kedua sisi kolom, atau adanya pembebanan horisontal akibat angin atau gempa, tegangan geser pada penampang kritis tidak lagi terdistribusi secara seragam. Sebagian dari momen tidak seimbang harus dianggap disalurkan sebagai lentur yang bekerja pada lebar pelat efektif diantara garis-garis yang jauhnya 1,5 kali tebal pelat dari kolom tumpuannya. (Nilson 1993).

Koefisien transfer momen tak seimbang sebagai lentur diberikan oleh SK SNI T15 1991 pasal 3.6.3.3 sebesar :

$$\gamma_f = \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{(c_1 + d)(c_2 + d)}} \dots\dots\dots(3.19.)$$

Momen kapasitas pada lebar efektif tersebut harus lebih besar dari momen tidak seimbang dikalikan dengan koefisien transfer.

$$\phi M_n \geq \gamma_f M_1 \dots\dots\dots(3.20.)$$

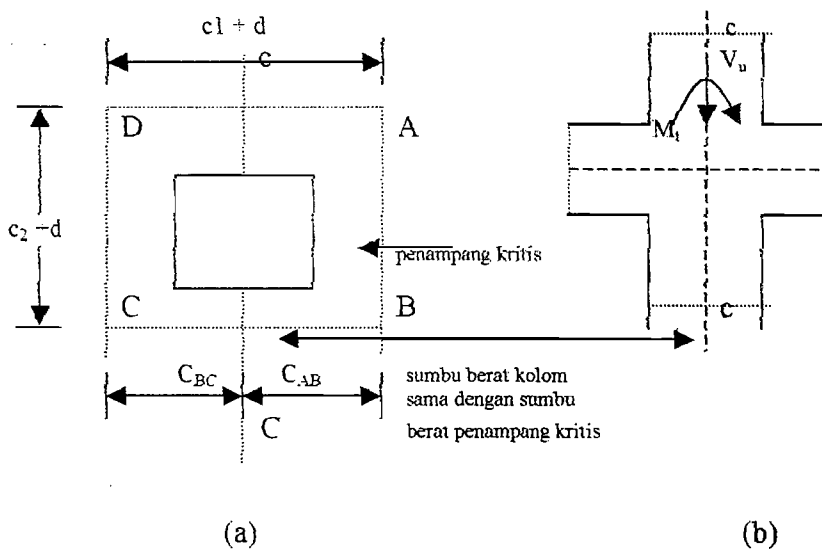
Sisa dari momen yang ditransfer oleh lentur tersebut dianggap sebagai geser eksentris terhadap pusat dari penampang kritis yang jaraknya $d/2$ dari perimeter kolom. Koefisien transfer geser dirumuskan pada persamaan 3.21.

$$\gamma_v = 1 - \gamma_f \dots\dots\dots(3.21.)$$

Faktor geser dan faktor momen tidak seimbang yang ditransfer sebagai geser apabila disuperposisikan akan menghasilkan tegangan geser maksimum yang digunakan untuk perencanaan geser. Selanjutnya masing-masing distribusi tegangan geser di sekitar kolom dapat dilihat pada penjelasan berikut ini.

1. Kolom Interior

Gaya geser rencana V_u dan momen rencana tak seimbang M_u pada Gambar 3.5b dianggap bekerja pada muka kolom dan harus ditransfer ke sumbu berat penampang kritis, yaitu sumbu c-c.



Gambar 3.5 Penampang kritis geser pada kolom interior

Dari Gambar 3.5a dapat dicari luas penampang kritis A_c , jarak dari pusat berat ke sebelah kiri dan kanan penampang kritis penampang terluar c dan momen inersia polar pada kolom interior dapat dicari.

$$A_c = 2(c_1 + c_2 + 2d) d \dots\dots\dots(3.22.)$$

$$J_c = \frac{d(c_1 + d)^3}{6} + \frac{(c_1 + d)d^3}{6} + \frac{d(c_2 + d)(c_1 + d)^2}{2} \dots\dots\dots(3.23.)$$

$$C_{AB} = C_{CD} = 0,5(c_1 + d) \dots\dots\dots(3.24.)$$

Momen tak seimbang dan reaksi vertikal yang diteruskan ke kolom menyebabkan tegangan geser yang besarnya dianggap berubah secara linier

dengan bertambahnya jarak dari pusat ke penampang kritis. Besar tegangan geser yang disuperposisikan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$v_{uAB} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_v M_1 C_{AB}}{J_c} \dots\dots\dots(3.25)$$

$$v_{uCD} = \frac{V_u}{A_c} - \frac{\gamma_v M_1 C_{CD}}{J_c} \dots\dots\dots(3.26)$$

2. Kolom eksternior

Dengan cara yang sama besar tegangan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$v_{uAB} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_v (M_1 - V_u g) C_{AB}}{J_c} \dots\dots\dots(3.27)$$

$$v_{uCD} = \frac{V_u}{A_c} - \frac{\gamma_v (M_1 - V_u g) C_{CD}}{J_c} \dots\dots\dots(3.28.)$$

dengan nilai,

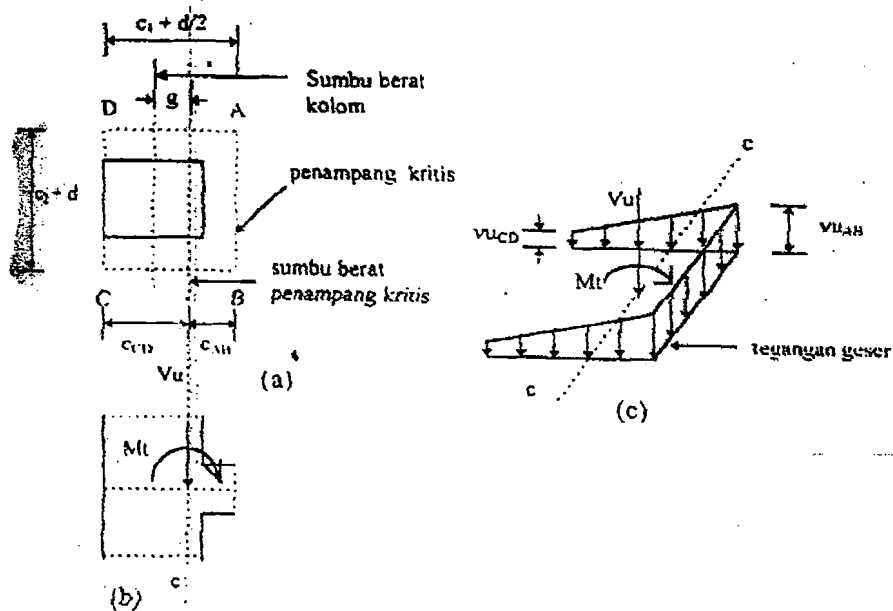
$$A_c = 2(c_1 + c_2 + 2d) d \dots\dots\dots(3.29.)$$

$$C_{AB} = \frac{(c_1 + d/2)^2 d}{A_c} \dots\dots\dots(3.30.)$$

$$C_{CD} = (c_1 + d/2) - C_{AB} \dots\dots\dots(3.31.)$$

$$J_c = \frac{(c_1 + d/2)d^3}{6} + \frac{2d}{3}(C_{AB}^3 + C_{CD}^3) + (c_2 + d)d(C_{AB}^2) \dots\dots\dots(3.32.)$$

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai transfer momn dari pelat ke kolom pada kolom interior dapat kita lihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Distribusi tegangan geser pada kolom eksterior (Nilson, 1993)

3. Kolom sudut

Besarnya tegangan geser yang disuperposisikan dihitung dengan persamaan :

$$v_{uAB} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_v (M_t - V_u g) C_{AB}}{J_c} \dots \dots \dots (3.33.)$$

$$v_{uCD} = \frac{V_u}{A_c} - \frac{\gamma_v (M_t - V_u) C_{CD}}{J_c} \dots \dots \dots (3.34.)$$

dengan nilai,

$$A_c = (c_1 + c_2 + d)d \dots \dots \dots (3.35.)$$

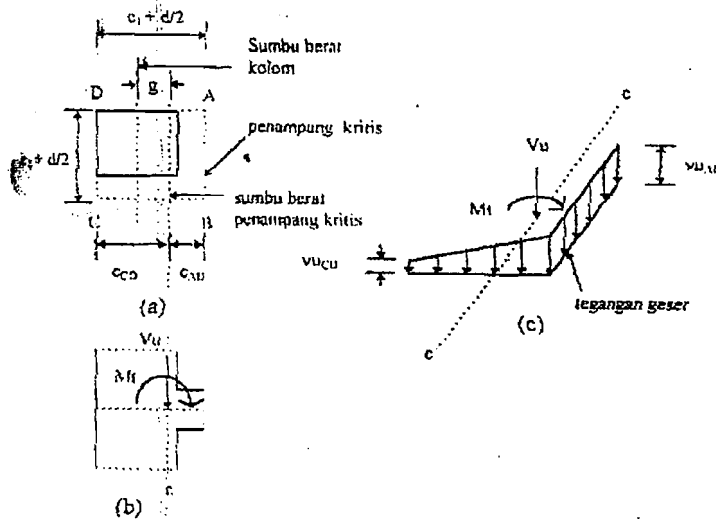
$$C_{AB} = \frac{2(c_1 + d/2)^2 d}{A_c} \dots \dots \dots (3.36.)$$

$$C_{CD} = (c_1 - d/2) - C_{AB} \dots \dots \dots (3.37.)$$

$$g = C_{CD} - c_1/2 \dots \dots \dots (3.38.)$$

$$J_c = \frac{d(c_1 + d/2)^3}{12} + \frac{d^3(c_1 + d/2)}{12} + d(c_1 + d/2) \left[\frac{(c_1 + d/2)}{2} - C_{AB} \right]^2 + d(c_2 - d/2) C_{AB}^2 \dots \dots \dots (3.39.)$$

Untuk lebih jelas mengenai transfer momen untuk kolom sudut ini dapat kita lihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Distribusi tegangan geser pada kolom sudut (Nilson, 1993)

3.6. Analisis Geser

Pada subbab analisa geser ini membicarakan tentang pengaruh geser terhadap struktur *flat plate* beton prategang, disini akan dibagi dalam dua pokok bahasan yaitu kapasitas geser beton dan disain penulangan geser.

3.6.1. Kapasitas Geser Beton

Analisa geser pada *flat plate* dilakukan dengan menganggap bahwa gaya

geser V_u ditahan oleh tahanan geser yang terdistribusi secara seragam disekeliling penampang kritis b_o pada suatu jarak sebesar $d/2$ dari sisi kolom pendukungnya yang sering disebut sebagai daerah punching shear (geser pons).

SK SNI T15 1991 pasal 3.4.12.4 memberikan batasan kapasitas geser yang dapat ditahan oleh kolom beton prategang pada pelat dua arah adalah sebagai berikut:

$$V_c = 0,3\sqrt{f'_c} + 0,3f_{pc} + \frac{V_p}{b_o d} \dots\dots\dots(3.40)$$

Persamaan 3.40 dapat digunakan apabila memenuhi syarat – syarat di bawah ini :

1. tidak ada bagian dari penampang kolom yang jaraknya lebih dekat dari empat kali tebal pelat ke suatu tepi yang tidak menerus,
2. f'_c tidak boleh diambil lebih besar dari 35 Mpa,
3. f_{pc} pada setiap arah tidak boleh kurang dari 0,9 Mpa dan tidak boleh lebih dari 3,5 Mpa.

Bila tegangan geser ijin tidak memenuhi persamaan 3.40 maka tegangan geser ijin dihitung dengan persamaan 3.41.

$$V_c = (1 - 2\beta_c)\sqrt{f'_c}/6 \leq \sqrt{f'_c}/3 \dots\dots\dots(3.23.)$$

3.6.2. Disain Penulangan geser

Tulangan geser digunakan apabila gaya geser yang terjadi melebihi kapasitas geser beton. Tulangan geser tersebut harus dapat memikul kelebihan gaya geser yang tidak ditahan oleh beton. Kapasitas geser penampang beton apabila dipakai tulangan geser tidak boleh melampaui $(\sqrt{f'_c}/6) b_o d$.

SK SNI T15 1991 pasal 3.4.11.4 juga mensyaratkan profil baja untuk shearhead yang digunakan tidak boleh lebih besar dari 70 kali tebal badan profil baja dan semua flens tekan dari profil baja yang digunakan harus ditempatkan dalam jarak $0,3d$ dari bagian permukaan pelat yang tertekan. Besar gaya geser pada seluruh panjang dari lengan shearhead adalah konstan dan bagian dari gaya geser total yang ditahan oleh lengan *shearhead* berbanding lurus dengan α_v , yang merupakan perbandingan antara kekakuan lentur relatif dengan penampang beton yang ada disekitarnya.

Besar nilai α_v dihitung dengan persamaan berikut :

$$\alpha_v = \frac{E_s I_s}{E_c I_c} \dots\dots\dots(3.44)$$

Penampang beton yang dipakai mempunyai lebar efektif c_2+d_2 dengan c_2 merupakan lebar kolom yang diukur tegak lurus terhadap arah lengan. *Shearhead* yang fleksibel ternyata tidak efektif sehingga SK SNI T15 1991 mensyaratkan harga kekakuan relatif lengan *shearhead* paling sedikit 0,15.

Shearhead dipasang pada kepala kolom dan dicor pada pelat beton, sehingga antara shearhead dan pelat memebentuk penampang komposit yang akan bekerja sama di dalam menahan geser. *Shearhead* mempunyai pengaruh yang dapat memindahkan letak penampang kritis hingga berada diluar kolom, sehingga akan diperoleh keuntungan ganda yang juga merupakan tujuan dari perencanaan geser pelat yaitu bertambahnya besar keliling efektif b_o dan berkurangnya gaya geser total.

Penampang kritis geser *flat plate* tegak lurus terhadap bidang pelat dan memotong setiap lengan *shearhead* sejauh $(3/4)[l_v - (c_1/2)]$ diukur dari muka kolom ke ujung lengan *shearhead*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.8.

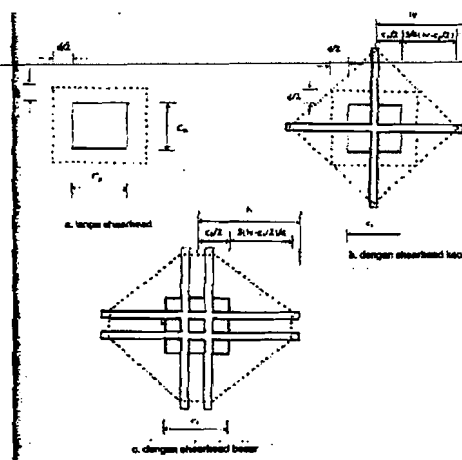
Besar keliling penampang kritis dapat dicari dengan menyamakan V_u dengan kuat geser maksimal pada penampang kritis. Sebagai contoh pada penampang kritis pada gambar 3.8b dengan menggabungkan kedua persamaan itu maka besar keliling penampang kritis dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$V_u = \phi(\sqrt{f'_c}/3)b_o d \dots\dots\dots(3.45.)$$

$$b_o = \frac{3V_u}{d\sqrt{f'_c}} \dots\dots\dots(3.46.)$$

Panjang profil baja yang dibutuhkan untuk menahan gaya geser (l_v) dapat dihitung dari tinjauan gambar 3.8b. Dengan menggunakan torema segitiga siku-siku maka l_v dapat dicari dengan persamaan :

$$\{3/4(l_v - c_1/2) + c_1/2\}\sqrt{2} = b_o/4 \dots\dots\dots(3.47.)$$



Gambar 3.8 Penampang kritis geser flat plate dengan shearhead (Nilson, 1993)

Kuat momen plastis perlu untuk setiap lengan profil penahan geser dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$M_p = \frac{V_u}{\phi 2\eta} [h_v + \alpha_v (L_v - c_1 / 2)] \dots \dots \dots (3.48)$$

Shearhead tersebut dapat mengurangi momen jalur kolom karena lebar perletakan efektif bertambah besar. Besar pengurangan momen berbanding lurus dengan ukuran dan bagian beban yang ditahan oleh *shearhead*. Besar momen secara konservatif dapat diperkirakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$M_v = \frac{\phi \alpha_v V_u (l_v - c_1 / 2)}{2\eta} \dots \dots \dots (3.31.)$$

SK SNI T15 1991 memberikan batasan untuk pengurangan momen tersebut tidak boleh lebih besar dengan nilai terkecil dari :

1. 30% dari momen terfaktor total yang perlu untuk setiap jalur kolom pelat,
2. perubahan dalam momen jalur kolom sepanjang l_v ,
3. kuat momen plastis perlu (M_p).

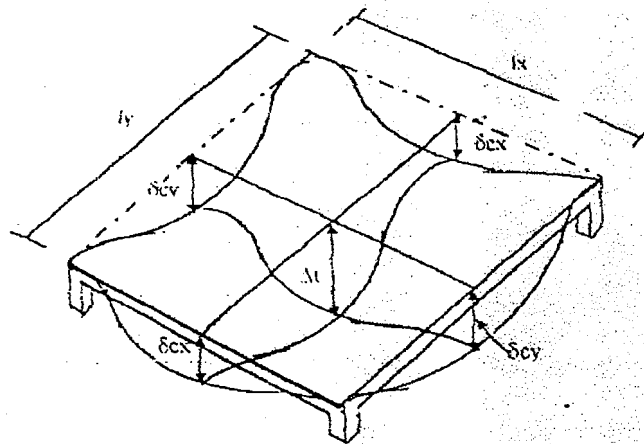
Kuat geser disain terfaktor tidak boleh melampaui kuat geser nominal yang disediakan oleh penampang beton dan tulangan geser.

$$V_u \leq \phi V_n \dots \dots \dots (3.32)$$

SK SNI T15 1991 pasal 3.4.11 memberikan batasan untuk tulangan geser biasa, kuat geser nominal tidak boleh diambil lebih besar dari $(0,5\sqrt{f_c})b_o d$, sedangkan untuk profil kepala geser (*shearhead*) adalah $(0,6\sqrt{f_c})b_o d$.

3.7. Analisis Lendutan

Lendutan pada *flat plate* terjadi pada dua arah, dan lendutan maksimum terletak pada tengah bentang dari jalur kolom dalam satu arah ditambah lendutan tengah bentang dari jalur tengah dalam arah lainnya.



Gambar 3.9 Analisa lendutan pada *flat plate* (Nawy, 1996)

Menurut Nawy (1996) lendutan dalam arah x dan y pada bentang *flat plate* dapat diperhitungkan dengan menjumlahkan komponen lendutan berikut :

1. Perletakan diasumsikan terjepit sepenuhnya, sehingga lendutan

dirumuskan :

$$\delta' = \frac{Wl^4}{384E_c I_{frame}} \dots \dots \dots (3.51.)$$

Untuk jalur kolom :

$$\delta_c = \delta' \frac{M_{colstrip}}{M_{frame}} \frac{E_c I_{cs}}{E_c I_c} \dots \dots \dots (3.52.)$$

Untuk jalur tengah :

$$\delta_s = \delta \frac{M_{slabstribe} E_c I_{cs}}{M_{frame} E_c I_s} \dots \dots \dots (3.53.)$$

2. Lendutan ditengah bentang, $\delta''\theta L = \theta L/8$, dengan memperhitungkan rotasi ujung kiri sedang ujung kanannya terjepit sempurna, θL (bagian kiri) sama dengan M_{net}/K_{ec} kekakuan dari kolom yang ekivalen,

3. Lendutan ditengah bentang, $\delta''\theta R = \theta R/8$, akibat rotasi ujung kana sedangkan ujung kirinya terjepit sempurna, dengan θR sama dengan M_{net}/K_{ec} sehingga :

$$\delta_{cx} \text{ atau } \delta_{cy} = \delta_c + \delta''\theta L + \delta''\theta R \dots \dots \dots (3.54.)$$

$$\delta_{sx} \text{ atau } \delta_{sy} = \delta_s + \delta''\theta L + \delta''\theta R \dots \dots \dots (3.55.)$$

Dari persamaan 3.54 dan 3.55 diperoleh total lendutan :

$$\Delta_t = \delta_{sx} - \delta_{cy} = \delta_{sy} + \delta_{cx} \dots \dots \dots (3.56)$$

4. Untuk lendutan pada dua arah, dijumlahkan lendutan yang terjadi pada kedua arah x dan y,

$$\Delta_t = \frac{(\Delta_x + \Delta_y)}{2} \dots \dots \dots (3.57)$$

5. Lendutan total untuk jangka panjang harus memperhitungkan beban yang akan bekerja tetap W_{sust} ,

$$W_{sust} = (W_{unb} - WL) + 0,65 WL \dots \dots \dots (3.58.)$$

$$\delta_{long-t} = \frac{W_{sust}}{W_{unb}} \times \Delta_t \times FaktorCreep \dots \dots \dots (3.59.)$$

6. Total defleksi tengah panel arah x dan y setelah memperhitungkan pengaruh waktu,

$$\Delta_{tot} = \Delta t + \delta_{long-t} \dots \dots \dots (3.60.)$$

Lendutan yang terjadi tidak boleh melampaui batas lendutan maksimum yang telah ditetapkan oleh SK SNI T15 1991 pasal 3.2.5.3 seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Lendutan Maksimum (SKSNI, 1991)

TIPE KOMPONEN STRUKTUR	LENDUTAN YANG DIPERHITUNGAN	BATAS LENDUTAN
Atap datar tidak menahan atau berhubungan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar	Lendutan akibat beban hidup, L	$\frac{1}{180}$
Lantai tidak menahan atau berhubungan dengan komponen nonstruktural yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar	Lendutan akibat beban hidup, L	$\frac{1}{360}$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau berhubungan dengan komponen nonstruktural yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar.	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang akibat semua beban yang bekerja dan lendutan seketika yang terjadi akibat penambahan sembarang beban hidup)	$\frac{1}{480}$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau berhubungan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak rusak akibat lendutan yang besar.		$\frac{1}{240}$

3.8. Perhitungan *End Block*

Dalam merencanakan luas pelat angkur, ACI memberikan batasan tegangan beton yang tidak boleh dilampaui, yaitu sebagai berikut :



1. segera setelah pengangkuran,

$$f_b = 0,8 f'_c \sqrt{A_2/A_1} - 0,2 \leq 1,25 f'_c \dots\dots\dots(3.61)$$

2. setelah kehilangan prategangan,

$$f_b = 0,6 f'_c \sqrt{A_2/A_1} \leq f'_c \dots\dots\dots(3.62.)$$

Perbandingan luas pelat ekuivalen A_2 dengan A_1 diambil maksimal 2,7 ,dikarenakan pada perbandingan tersebut penyaluran tegangan dari pelat A_1 ke A_2 masih efektif.

Besar tegangan ujung yang akan diantisipasi oleh *end block* dirumuskan :

$$T = \frac{M_{\max}}{h - x} \dots\dots\dots(3.45)$$

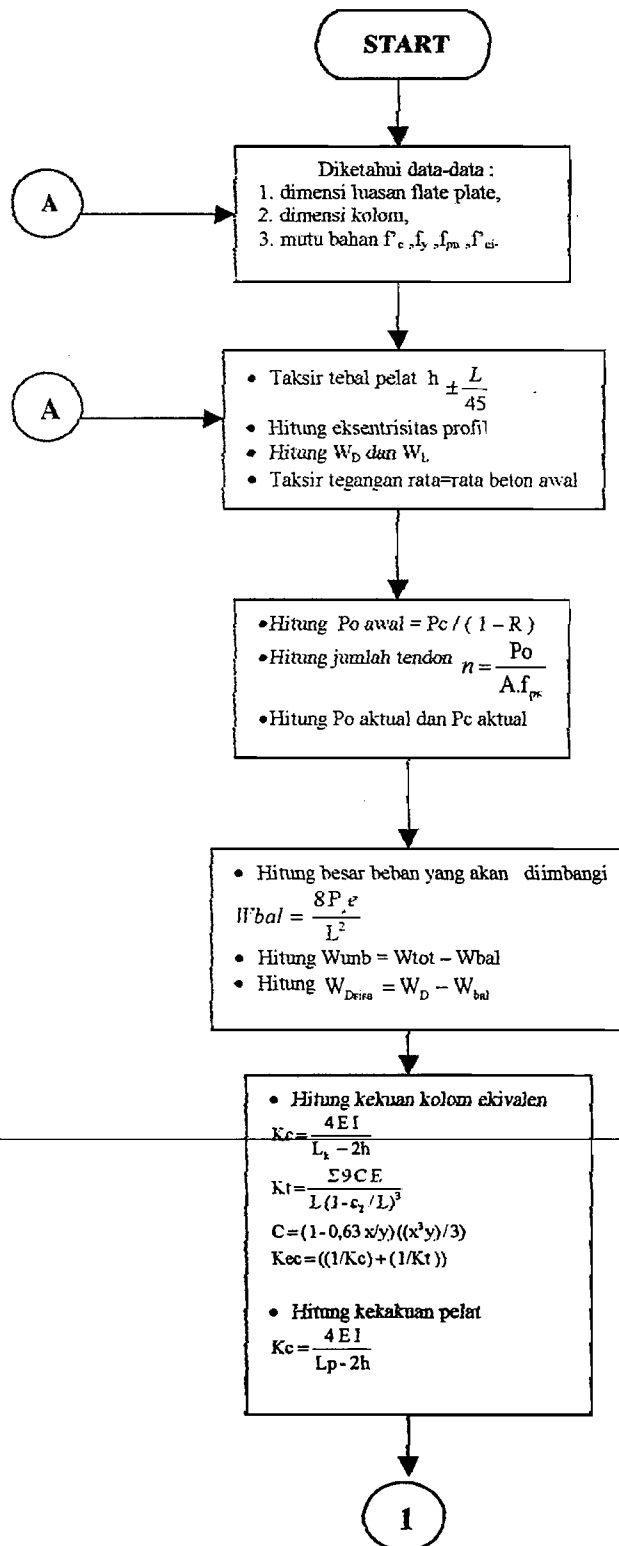
Kebutuhan tulangan sengkang ujung :

$$A_s = \frac{T}{f_y} \dots\dots\dots(3.46.)$$

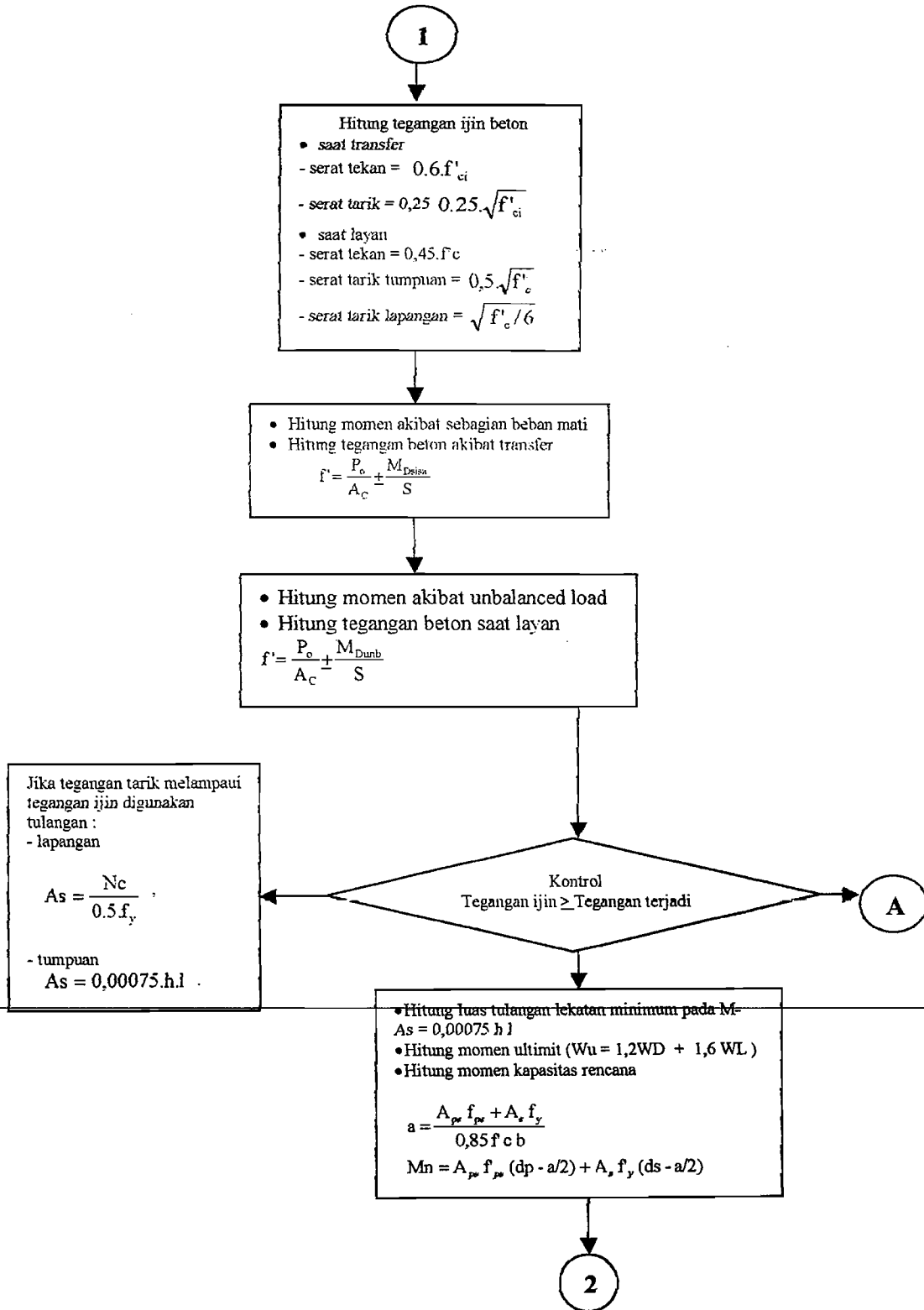
Untuk beton pasca tarik, sengkang tersebut harus didistribusikan pada jarak $h/2$ dari ujung permukaan.

3.9.Flow Chart Disain *Flate Plate* Beton Prategang

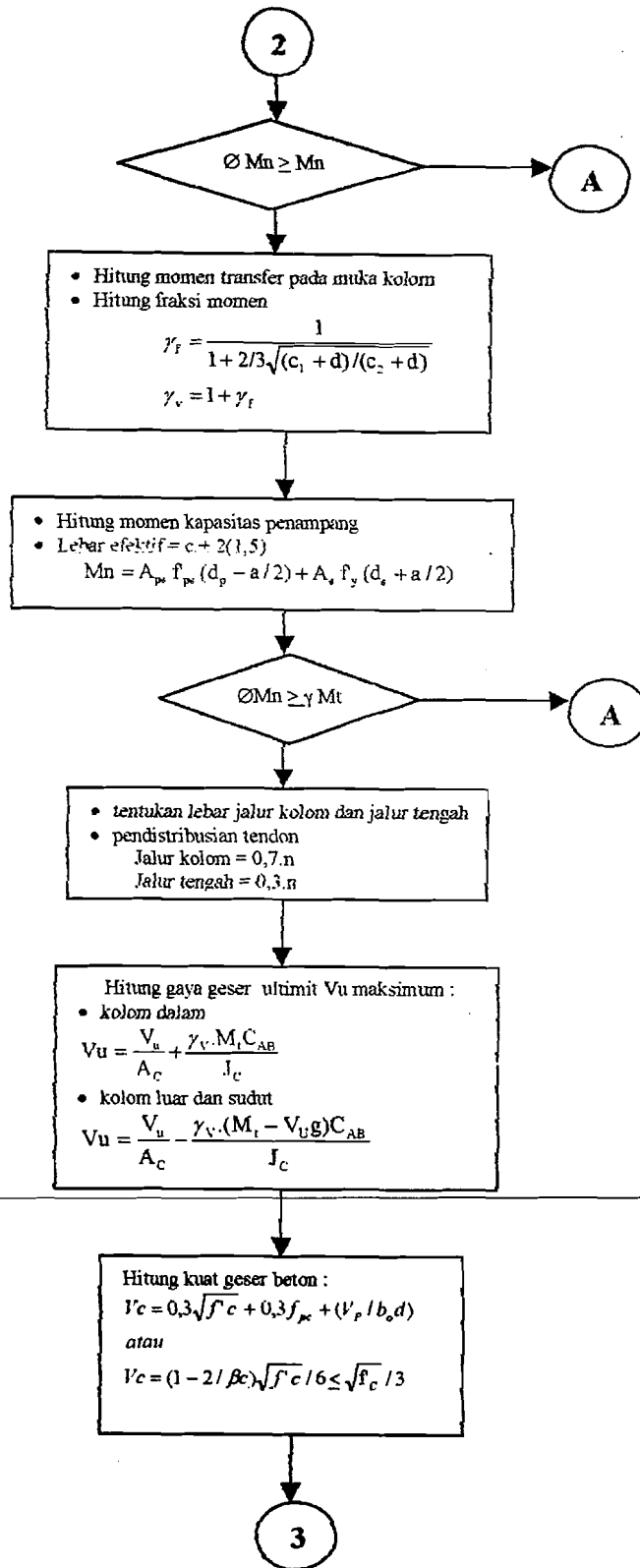
Untuk mengetahui langkah-langkah pendimensian *flate plate* beton prategang seperti yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya akan digambarkan dalam bentuk flow chart seperti pada Gambar 3.10.



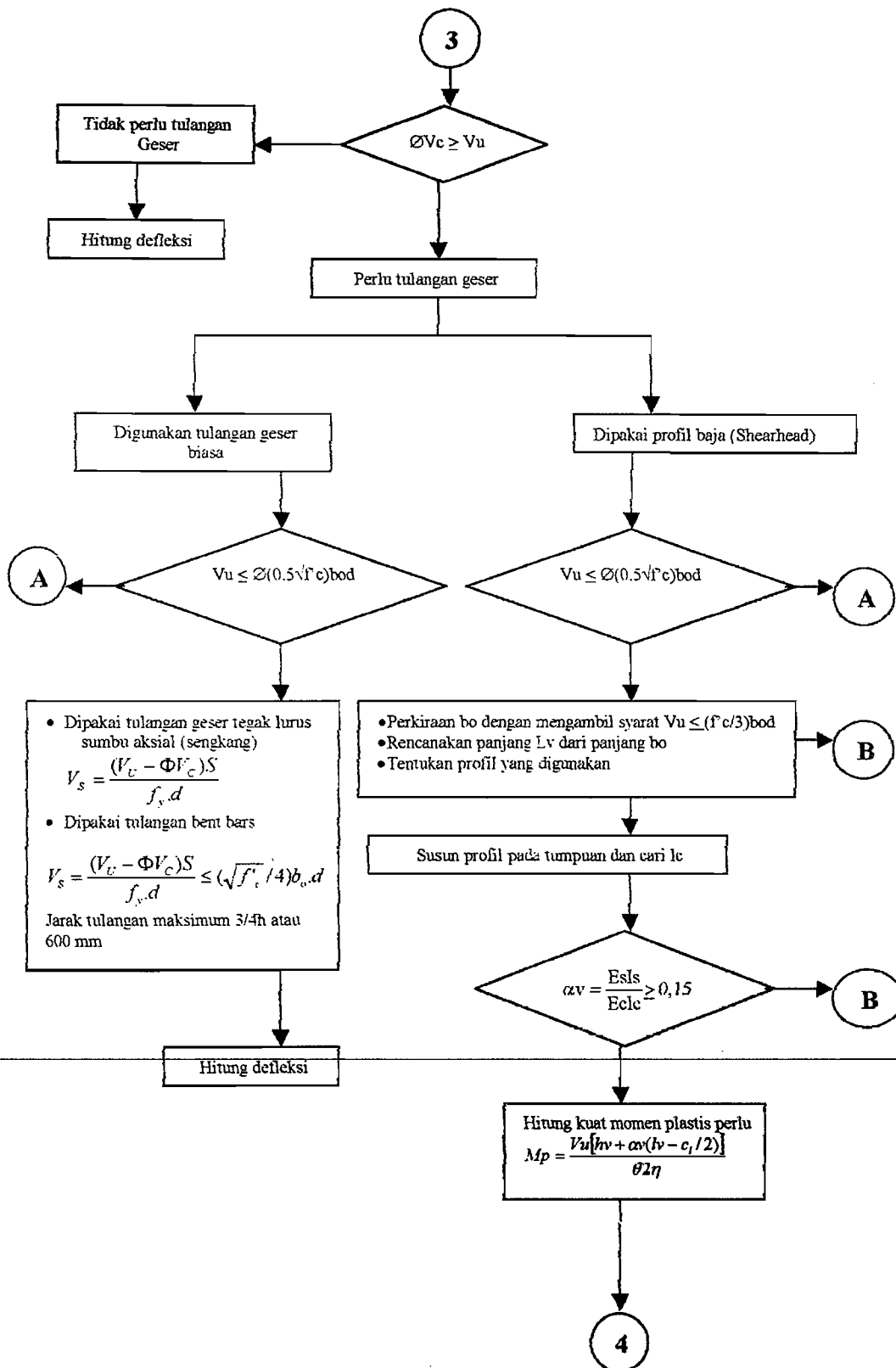
Gambar 3.10 Flow chart desain *flata plate* beton prategang



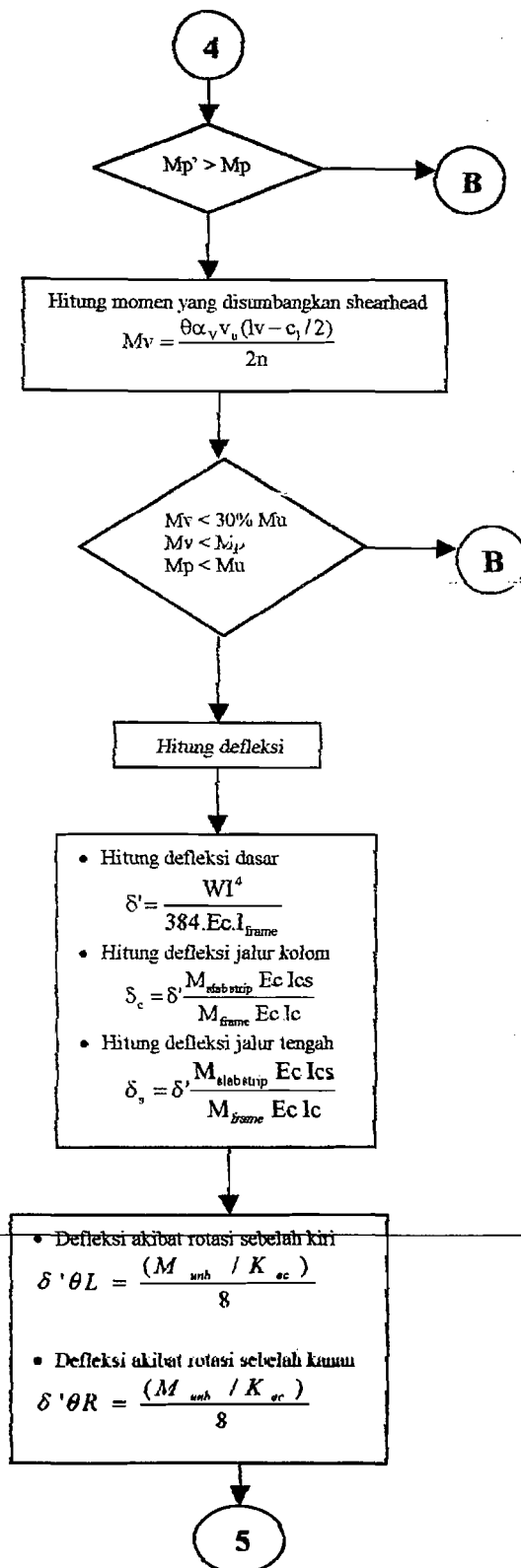
Gambar 3.10 Lanjutan flow chart desain *flate plate* beton prategang



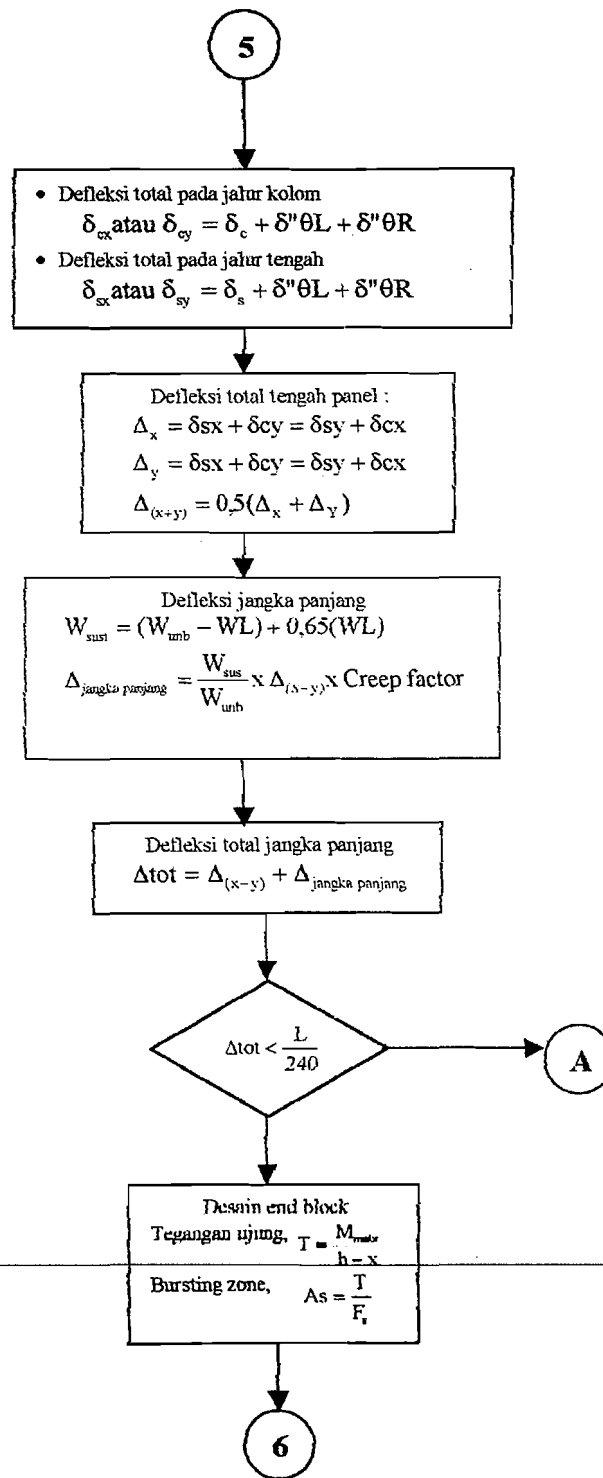
Gambar 3.10 Lanjutan flow chart desain *flate plate* beton pretegang



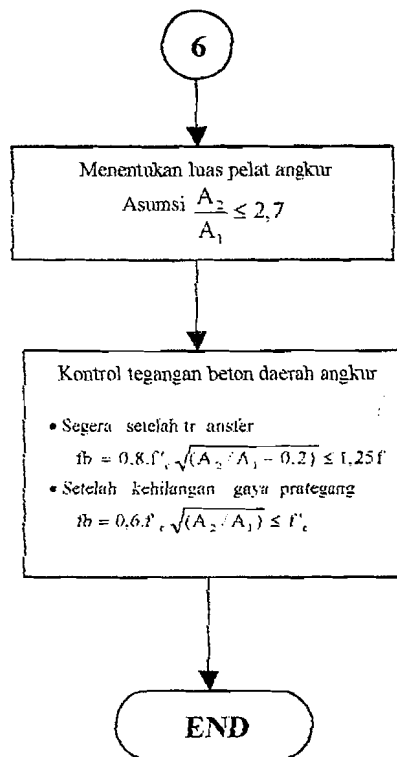
Gambar 3.10 Lanjutan flow chart desain *flate plate* beton prategang



Gambar 3.10 Lanjutan flow chart desain *flat plate* beton prategang



Gambar 3.10 Lanjutan flow chart desain *flate plate* beton prategang



Gambar 3.10 Lanjutan flow chart desain *flate plate* beton prategang

BAB IV

PENERAPAN DAN PERHITUNGAN

Setelah dijelaskan hal-hal mengenai *flate plate* beton prategang pada bab-bab sebelumnya maka pada Bab IV ini akan memberikan penerapan dengan menggunakan bahasa program *visual basic* beserta contoh perhitungan secara manual. Pada Bab IV ini akan dibagi menjadi tiga subbab yaitu algoritma program, perencanaan tampilan, contoh perhitungan, dan diakhiri dengan sistematika penulisan.

4.1 Algoritma Program

Dalam pembuatan sebuah program, langkah pertama adalah menentukan algoritma sebuah program yaitu daftar urutan langkah pemrograman, agar program tersebut lebih mudah dibangun dan dikembangkan.

Untuk pemrograman Visual dengan *Visual Basic 6*, secara umum dapat diringkas menjadi tiga langkah pemrograman.

1. Membuat tampilan program dengan komponen *visual basic*.
2. Mengatur karakteristik, atau properti, elemen-elemen yang diperlukan dalam membentuk tampilan program.
3. Menulis kode program untuk satu atau beberapa komponen visual sesuai dengan keutuhan.

Penerapan tiga langkah diatas pada program yang akan dibuat akan dijelaskan secara rinci sebagai berikut dibawah ini.

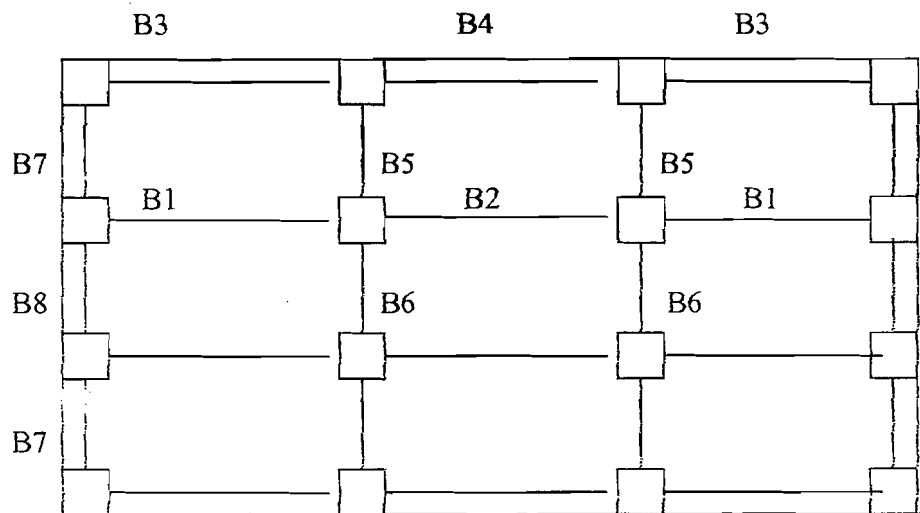
Program bernama *FLATEP2001*. dengan tujuan membuat program yang mampu menganalisa flate plate beton prategang yang direncanakan tersebut aman atau tidak terhadap gaya-gaya yang terjadi.

Program ini merupakan sebuah program yang secara khusus hanya menghitung dan menganalisa suatu desain flate plate prategang, sedangkan input berupa gaya-gaya yang terjadi dan momen pada pelat tersebut didapatkan dari program perhitungan analisa struktur yang sudah ada yaitu SAP90.

Program merupakan sebuah program MDI (*Multi Document Interface*), yaitu program yang terdiri dai beberapa sub program. Pada program FLATEP ini semua subprogram dibuat terurutkan dari Input awal sampai dengan output terakhir yaitu perhitungan *endblock* .

Program ini didesain untuk dapat menganalisis 4 bentang sekaligus dalam suatu perencanaan pelat ,yaitu arah melintang ada bentang tengah dan bentang pinggir ,pada arah memanjang terdapat pula bentang tengah dan pinggir ,sehingga diharapkan pada akan dapat menghasilkan analisa yang akurat .

Adapun empat bentang yang dimaksud dapat dijelaskan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Gambar bentang *flate plate*

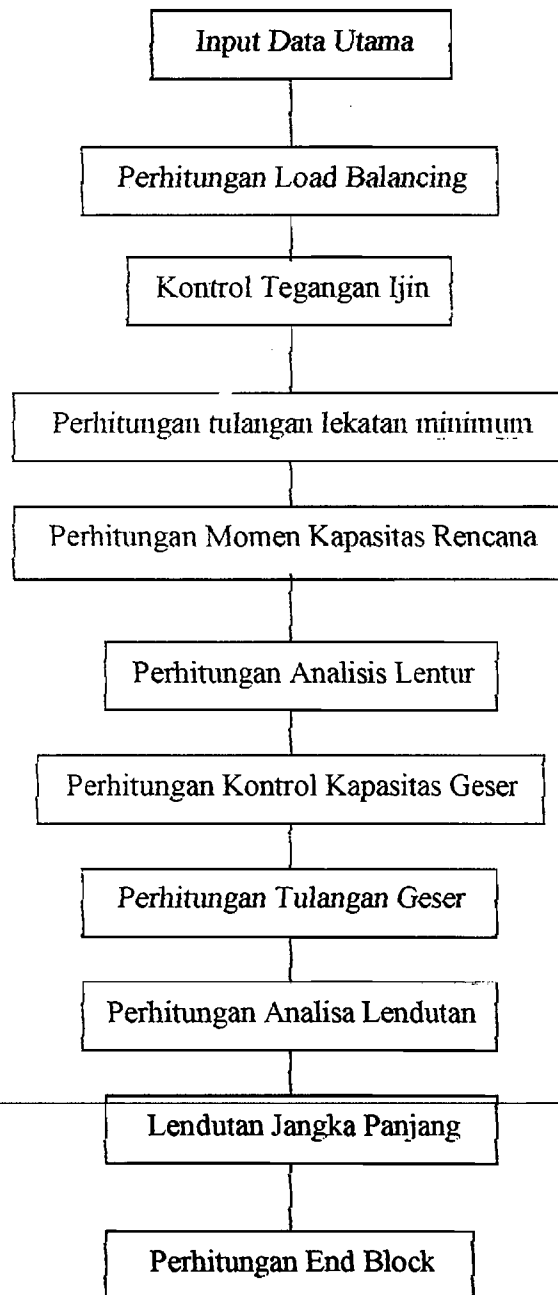
Bentang B1 – B2 – B1 merupakan bentang tengah arah memanjang

Bentang B3 – B4 – B3 merupakan bentang pinggir arah memanjang

Bentang B5 – B6 – B5 merupakan bentang tengah arah melintang

Bentang B7 – B8 – B7 merupakan bentang pinggir arah melintang

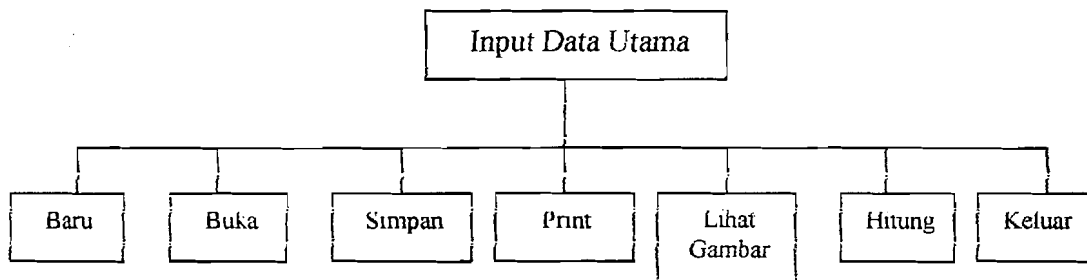
Urutan dari program tersebut dapat dilihat dari Gambar 4.2 berikut ini.



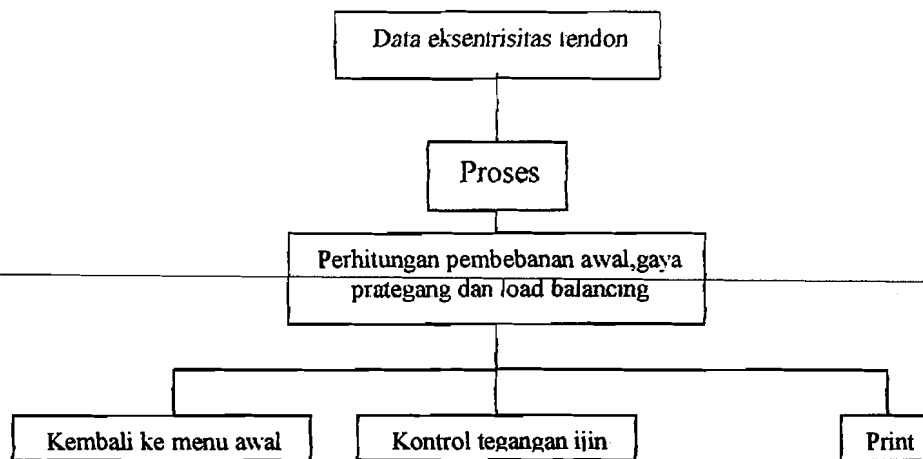
Gambar 4.2 Urutan Program *FLATEP*

Pada menu awal, yaitu menu *Input Data Utama* terdapat beberapa buah submenu, yaitu menu *New* untuk mengedit data baru, menu *Open* untuk membuka

data yang telah disimpan sebelumnya, menu *Save* untuk menyimpan data yang telah dimasukkan, menu *Print* untuk mencetak data ke printer, menu gambar untuk melihat keterangan gambar penampang pelat, menu hitung untuk melanjutkan ke proses selanjutnya. Untuk lebih jelasnya mengenai menu ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Menu Input data Utama

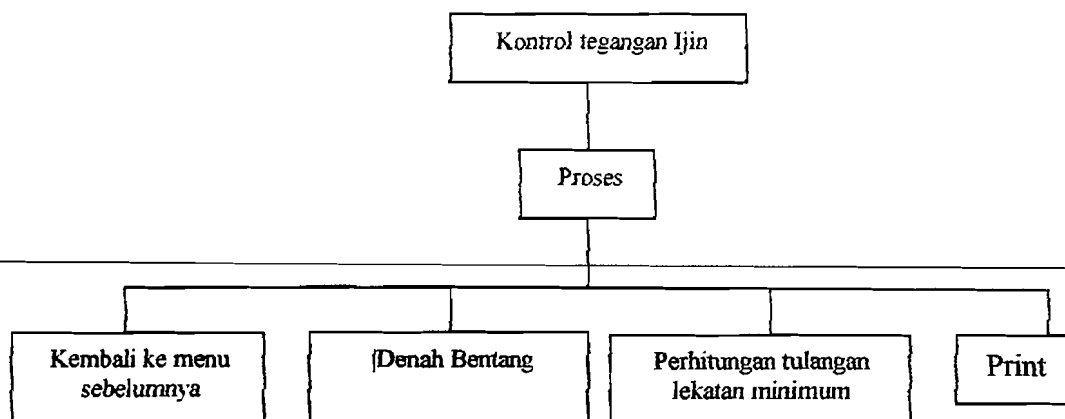


Gambar 4.4 Menu Output Pertama

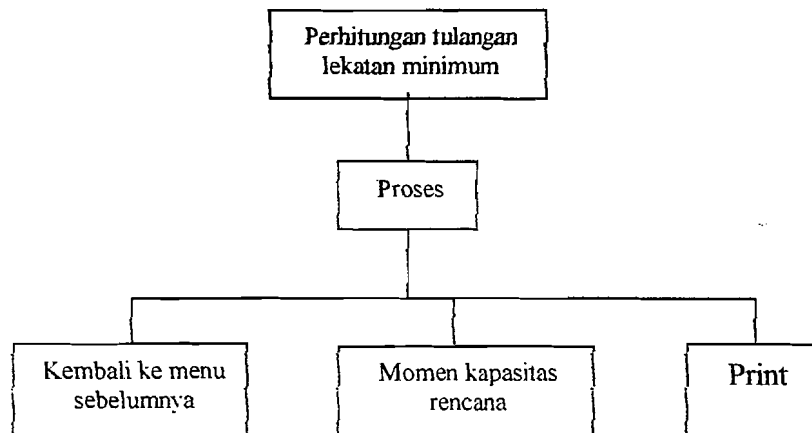
Ketika tombol Hitung ditekan , akan segera memanggil subprogram berikutnya yaitu subprogram perhitungan Load Balancing. Pada submenu kedua

ini, jika tombol proses ditekan akan segera dihitung pembebanan yang bekerja, gaya prategang aktual dan perhitungan perimbangan beban (load balancing). Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali ke menu awal, menu kontrol tegangan ijin untuk menuju ke menu kontrol tegangan ijin dan menu print untuk mencetak hasil ke printer. Untuk lebih jelasnya mengenai proses ini bisa dilihat kembali pada Gambar 4.4.

Pada submenu ketiga jika tombol proses ditekan akan segera dihitung tegangan-tegangan yang bekerja pada saat transfer maupun saat layan di daerah tumpuan maupun lapangan. Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali ke menu awal, menu kontrol tegangan ijin untuk menuju ke menu kontrol tegangan ijin dan menu print untuk mencetak hasil ke printer. Submenu ketiga ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.

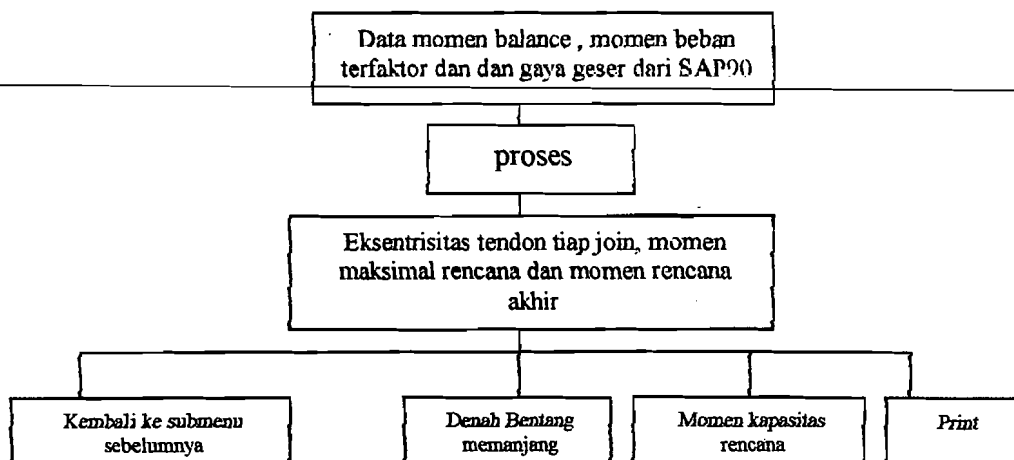


Gambar 4.5 Menu Kontrol Tegangan Ijin



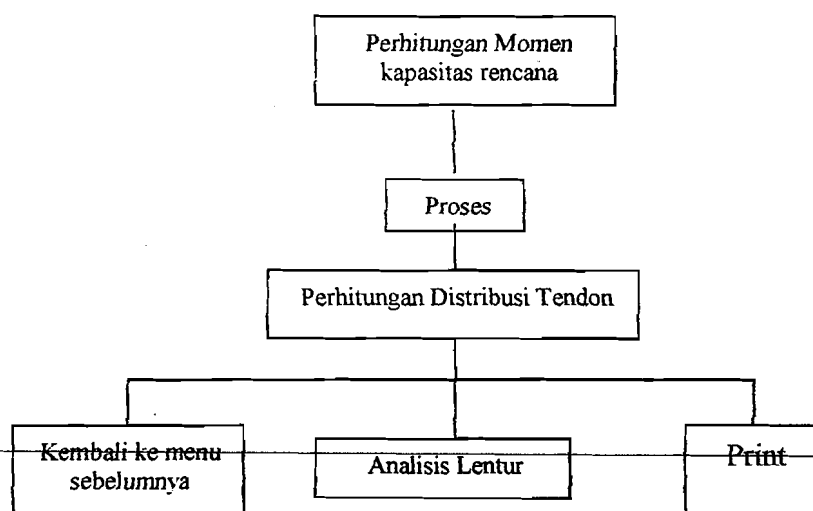
Gambar 4.6 Submenu tulangan lekatan minimum.

Pada submenu keempat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6, jika tombol proses ditekan akan segera dihitung jumlah tulangan dan jarak tulangan lekatan minimum, sehingga dapat kita tentukan jumlah tulangan yang akan dipakai. Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali ke menu awal, menu momen kapasitas rencana untuk menuju ke menu momen kapasitas rencana dan menu print untuk mencetak hasil ke printer.



Gambar 4.7 Submenu momen rencana akhir.

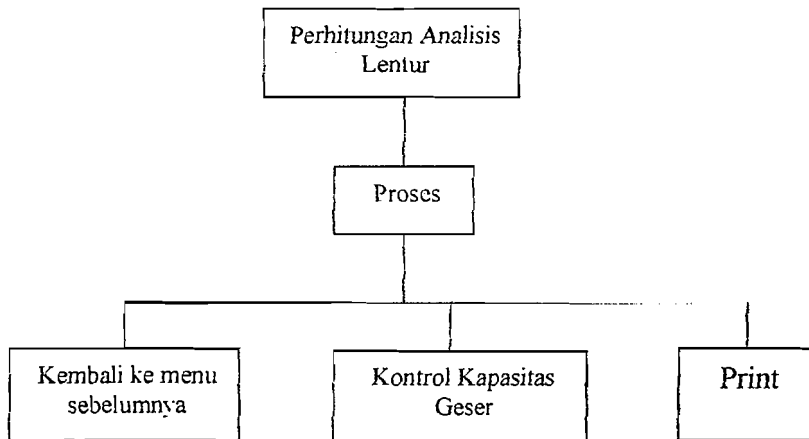
Submenu kelima seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 4.7 yaitu perhitungan momen rencana akhir perbentang. Program *FLATEP 2001* ini merupakan *post processing manual* maka sebelumnya dimasukkan data momen balance, momen beban terfaktor dan gaya geser akibat beban terfaktor dari perhitungan SAP90. Jika tombol proses ditekan maka akan dihasilkan data eksentrisitas, momen maksimal rencana kolom dan momen rencana akhir, kemudian menu kembali ke menu sebelumnya untuk kembali ke menu sebelumnya. Menu momen kapasitas rencana untuk menuju ke submenu momen kapasitas rencana dan submenu print untuk mencetak hasil di printer.



Gambar 4.8 Submenu perhitungan momen kapasitas rencana.

Submenu keenam seperti pada Gambar 4.8 diatas yaitu perhitungan momen kapasitas rencana yang akan menganalisis momen kapasitas rencana tumpuan, momen tengah bentang dan input yang diperlukan untuk perhitungan distribusi tendon. Setelah ditekan tombol proses didapatkan output jarak dan

jumlah tendon, kemudian submenu kembali ke menu sebelumnya. Sedangkan pada submenu analisis Lentur untuk menuju ke submenu analisis lentur dan submenu print untuk mencetak hasil di printer.

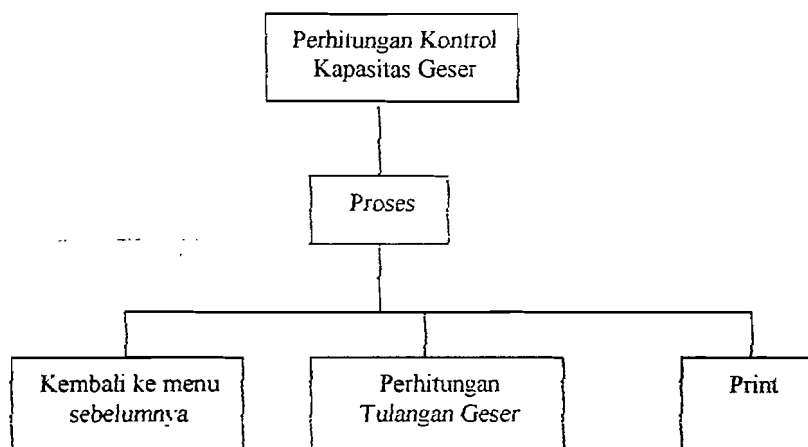


Gambar 4.9 Submenu Perhitungan analisis lentur.

Pada submenu ketujuh seperti Gambar 4.9 ini, jika tombol proses ditekan akan segera dihitung lenturan yang terjadi pada daerah tumpuan dalam maupun tumpuan luar dan kesimpulan apakah daerah-daerah tersebut aman terhadap lentur atau tidak. Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali kemenu awal, menu kontrol kapasitas geser menuju ke menu kontrol kapasitas geser dan menu print untuk mencetak hasil ke printer.

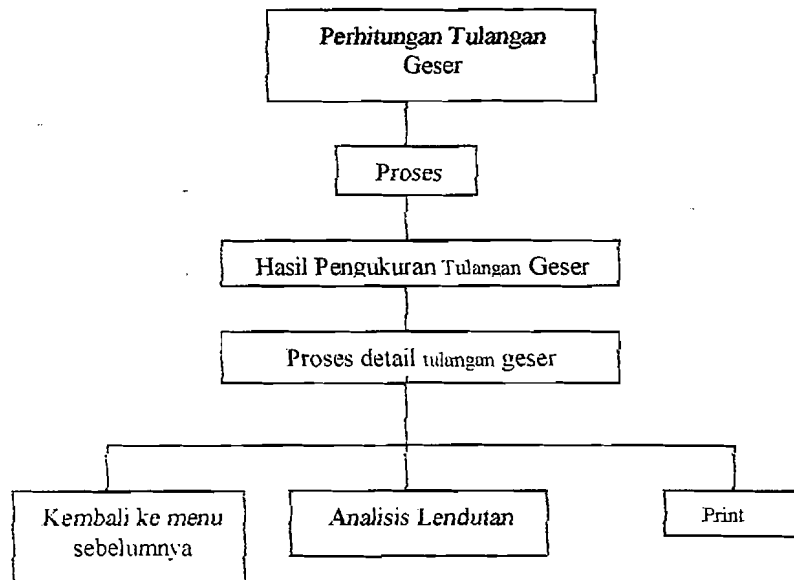
Pada submenu seperti yang dapat dilihat Gambar 4.10, jika tombol proses ditekan akan segera dihitung gaya-gaya geser ultimit yang terjadi pada kolom pinggir dan kolom tengah. Selain itu juga untuk mengetahui apakah pada kolom-kolom tersebut membutuhkan tulangan geser atau tidak. Kemudian di bawahnya

ada menu kembali yaitu untuk kembali kemenu awal, menu perhitungan tulangan geser untuk menuju ke menu perhitungan tulangan geser dan menu print untuk mencetak hasil ke printer

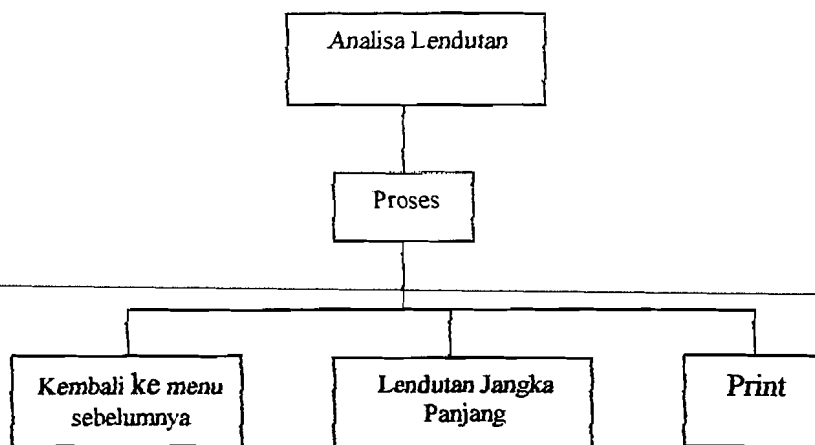


Gambar 4.10 submenu kontrol kapasitas geser

Submenu kedelapan yaitu perhitungan tulangan geser. Jika tombol proses pertama ditekan akan menghasilkan output yang menginformasikan apakah tulangan geser tersebut dapat dipakai. Kemudian setelah ditekan tombol proses yang kedua didapatkan detail dari tulangan geser tersebut. Submenu kembali ke menu sebelumnya untuk kembali ke menu sebelumnya, submenu analisis Lendutan untuk menuju ke submenu analisis lendutan dan submenu print untuk mencetak hasil di printer. Untuk lebih jelasnya tentang submenu ini dapat dilihat pada Gambar 4.11.



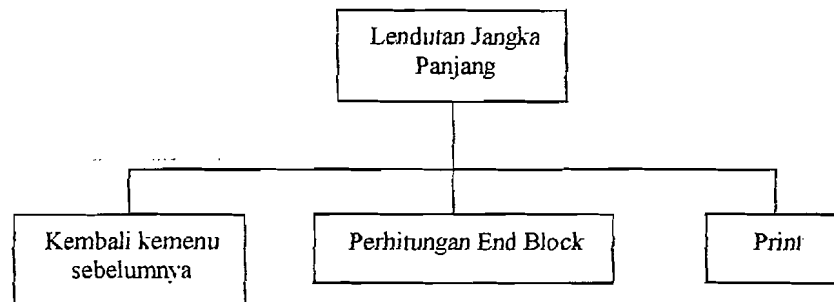
Gambar 4.11 Submenu perhitungan tulangan geser



Gambar 4.12 Submenu Analisa Lendutan .

Submenu pada Gambar 4.12 ini, jika tombol proses ditekan akan segera dihitung lendutan yang terjadi pada portal arah melintang maupun arah

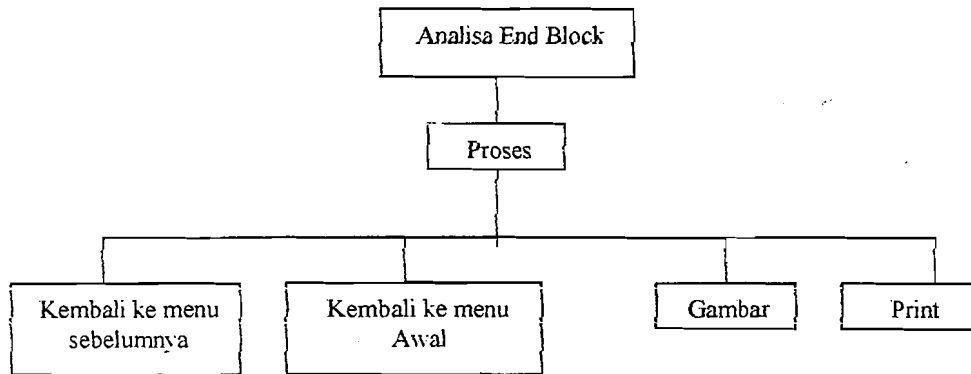
memanjang serta menghitung total defleksi yang terjadi. Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali kemenu awal, menu lendutan jangka panjang menuju ke menu lendutan jangka panjang dan menu print untuk mencetak hasil ke printer.



Gambar 4.13 Submenu Lendutan jangka Panjang.

Submenu kesepuluh pada Gambar 4.13, merupakan submenu output lanjutan dari submenu sebelumnya yang menganalisis lendutan jangka panjang pada portal arah melintang dan memanjang. Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali kemenu awal, menu perhitungan *end block* menuju ke menu perhitungan *end block* dan menu print untuk mencetak hasil ke printer.

Pada submenu kesebelas jika tombol proses ditekan maka program akan mendesain daerah ujung (*end block*) dan pelat angkur. Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali kemenu sebelumnya, menu kembali ke menu awal untuk menuju ke menu input data utama, menu gambar untuk melihat gambar desain bentang ujung dan menu print untuk mencetak hasil ke printer. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 4.14



Gambar 4.14 Submenu *Analisa End Block* .

4.2 Perencanaan Tampilan

Setelah algoritma program selesai direncanakan, langkah berikutnya adalah merencanakan tampilan program. Perencanaan ini dilakukan pada lingkungan pemrograman visual basic ketika modus desain sebuah form diaktifkan, selanjutnya diletakkan beberapa program. Program *FLATE PLATE* ini merupakan aplikasi MDI (*"Multi Document Interface"*) karena melibatkan "form" lebih dari satu. Form yang pertama adalah untuk menu input utama, setelah ditambah beberapa komponen visual, akan terlihat seperti Gambar 4.15 ini.

INPUT FLATE PLATE 2001	
File Pertolongan	
Dimensi Pelat	
Panjang bentang dalam mm	8000
Lebar bentang dalam mm	6000
Tinggi penampang dalam cm	180
Seismul beton dlm cm	20
Material Properti	
f_c dlm MPa	35
f_y dlm MPa	240
Modulus Elastisitas Beton, KN/m	27805
Mutu Beton (f_c) dalam MPa	24
Dimensi Kolom	
arah x dalam cm	500
arah y dalam cm	500
Enggmer = Ardian dan Wukirsari	
Project name = TA 1	
Tegangan rata-rata asumsi dlm MPa	
Bentang B1-B2	0,9
Bentang B3-B4	0,9
Bentang B5-B6	0,9
Bentang B7-B8	0,9
Lihat tabel jenis tendon	
diameter tendon	12,7
Aps tendon dlm mm	98,7
f_{pu} dalam MPa	1863
Data Pembebanan	
beban mati dalam KN/m	5,52
Beban hidup dalam KN/m	2,5
Lihat Gambar	Proses Selanjutnya
3:52	27/06/01 Universitas Islam Indonesia 2001

Gambar 4.15 Form Menu Input Utama

Form yang kedua digunakan untuk menghitung gaya-gaya yang terjadi dengan metode load balancing, akan didapatkan data pembebanan pada bentang dalam maupun luar, mendapatkan nilai kekakuan dasar kolom, kekakuan torsi dari pelat dalam garis kolom, kekakuan slab dan kontrol tegangan beton. Proses penghitungan tersebut dapat dilakukan dengan memasukan input yaitu berupa besarnya eksentrisitas tendon. Form kedua ini ditunjukkan pada Gambar 4.16 dibawah ini.

Gaya Prategang Aktual	
e bentang luar dalam m.	0,08359
e bentang dalam dm m.	0,1146
Proses	
jumlah tendon	9
Po aktual	173,7648045
Pe aktual	154,457604
Tegangan rata-rata aktual fpc	0,8580978
Metode Load Balancing	
W total	8,02
Pada bentang luar	
W bal	1,613888889
W unb	6,406111110
W D sisa	3,906111110
Pada bentang dalam	
W bal	2,212605177
W unb	5,807394822
W D sisa	3,307394822
Inersia kolom	520833333
Kc	15782828,2
Konstanta torsional	751550400
Kt	2459619,49
kekakuan kolom ekuivalen	2127930,30
Inersia Slab	291600000
Kekakuan Slab	1505032,25
Saat Transfer	
Serat tekan	15,75
Serat tarik	1,28086884
Saat layan	
Serat tekan	15,75
Serat tarik (M-)	2,95803989
Serat tarik (M+)	0,98601329

Gambar 4.16 Form Proses Perhitungan Perimbangan Beban

Form yang ketiga yaitu untuk menganalisa kontrol tegangan ijin, yaitu tegangan beton pada saat transfer dan pada saat layan di daerah tumpuan dan lapangan dengan input berupa data momen yang didapat dari hitungan program analisis struktur yaitu program SAP 90 dengan input pembebanan berasal dari form kedua. Form analisa kontrol tegangan ijin ini ditunjukkan pada Gambar 4.17.

Kontrol Tegangan Ijin Bentang G1-B2	
Momen reaktif akibat W.D	Momen reaktif akibat W.D
MDisisa maks KNm	Momb maks tumpuan KNm
21.62	35.69
	Momb maks lapangan KNm
	15.16
Proses	
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer	Tegangan Yang Terjadi saat Layan
	daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dim KNm	Mmaks muka kolom dim KNm
19.6669444448	32.48694444489
Modulus Penampang dim ³	Tegangan desak beton MPa
5400000	-6.87419862312
Tegangan desak beton MPa	Kontrol teg tekan
-4.6073667743	aman
Kontrol teg tekan	Tegangan tarik beton MPa
aman	5.156003023129
Tegangan tarik beton MPa	Kontrol teg tarik
2.67688672405	tidak aman
Kontrol teg tarik	daerah lapangan
tidak aman	Tegangan desak beton MPa
	3.66550520740
	Kontrol teg tarik
	aman
<input type="button" value="Kembali ke awal"/>	<input type="button" value="Daerah Bentang"/>
	<input type="button" value="Tegangan Ijin Portal B3-B4"/>
	<input type="button" value="Print"/>

Gambar 4.17 Form Kontrol Tegangan Ijin.

Form keempat yaitu untuk menganalisa tulangan lekatan minimum. Data yang didapat dari proses form sebelumnya adalah data luas tulangan lekatan minimum yang diperlukan, kemudian kita masukkan luas tulangan yang dipakai, yang bisa dilihat dari tabel tulangan yang telah disediakan, dengan menekan tombol proses, akan didapatkan data jumlah tulangan yang diperlukan dan jarak antar tulangan, kemudian diakhir form disediakan kotak input untuk memasukkan jumlah tulangan yang akan dipakai. Untuk lebih jelas mengenai form ini dapat dilihat pada Gambar 4.18.

	11-02	13-02	15-02	18
Luas Mangan yang disediakan				
Luas Mangan dipakai				
Tebal Tulangan				
Jumlah tulangan				
Jarak tulangan				
Jumlah tulangan dipakai				

Gambar 4.18. Form Perhitungan Tulangan Lektan Minimum

Form yang kelima adalah untuk menghitung momen rencana akhir perbentang yang inputnya berupa momen balance dan momen beban terfaktor yang didapat berdasarkan program SAP 90 dengan data pembebanan dari form kedua, sehingga didapatkan eksentrisitas tendon tiap join pada portal tersebut, momen maksimal rencana kolom dan momen rencana akhirnya. Data-data pada form ini akan digunakan sebagai input pada perhitungan-perhitungan berikutnya.

Form momen rencana akhir ini akan ditunjukkan pada Gambar 4.19.

	Join Terluar		Join Dalam	
	sub	top	sub	top
M balance (KNm)	7,37		9,46	11,64
M beban terfaktor (KNm)	49,6		59,81	56,88
Geser akibat b. terfaktor (KN)	141,22		143,77	142,5
e (mm)	0		0,06096	0,06096
Mmaks rencana kolom (KNm)	42,23		69,21861492	53,10561492
M rencana akhir (KNm)	37,0775		52,74836492	47,15711492

Gambar 4.19 Form Perhitungan Momen Rencana Akhir Bentang

Form yang keenam adalah untuk menghitung momen kapasitas rencana, sehingga didapatkan kesimpulan apakah momen-momen yang terjadi tersebut aman atau tidak terhadap struktur, selain itu juga didapat data-data distribusi tendon pada jalur kolom maupun tengah bentang. Untuk lebih jelas mengenai form keenam ini dapat dilihat pada Gambar 4.20.

Perhitungan Momen Kapasitas Rencana Bentang B1-B2			
Momen Utkrn Negati	52.74836482	Momen Utkrn Posi	31.88238507
Momen Kapasitas Rencana tumpuan		Momen Kapasitas Rencana tengah bentang	
d	153.65	a	17.3478522352
p	3.6795353075	M _u	186.70736230
ise	1043.28	M _n aktual dalam KNm	39.852891345
isp	14.65187005	Kemampuan	aman
a	9.9677177815		
M _u	236.15238308		
M _n aktual dim KNm	66.935456154		
Kemampuan	aman		
Distribusi Tendon			
Jumlah tendon jalur kolom		Jumlah tendon jalur tengah	
n kolom =	5.3	n tengah =	2.7
tendon dibakar	2	tendon dibakar	4
lebar jalur kolom	3000	lebar jalur tengah	6000
Perhitungan jarak tendon			
jarak tendon	333.333333	jarak tendon =	1250
Kembali ke sebelumnya	Kembali ke Bentang-jalan	Ke Bentang B3-B4	Print

Gambar 4.20 Form Perhitungan Momen Kapasitas Rencana

Form yang ketujuh adalah untuk menganalisa lenturan yang terjadi pada flate plate, input momen tumpuan luar maupun momen tumpuan dalam yang didapat dari hitungan program analisis struktur SAP pada form kelima, sedangkan pengguna hanya memasukkan input jumlah tendon pada lebar efektifnya. Pada form ini akan dihasilkan kesimpulan aman tidaknya struktur flate plate beton prategang terhadap lentur. Form analisa lentur ini ditunjukkan pada Gambar 4.21.

Analisis LENTUR bentang B1 B2

M maks tumpuan luar: 37,0775
 M maks tumpuan dalam: 4,9E+2499999999
 jumlah tendon pada lebar efektif: 2

Proses

lebar efektif (mm): 1040

Pada Tumpuan Luar		Pada Tumpuan Dalam	
yt	0,6	yt	0,6
p	2,10897435897	p	1,23532503942
fps	1279,23744680	fps	1396,60624113
a (mm)	16,9301057530	a (mm)	16,9301057530
M _o (KNm)	42,7094296818	M _o (KNm)	79,4141439405
M _u (KNm)	27,806125	M _u (KNm)	9,71343749999
Kesimpulan =	aman	Kesimpulan =	aman

Kembali Denah bentang Pelat Bentang B3-B4 Print

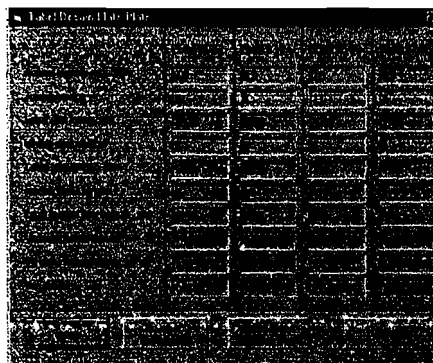
Gambar 4.21 Form Analisis Lentur.

Form kedelapan adalah untuk menghitung kontrol kapasitas geser pada kolom pinggir maupun kolom dalam dengan input berupa data gaya geser dan momen rencana akhir, sehingga didapatkan kesimpulan apakah pada bentang tersebut diperlukan tulangan geser atau tidak, form ini didesain untuk menghitung kapasitas geser untuk tiap-tiap portal yang berlainan sehingga didapatkan hasil yang efektif untuk proses selanjutnya. Form kapasitas geser ini dapat dilihat pada Gambar 4.22.

Kontrol Kapasitas Geser Bentang B1-B2	
Kolom Pinggir	Kolom Tengah Bentang
Gaya geser: 41.22	Gaya geser: 85.27
moment rencana: 37.0775	moment rencana: 4.951243939
Geser Kolom Pinggir	
do (mm): 2432	bc (mm): 2576
Ac (mm ²): 350208	Ac (mm ²): 370944
CAB (mm): 134.5328947	CAB (mm): 322
CCD (mm): 293.4671052	Jc (mm ⁴): 28361134080
g (mm): 43.45710525	Vu AB (MPa): 1.62542261469
Jc (mm ⁴): 4348371306	Vu CD (MPa): 1.33064920547
Vu AB (MPa): 1.156385060	DVc (MPa): 1.21935195495
Vu CD (MPa): 0.114087486	
DVe (MPa): 1.219351954	
Kesimpulan	Kesimpulan
tidak perlu tulangan geser	perlu tulangan geser
Kembali	Denah bentang
Ke bentang B1-B4	Print

Gambar 4.22. Form Perhitungan Kapasitas Geser

Form kesembilan adalah tabel desain penulangan geser pada flate plate ,yaitu berupa kesimpulan dari data-data pada form sebelumnya yaitu form untuk menghitung kontrol kapasitas geser pada kolom pinggir maupun kolom dalam tiap portal yang berlainan. Untuk lebih jelas mengenai form kesembilan ini dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Form tabel desain flate plate beton prategang

Form kesepuluh adalah untuk perhitungan tulangan geser, dengan input gaya geser maksimal pada masing-masing jenis kolom dari perhitungan form sebelumnya, hal ini dilakukan agar lebih mudah dalam pelaksanaan, hasil akhirnya adalah data perencanaan tulangan geser untuk kolom pojok, kolom tepi dan kolom tengah. Form perhitungan tulangan geser ini dapat dilihat pada Gambar 4.24.

	Kolom Tepi	Kolom Tengah	Kolom Pojok
V_{maks}	112015855612351	1162542261463812	112015855612351
V_{maks}	142054850659232	502940766366597	142054850659232
D_{min}	1177482233432908	1177482233432908	1177482233432908
Tulangan geser	Asas 3 40x40	Asas 3 40x40	Asas 3 40x40
D_{min} dengan t. geser	20718584696797	20718584696797	20718584696797
V_s	21376666013054	225754319518504	21376666013054
Dimensi Jangkar	12	12	12
Jarak memanjang	140	140	140
Jarak melintang	140	140	140
	PROSES	PROSES	PROSES
A_{ps}			
A_{ps} terlarang			
A_{ps}			
s			
Jarak memanjang			
	Kembali	Gunakan tulangan geser	Analisa selanjutnya
			Print

Gambar 4.24 Form Perhitungan Tulangan Geser

Form kesebelas adalah untuk menganalisa lendutan yang terjadi pada masing-masing portal arah memanjang dan melintang, dengan input berupa momen-momen yang didapat dari program analisis struktur. Form kesebelas ini dapat dilihat pada Gambar 4.25.

Defleksi Perhitungan		Defleksi Ijin	
Komp. arah memanjang	119428477965	Komp. arah memanjang	18789375
Komp. arah melintang	1136185326505	Komp. arah melintang	1397438455
Slab	150268214622	Slab	550602950.2
Komp. arah memanjang	336000191	Komp. arah memanjang	29640999
Komp. arah melintang	145900191	Komp. arah melintang	14520000
Stang arah memanjang	24200000	Stang arah memanjang	14300000
Defleksi dasar	113354978116	Defleksi dasar	317660738118
angk. dir. dasar	113354978116	angk. dir. dasar	11093395229
Stang arah memanjang	151852442252	Stang arah memanjang	14825501257
Stang arah melintang	34504417625	Stang arah melintang	17530013307
Komp. arah memanjang	136356470657	Komp. arah melintang	152000730487
Defleksi kolom	27242789445	Defleksi kolom	6201185853
Defleksi tiang penyangga	134538042408	Defleksi tiang penyangga	147447389515

Total Defleksi: 134538042408 mm

Kembali Kembali Tingkat Atas Print

Gambar 4.25 Form Perhitungan Analisa Lendutan

Form kedua belas dirancang sebagai output lendutan jangka panjang yang terjadi pada pelat dan sekaligus sebagai sarana untuk mengetahui apakah pelat tersebut aman terhadap lendutan jangka panjang yang terjadi. Form kedua belas ini ditunjukkan pada Gambar 4.26.

Portal arah memanjang		Kembali
W _{sust} dir.KN/m	4.27565419592	
Lendutan (panjang) dir.mm	3.742099303334	Kembali
Portal arah melintang		
W _{sust} dir.KN/m	3.2114796848	Print
Lendutan (panjang) dir.mm	3.658297159170	
defleksi total jangka panjang mm	11.99819691071	End Block
defleksi dasar mm	26	
Kesimpulan		
aman terhadap lendutan jangka panjang		

Gambar 4.26 Form Output Perhitungan Lendutan

Form ketigabelas untuk merencanakan daerah ujung dan untuk merencanakan luasan pelat angkur, dengan input berupa momen maksimal pada daerah ujung, diameter tulangan sengkang ujung, luas pelat angkur yang digunakan yang dapat dilihat pada tabel tendon pada pelat angkur yang sudah disediakan pada form ini. Form ketiga belas ini dapat dilihat pada Gambar 4.27.

Perencanaan Daerah Ujung [end block]																	
Momok dlm Nmm	3813768																
diameter tulangan dlm mm	12																
luas pelat angkur dlm mm	1769796																
A2/A1 diambil	2																
PROSES																	
Tabel Jenis Tendon																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Perhitungan Tulangan End Block</th> <th>Penentuan Luasan Pelat Angkur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>jarak ujung dlm mm</td> <td>A2/A1</td> </tr> <tr> <td>teg. ujung dlm N</td> <td>A1 dipakai</td> </tr> <tr> <td>luas tul sengkang ujung dlm mm</td> <td>Tegangan blok ujung saat transfer dlm MPa</td> </tr> <tr> <td>luas sengkang sesungguhnya dlm mm</td> <td>keimpulan</td> </tr> <tr> <td>Kebutuhan tulangan sengkang ujung</td> <td>Tegangan blok ujung saat layan dlm MPa</td> </tr> <tr> <td>jumlah tulangan</td> <td>keimpulan</td> </tr> <tr> <td>jumlah tul dipakai</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Perhitungan Tulangan End Block	Penentuan Luasan Pelat Angkur	jarak ujung dlm mm	A2/A1	teg. ujung dlm N	A1 dipakai	luas tul sengkang ujung dlm mm	Tegangan blok ujung saat transfer dlm MPa	luas sengkang sesungguhnya dlm mm	keimpulan	Kebutuhan tulangan sengkang ujung	Tegangan blok ujung saat layan dlm MPa	jumlah tulangan	keimpulan	jumlah tul dipakai	
Perhitungan Tulangan End Block	Penentuan Luasan Pelat Angkur																
jarak ujung dlm mm	A2/A1																
teg. ujung dlm N	A1 dipakai																
luas tul sengkang ujung dlm mm	Tegangan blok ujung saat transfer dlm MPa																
luas sengkang sesungguhnya dlm mm	keimpulan																
Kebutuhan tulangan sengkang ujung	Tegangan blok ujung saat layan dlm MPa																
jumlah tulangan	keimpulan																
jumlah tul dipakai																	
<table border="1"> <tr> <td>Kembali ke menu sebelumnya</td> <td>Kembali Ke Menu Awal</td> <td>Print Hasil</td> <td>Exit</td> </tr> </table>		Kembali ke menu sebelumnya	Kembali Ke Menu Awal	Print Hasil	Exit												
Kembali ke menu sebelumnya	Kembali Ke Menu Awal	Print Hasil	Exit														

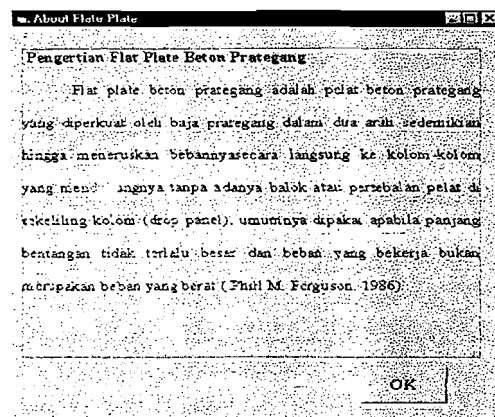
Gambar 4.27 Form Perhitungan *End Block*

Form yang keempatbelas adalah form "splash", yaitu form yang akan ditampilkan pertama kali sebelum menu utama diaktifkan. Dalam modus desain terlihat seperti Gambar 4.28 berikut.



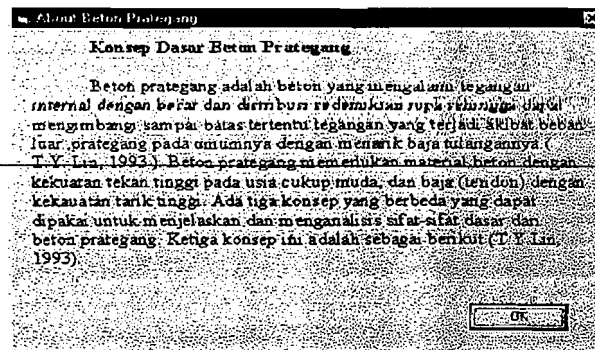
Gambar 4.28 Tampilan Awal Program Setelah Diaktifkan

Form yang kelimabelas adalah form yang menjelaskan pengertian dasar flate plate beton prategang. Dalam modus desain akan terlihat seperti pada Gambar 4.29.



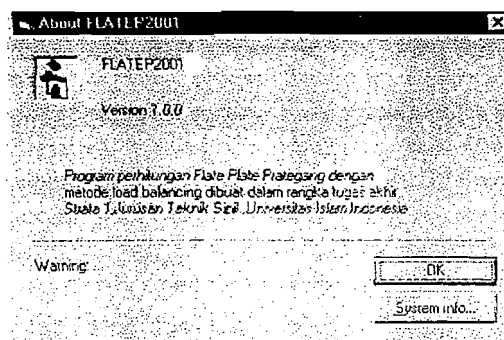
Gambar 4.29 Form Pengertian Flate Plate Beton Prategang

Form keenambelas adalah form yang menjelaskan pengertian dasar beton prategang, dalam modus desain akan terlihat seperti Gambar 4.30.



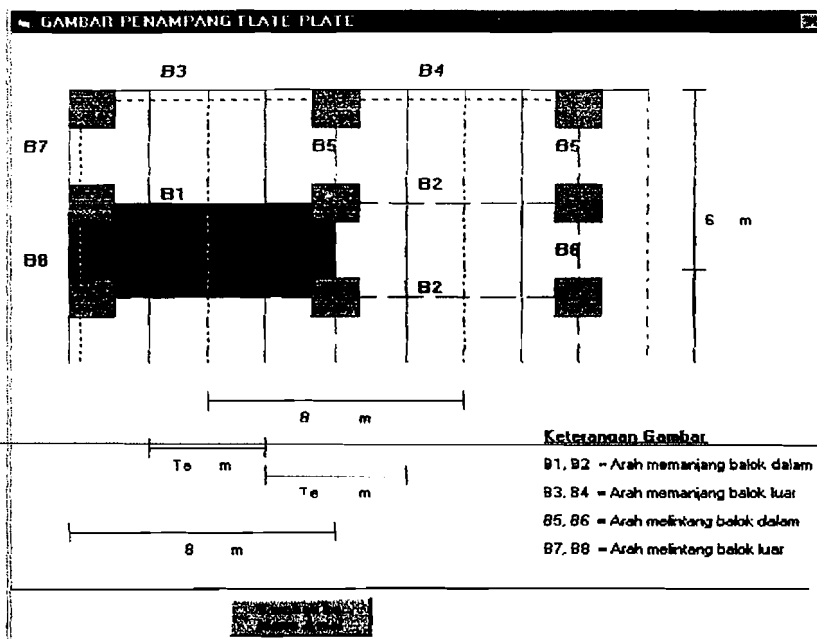
Gambar 4.30 Form Pengertian Dasar tentang Beton Prategang

Form ketujuhbelas adalah form yang menjelaskan tentang program *FLATEP2001* versi trial, dalam modus desain akan terlihat seperti Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Form tentang Latar Belakang Program Flate Plate 2001

Form kedelapanbelas adalah form gambar desain penampang flateplate, seperti yang kita lihat pada Gambar 4.30.



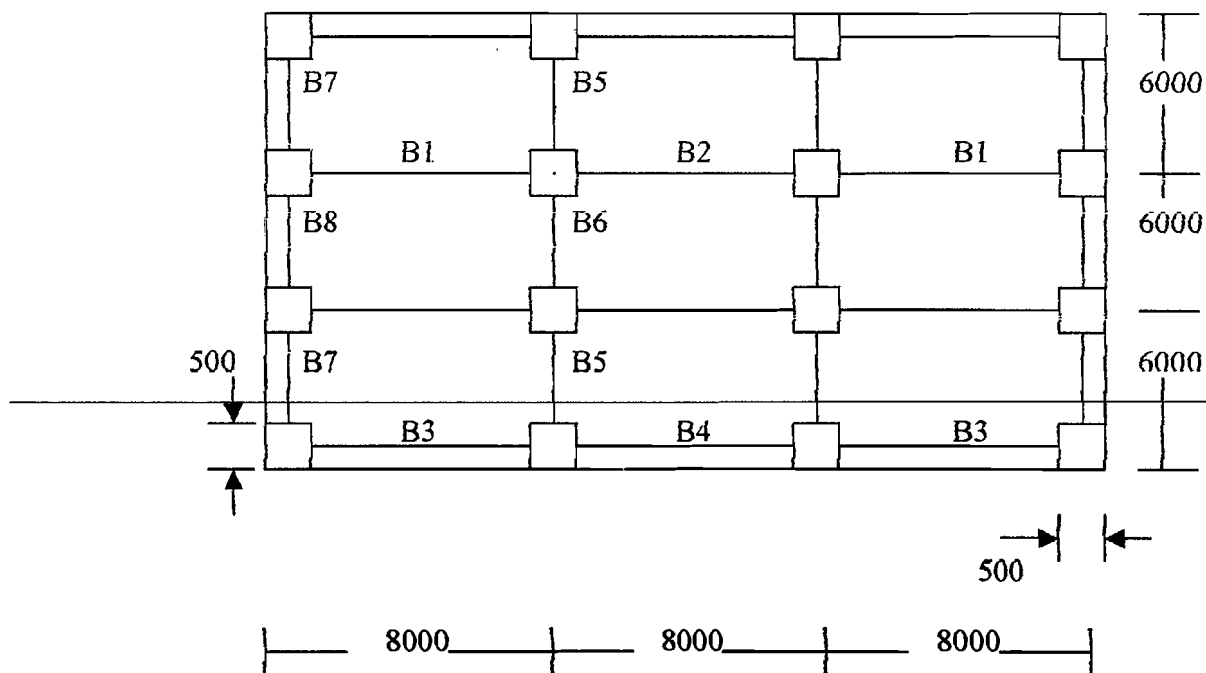
Gambar 4.32 Gambar Penampang *Flate Plate* Yang Akan Dilakukan

Proses Disain

4.3. Contoh Perhitungan

Untuk lebih jelasnya mengenai proses penyelesaian desain *flat plate* beton prategang dengan *unbonded tendon*, maka pada bagian ini akan disajikan suatu contoh disain dan kemudian diselesaikan berdasarkan apa yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya.

Sebagai contoh yaitu pada perencanaan suatu gedung perkantoran dengan struktur pelat menerus tiga bentangan. Panjang bentangan pelat yang akan dianalisis direncanakan berukuran 8 m x 6 m. kolom yang digunakan berukuran 0,5 m x 0,5 m dan tinggi kolom 3 m.



Gambar 4.33. Denah Flat Plate ukuran 8m x 6m

Mutu bahan yang digunakan yaitu :

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_{ci} = 0,75 \cdot f_c = 26,25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$f_{pu} = 1863 \text{ MPa}$$

$$f_{se} = 0,75 \cdot f_{pu} = 1304,1 \text{ MPa}$$

$$BJ \text{ beton} = 24 \text{ KN/m}^3$$

$$R = 20\%$$

$$\phi \text{ tendon} = 12,75 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ tulangan non prategang} = 12 \text{ mm}$$

4.3.1. Perhitungan dalam bentuk manual

Perhitungan dalam bentuk manual ini dilakukan untuk melakukan pengecekan terhadap keakuratan terhadap program yang telah dibuat. Untuk perhitungan dalam bentuk manual ini dilakukan hanya pada portal B5-B6 dengan asumsi tegangan rata-rata 0,9 dan tebal selimut beton 20mm.

4.3.1.1. Perhitungan Portal B5-B6

1. Tebal pelat dan profil tendon

a. Tebal pelat

$$h \pm \frac{L}{45} = \frac{8000}{45} = 177 \text{ mm} \rightarrow \text{diambil tebal pelat } 180 \text{ mm}$$

b. Besarnya eksentrisitas

Selimut beton yang digunakan = 20 mm

Bentang luar,

$$x_v^2 = \left[\frac{e_{o_v} - e_{o_A}}{e_{o_v} - e_{o_B}} \right] (1 - x_v)^2 = \left[\frac{63,65 - 0,00}{63,65 - (-50,65)} \right] \times (6000 - x_v)^2$$

$$x_v = 2560 \text{ mm}$$

$$e_l = e_{o_v} + (e_{o_A} + e_{o_B}) x_v / l$$

$$e_l = 63,65 + 50,95 \times \frac{2560}{6000} = 85,39 \text{ mm} \rightarrow 0,08593 \text{ m}$$

Bentang dalam,

$$e_2 = 180 - (2 \times 20) - (2 \times 0,5 \times 12,7) - 12,7 = 1146 \text{ mm} \rightarrow 0,1146 \text{ m}$$

2. Pembebanan

a. Beban mati (W_D)

$$1) \text{ Berat pelat} \quad 0,18 \times 24 = 4,32 \text{ KN/m}^2$$

$$2) \text{ Berat penutup lantai} \quad = 1,2 \text{ KN/m}^2$$

$$\underline{5,52 \text{ KN/m}^2}$$

b. Beban hidup (W_L) $\quad \quad \quad = 2,5 \text{ KN/m}^2$

c. W total $\quad \quad \quad = 8,02 \text{ KN/m}^2$

3. Gaya prategang efektif

Asumsi tegangan rata-rata = 0,90MPa

Perkiraan awal gaya prategang,

$$P_e = 0,90 \times 180 = 162 \text{ KN/m}$$

$$P_o = \frac{P_e}{(1 - 20\%)} = \frac{162}{0,80} = 202,5 \text{ KN/m}$$

Dipakai tendon diameter 12,7 mm, $A_{ps} = 98,7 \text{ mm}^2$, $f_{pu} = 1863 \text{ MPa}$

(diameter 0,5 in, $A_{ps} = 0,153 \text{ in}^2$, $f_{pu} = 270 \text{ ksi}$, pada Lampiran L.II)

Jumlah tendon yang diperlukan.

$$n = \frac{P_o}{A_{ps} \cdot f_{ps}} = \frac{202,5 \times 8 \times 10^3}{98,7 \times 0,7 \times 1863} = 12,59 \rightarrow \text{dipakai 13 tendon}$$

Gaya prategang aktual :

$$P_o \text{ aktual} = \frac{13 \times 98,7 \times 0,90 \times 0,70 \times 1863}{8000} = 188,245 \text{ KN/m}$$

$$P_e \text{ aktual} = \frac{13 \times 98,7 \times 0,80 \times 0,7 \times 1863}{8000} = 167,329 \text{ KN/m}$$

Tegangan rata-rata aktual,

$$f_{pe} = \frac{P_{e \text{ aktual}}}{h} = \frac{167,329}{180} = 0,93 \text{ MPa}$$

4. Perimbangan beban (*load balancing*)

a. Batang luar,

$$W_{bal} = \frac{8 P_e e_l}{l^2} = \frac{8 \times 167,329 \times 0,8539}{6^2} = 3,1082 \text{ KN/m}^2$$

$$W_{unb} = W_{tot} - W_{bal} = 8,02 - 3,1082 = 4,911 \text{ KN/m}^2$$

Sebagian beban mati yang belum diimbangi,

$$W_{Disisa} = W_D - W_{bal} = 5,52 - 3,1082 = 2,411 \text{ KN/m}^2$$

b. Pada bentang dalam,

$$W_{bal} = \frac{8 \times 167,329 \times 0,1146}{6^2} = 4,261 \text{ KN/m}^2$$

$$W_{unb} = W_{tot} - W_{bal} = 8,02 - 4,261 = 3,759 \text{ KN/m}^2$$

Sebagian beban mati yang belum diimbangi,

$$W_{D_{sisa}} = 5,52 - 4,261 = 1,259 \text{ KN/m}^2$$

5. Pendekatan portal ekuivalen

a. Kekakuan dasar kolom untuk portal ekuivalen,

$$\text{Inersia kolom} = \frac{500 \times 500^3}{12} = 5,21 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\text{Asumsi } \frac{E_{\text{kolom}}}{E_{\text{pelat}}} = 1$$

Kolom yang dihitung yaitu kolom atas dan bawah,

$$K_c = \frac{4EI}{L_n - 2h} = \frac{4 \times 1 \times 5,21 \times 10^9}{3000 - (2 \times 180)} \times 2 = 1,578 \times 10^7$$

b. Kekakuan torsi dari pelat dalam garis kolom,

Besar konstanta torsional,

$$C = \sum (1 - 0,63x/y) \frac{x^3 y}{3} = (1 - 0,63 \frac{180}{500}) \frac{180^3 \times 500}{3}$$

$$= 7,52 \times 10^8$$

$$K_t = \sum \frac{9E_c C}{L_2(1 - c_2/L_2)} = \frac{9 \times 1 \times 7,52 \times 10^8}{8000(1 - 500/8000)} \times 2 = 1,804 \times 10^6$$

c. Kekakuan kolom ekuivalen,

$$\frac{1}{K_{\infty}} = \frac{1}{\sum K_c} + \frac{1}{\sum K_t} = \frac{1}{1,578 \times 10^7} + \frac{1}{2,05 \times 10^6} = 1618726,77$$

d. Kekakuan slab,

$$\text{Inersia slab} = \frac{8000 \times 180^3}{12} = 3,88 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Nilai K_c sebelah kanan dan kiri kolom sama, karena kolom dan bentang sama.

$$K_s = \frac{4E_{cs}I_s}{L_n - C_1/2} = \frac{4 \times 1 \times 3,88 \times 10^9}{(6000 - 500/2)} = 2,70 \times 10^6$$

6. Kontrol tegangan beton

a. Tegangan ijin beton,

Saat transfer:

- serat tekan = $0,6.f'_{ci} = 0,6 \times 26,25 = 15,75$ MPa
- serat tarik = $0,25\sqrt{f'_{ci}} = 0,25 \times \sqrt{26,25} = 1,28$ MPa

Saat layan :

- serat tekan = $0,45.f'_c = 0,45 \times 35 = 15,75$ MPa
- serat tarik (M-) = $0,5 \sqrt{f'_c} = 0,50 \times \sqrt{35} = 2,96$ MPa
- serat tarik (M+) = $\sqrt{f'_c}/6 = \sqrt{35}/6 = 0,986$ MPa

b. Tegangan beton saat transfer

Dari lampiran 1 perhitungan mekanika dengan bantuan program SAP

90 didapatkan : MD_{sisa} maks = 7,22 KNm (Lampiran L.I.2)

$$M_{maks} \text{ muka kolom} = 7,22 - \frac{(2,411 \times 0,5 \times 6 \times 0,5)}{3} = 6,0141 \text{KNm}$$

$$\text{Modulus penampang} = \frac{1000 \times 180^2}{6} = 5,4 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

Tegangan yang terjadi,

$$f_b = -\frac{P_o l}{A} - \frac{M_{Dsisia}}{S}$$

$$= -\frac{188,245 \times 8000}{8000 \times 180} - \frac{6,0141 \times 10^6}{5,4 \times 10^6} = -2,159 \text{MPa} \leq 15,75 \text{MPa Aman!}$$

$$f_t = \frac{P_o l}{A} + \frac{M_{Dsisia}}{S}$$

$$= -\frac{188,245 \times 8000}{8000 \times 180} + \frac{6,0141 \times 10^6}{5,4 \times 10^6} = -0,0679 \text{MPa} \leq 1,28 \text{MPa Aman!}$$

c. Tegangan beton saat layan,

Dari Lampiran L.I.2 perhitungan mekanika dengan menggunakan bantuan program SAP 90 didapatkan M_{unb} maks tumpuan = 15,22 KNm

$$M_{maks} \text{ muka kolom} = 15,22 - \frac{(4,911 \times 0,5 \times 6 \times 0,5)}{3} = 12,764 \text{KNm}$$

Tegangan yang terjadi,

$$f_b = \frac{P_e \cdot l}{A} - \frac{M_{unb}}{S}$$

$$= -\frac{167,329 \times 8000}{8000 \times 180} - \frac{12,764 \times 10^6}{5,4 \times 10^6} = -3,293 \text{MPa} \leq 15,75 \text{MPa Aman!}$$

$$f_t = \frac{P_e \cdot l}{A} + \frac{M_{unb}}{S}$$

$$= -\frac{167,329 \times 8000}{8000 \times 180} + \frac{12,764 \times 10^6}{5,4 \times 10^6} = 1,434 \text{MPa} \leq 2,96 \text{MPa Aman!}$$

M_{unb} maks lapangan = 5,28 KNm (lampiran perhitungan SAP90)

Tegangan yang terjadi,

$$f_b = \frac{P_e \cdot l}{A} - \frac{M_{unb}}{S}$$

$$= \frac{167,329 \times 8000}{8000 \times 180} - \frac{5,28 \times 10^6}{5,4 \times 10^6} = -0,929 \text{MPa} \leq 0,986 \text{MPa Aman!}$$

7. Tulangan lekatan minimum

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = 0,00075 \cdot h \cdot l = 0,00075 \times 180 \times 6000 = 810,00 \text{mm}^2$$

Dipakai tulangan non prategang, D12, $A_s = 0,25 \times 3,14 \times 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan,

$$n = \frac{810,00}{113,04} = 7,166 \text{ dipakai } 8 \text{ tulangan}$$

Distribusi tulangan = $1,5h \times 2 \times \text{lebar kolom} = 1,5 \times 180 \times 2 \times 500 = 1040,00 \text{ mm}$

Dipakai panjang tulangan 2500 mm dan jarak antar tulangan 130 mm

8. Kontrol momen kapasitas penampang

a. Perhitungan momen rencana,

- Momen balanced load

$$\text{Untuk } W_{bal} \text{ bentang luar} = 3,1082 \text{ KN}$$

$$\text{Untuk } W_{bal} \text{ bentang dalam} = 4,911 \text{ KN}$$

Momen primer kolom luar,

$$M_p = P_e \text{ aktual} \times e = 167,329 \times 0 = 0$$

Kemudian dengan perhitungan mekanika dari sap 90 didapatkan

$$M_{bal} = 7,95 \text{ KNm}$$

$$M_s = M_{bal} - M_p = 7,95 - 0 = 7,95 \text{ KNm}$$

Untuk kolom lainnya akan disajikan dalam Tabel 4.1

- Momen beban terfaktor

$$W_{ult} = (1,2 \times WD) + (1,6 \times WL)$$

$$W_{ult} = (1,2 \times 5,52) + (1,6 \times 2,5) = 10,65 \text{ KN}$$

Kemudian dengan perhitungan mekanika dari sap 90 didapatkan

$$M_{ter} = 49,6 \text{ KNm}$$

$$\text{Gaya geser} = 41,22 \text{ KN}$$

-Momen rencana akhir

Pada kolom luar,

Momen rencana pada kolom,

$$= M_u \text{ beban terfaktor} + M_s = -49,6 + 7,95 = -41,65 \text{ KNm}$$

$$M_{maks} \text{ rencana akhir} = -41,65 + \frac{(41,22 \times 0,5)}{3} = -34,78 \text{ KNm}$$

-Momen positif maksimum

$$W_{ter} = (1,2 \times WD) + (1,6 \times WL)$$

$$= (1,2 \times 5,52) + (1,6 \times 2,5) = 10,624 \text{ KN/m}$$

$$M_{ult} = 1/8 \times 10,624 \times 6^2 = 47,808 \text{ KNm}$$

$$M_s = 10,45 - 8,533 = 1,91 \text{ KNm}$$

$$\text{Momen positif maksimum} = M_{ult} - M_{ter} + M_s$$

$$= 47,808 - 34,01 + 1,91 = 15,708 \text{ KNm}$$

Untuk momen rencana akhir lainnya akan disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Momen rencana akhir

MOMEN RENCANA PORTAL B5-B6 ($f_{pc}=0,9\text{Mpa}$)						
JOINT	B5	B6	B6	B6	B6	B5
M balanced (KNm)	7,95	10,45	12,57	12,57	10,45	7,95
e (m)	0,000	0,051	0,051	0,051	0,051	0,000
P_e (KNm)	167,329	167,329	167,329	167,329	167,329	167,329
Momen Primer (KNm)	0,000	8,525	8,525	8,525	8,525	0,000
M_s (KNm)	7,95	1,91	4,04	4,04	1,91	7,95
Momen beban terfaktor (KNm)	-26,87	-34,01	-32,07	-32,07	-34,01	-26,87
Momen rencana kolom (KNm)	-18,92	-41,922	-37,87	-37,87	-41,922	-18,92
Beban ultimit (KN/m^2)	10,624	10,624	10,624	10,624	10,624	10,624
Panjang bentang (m)	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Gaya geser (KN)	30,68	33,06	31,87	31,87	33,06	30,68
Reduksi momen ke muka kolom (KNm)	5,11	5,51	5,311	5,311	5,51	5,11
Momen rencana akhir (KNm)	-13,81	-26,575	-22,713	-22,713	-26,575	-13,81
Momen positif maksimum (KNm)		15,708		19,78		15,708

b. Momen kapasitas rencana tumpuan

$$M_u = 26,575 \text{ KNm (dari Tabel 4.1)}$$

$$d = h - p_b - 0,5\Phi = 180 - 20 - (0,5 \times 12,7) = 153,65 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{n \cdot A_{ps}}{l_d} = \frac{13 \times 98,7}{8000 \times 153,65} = 0,001043$$

$$f_{se} = \frac{P_e \cdot l}{n \cdot A_{ps}} = \frac{167,329 \times 1000 \times 8}{13 \times 98,7} = 1043,28 \text{ MPa}$$

$$f_{ps} = f_{sc} + 70 + \frac{f'_c}{100\rho} = 1043,28 + 70 + \frac{35}{(100 \times 0.001043)} = 1448,5773 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_s}{0,85 \cdot f'_{c,b}} = \frac{13 \times 98,7 \times 1448,577 + 8 \times 113,03 \times 240}{0,85 \times 35 \times 8000} = 8,72 \text{ mm}$$

$$M_n = (A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_s) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= (13 \times 98,7 \times 1448,577 + 8 \times 113,03 \times 240) \times \left(153,65 - \frac{8,572}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 309,88 \text{ KNm}$$

$$M_u = \frac{M_n}{0,8} = \frac{26,575}{0,8} = 303,219 \text{ KNm} \leq M_n \text{ Aman!}$$

c. Momen kapasitas rencana tengah bentang

$$M_u = 19,782 \text{ KNm (dari Tabel 4.1)}$$

$$a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f'_{c,b}} = \frac{13 \times 98,7 \times 1448,577}{0,85 \times 35 \times 8000} = 7,809 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{ps} \cdot f_{ps} \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 13 \times 98,7 \times 1448,577 \times \left(153,65 - \frac{7,809}{2} \right) \times 10^{-6} = 278,326 \text{ KNm}$$

$$M_u = \frac{M_n}{0,8} = \frac{17,782}{0,8} = 24,728 \text{ KNm} \leq M_n \text{ Aman!}$$

9. Distribusi tendon

a. jumlah tendon jalur kolom

$$n \text{ kolom} = 0,70 \times 13 = 9,1 \quad \text{dipakai 9 tendon}$$

$$\text{jarak tendon, } s = \frac{\text{jalur kolom}}{n} = \frac{3000}{9} = 333,33 \text{ mm}$$

b. jumlah tendon jalur tengah

$$n \text{ tengah} = 13 - 9 = 4 \text{ tendon}$$

$$\text{Jarak tendon, } s = \frac{5000}{4} = 1250 \text{ mm}$$

10. Kontrol transfer momen lentur

a. Kapasitas penampang terhadap momen transfer pada tumpuan luar

$$M_t \text{ maks} = 13,8067 \text{ KNm (dari Tabel 4.1)}$$

Lebar efektif 1040,00 mm

$$\gamma_f = \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{(c_1 + d)/(c_2 + d)}} = \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{(500 + 90)/(500 + 90)}} \\ = 0,609$$

Pada lebar efektif ditempatkan 2 buah tendon

$$\rho = \frac{n A_s}{I_c d} = \frac{2 \times 98,7}{(1040 \times 90)} = 0,00211$$

$$f_{ps} = f_{se} + 70 + \frac{f'_c}{100 \rho} = 1043,28 + 70 + \frac{35}{(100 \times 0,00211)} = 1279,237 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{(A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_s)}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{(2 \times 98,7 \times 1279,237) + (8 \times 113,65 \times 240)}{(0,85 \times 35 \times 1040)} = 15,176 \text{ mm}$$

$$M_n = (A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_s) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= (2 \times 98,7 \times 1279,237 + 8 \times 113,04 \times 240) \times \left(90 - \frac{15,176}{2} \right) = 38,697 \text{ KNm}$$

$$M_u = \frac{\gamma_f \cdot M_t}{0,8} = \frac{0,609 \times 13,8067}{0,8} = 10,355 \text{ KNm} \leq M_u \text{ Aman!}$$

b. Kapasitas penampang terhadap momen transfer tumpuan dalam

$$M_t \text{ maksimum} = (25,919 - 22,0579) = 3,861 \text{ KNm (dari Tabel 4.1)}$$

Lebar efektif 1040,00 mm

$$\gamma_f = \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{(c_1 + d)/(c_2 + d)}} = \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{(500 + 140,95)/(500 + 140,95)}} \\ = 0,600$$

$$\rho = \frac{n \cdot A_s}{I_c \cdot d} = \frac{2 \times 98,7}{(1040 \times 153,65)} = 0,001235$$

$$f_{ps} = f_{se} + 70 + \frac{f'_c}{100 \rho} = 1043,28 + 70 + \frac{35}{(100 \times 0,001235)} = 1396,61 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{(A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_s)}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{(2 \times 98,7 \times 1396,606) + (8 \times 113,04 \times 240)}{(0,85 \times 35 \times 1040)} = 15,1764 \text{ mm}$$

$$M_n = (A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_s) \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ = (2 \times 98,7 \times 1373,188 + 8 \times 113,04 \times 240) \times \left(123,65 - \frac{15,1764}{2} \right) = 71,968 \text{ KNm}$$

$$M_u = \frac{\gamma_f \cdot M_t}{0,8} = \frac{0,600 \times 3,86167}{0,8} = 2,8962 \text{ KNm} \leq M_u \text{ Aman!}$$

11. Kontrol kapasitas geser

a. Geser kolom pinggir

$$\text{Koefesien geser pinggir, } \gamma_v = 1 - \gamma_f = 1 - 0,609 = 0,391$$

$$V_u = 30,68 \times 1000 \times 8 = 245440 \text{ N (dari Tabel 4.1)}$$

$$M_t \text{ maks} = 13,8067 \times 8 = 110,4536 = 110453600 \text{ Nmm (dari Tabel 4.1)}$$

$$d = h/2 = 180/2 = 90\text{mm}$$

$$d = 0,8.h = 0,8 \times 180 = 144\text{mm (diambil yang terbesar)}$$

$$\begin{aligned} b_o &= 2.(c_1 + d/2) + 2.(c_2 + d) = 2(500 + 144/2) + 2(500+144) \\ &= 2432,00\text{mm} \end{aligned}$$

$$A_c = b_o.d = 2432,00 \times 144 = 350208 \text{ mm}^2$$

$$C_{AB} = \frac{(c_1 + d/2)^2 . d}{A_c} = \frac{(500 + 144/2)^2 \times 144}{350208} = 134,53\text{mm}$$

$$C_{CD} = (c_1 - d/2) - C_{AB} = (500 - 144/2) - 134,53 = 293,467 \text{ mm}$$

$$g = C_{CD} - c_1/2 = 362,011 - 500/2 = 112,011\text{mm}$$

$$\begin{aligned} J_c &= \frac{(c_1 + d/2).d^3}{6} + \frac{2d}{3}(C_{AB}^3 + C_{CD}^3) + (c_2 + d).d.(C_{AB}^2) \\ &= \frac{(500 + 144/2)^2 \times 144}{6} + \frac{(2 \times 144)}{3}(134,53^3 + 293,467^3) \\ &\quad + (500 + 144) \times 144 \times 134,53^2 = 4,34637 \times 10^9 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{uAB} &= \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_v (M_t - V_u . g) . C_{AB}}{J_c} \\ &= \frac{329760}{350208} + \frac{0,391 \times \{11045360 - (245440 \times 43,467)\} \times 134,53}{4,34 \times 10^9} \end{aligned}$$

$$= 0,899 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} v_{uCD} &= \frac{V_u}{A_c} - \frac{\gamma_v (M_t - V_u . g) . C_{CD}}{J_c} \\ &= \frac{329760}{350208} - \frac{0,391 \times \{110453600 - (245440 \times 43,467)\} \times 293,467}{4,34 \times 10^9} \end{aligned}$$

$$= -0,95 \text{ MPa}$$

Kapasitas geser batas beton,

Komponen vertikal gaya prategang efektif (V_p) hanya sedikit sekali menyumbangkan kekuatan geser. Oleh karena itu untuk lebih menjamin keamanan V_p diambil sama dengan nol.

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0,6(0,3\sqrt{f'_c} + 0,3f_{pc} + \frac{V_p}{b_o \cdot d}) = 0,6(0,3\sqrt{35} + 0,3 \times 0,93 + 0) \\ &= 1,232 \text{ MPa} \geq 0,899 \text{ MPa Tidak perlu tulangan geser}\end{aligned}$$

b. Geser kolom dalam

$$\text{Koefesien geser dalam, } \gamma_v = 1 - \gamma_f = 1 - 0,400 = 0,600$$

$$V_u = (33,06 + 31,872) \times 1000 \times 8 = 519440 \text{ N (dari Tabel 4.1)}$$

$$M_f \text{ maks} = (27,405 - 24,761) \times 8 \times 10^6 = 3088800 \text{ Nmm (dari Tabel 4.1)}$$

$$d = h - p_o - \frac{\phi}{2} - \phi = 180 - 20 - \frac{12,7}{2} - 12,7 = 140,95 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \cdot h = 0,8 \times 180 = 144 \text{ mm (diambil yang terbesar)}$$

$$\begin{aligned}b_o &= 2 \cdot (c_1 + d) + 2 \cdot (c_2 + d) = 2(500 + 144) + 2(500 + 144) \\ &= 2576,00 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$A_c = b_o \cdot d = 2576,00 \times 144 = 370944,00 \text{ mm}^2$$

$$C_{AB} = C_{CD} = 0,5(c_1 + d) = 0,5(500 + 144) = 322 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}J_c &= \frac{d(c_1 + d)^3}{6} + \frac{d^3(c_1 + d)}{6} + \frac{d(c_1 + d)(c_1 + d)^2}{2} \\ &= \frac{144(500 + 144)^3}{6} + \frac{144^3(500 + 144)}{6} + \frac{144(500 + 144) \times (500 + 144)^2}{2} \\ &= 2,596 \times 10^{10} \text{ mm}^4\end{aligned}$$

$$v_{uAB} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_v \cdot M_t \cdot C_{AB}}{J_c}$$

$$= \frac{519440}{370944} + \frac{0,600 \times 30888000 \times 322}{2,596 \times 10^{10}} = 1,6365 \text{ MPa}$$

$$v_{uCD} = \frac{V_u}{A_c} - \frac{\gamma_v \cdot M_t \cdot C_{CD}}{J_c}$$

$$= \frac{519440}{370944} - \frac{0,600 \times 30888000 \times 322}{2,596 \times 10^{10}} = 1,329 \text{ MPa}$$

Kapasitas geser batas beton,

$$\phi V_c = 0,6(0,3\sqrt{f'_c} + 0,3f_{pc} + \frac{V_p}{b_o \cdot d}) = 0,6(0,3\sqrt{35} + 0,3 \times 0,93 + 0)$$

$$= 1,232 \text{ MPa} \geq 1,6365 \text{ MPa} \text{ Perlu tulangan geser}$$

Untuk perhitungan portal – portal ekuivalen lainnya pada disain struktur *flat plate* pada Gambar 4.33, dapat dilihat pada lampiran output hasil perhitungan program *visual basic 6* atau dengan mencoba program tersebut dengan variasi asumsi gaya prategang rata-rata untuk mendapatkan suatu hasil yang efektif.

Dari output hasil perhitungan program *visual basic 6* tersebut dapat ditentukan jumlah tendon yang efektif pada struktur *flat plate* beton prategang, asumsi tegangan rata-rata yang efektif pada tiap-tiap bentang juga dapat ditentukan sendiri-sendiri. Hasil perhitungan yang digunakan untuk disain disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan yang Digunakan dalam disain

	Portal B1-B2	Portal B3-B4	Portal B5-B6	Portal B7-B8
Asumsi tegangan rata-rata (MPa)	2	2,5	0,9	1,5
Jumlah tendon	21	13	13	10
Lebar jalur kolom (mm)	3000	1750	3000	1750
Jumlah tendon dipakai jalur kolom	15	9	9	7
Jarak tendon	200	195	333,333	250
Lebar jalur tengah (mm)	5000	2500	3000	1500
Jumlah tendon jalur tengah	6	4	4	3
Jarak tendon (mm)	833,33	625	750	500
V_u maks kolom tepi (MPa)	1,01985	1,1951	0,899	1,0019
V_u maks kolom tengah (MPa)	1,7117	1,747	1,636	1,59
ϕV_c (MPa)	1,425	1,2879	1,232	1,1936

Pada Tabel 4.2 didapatkan bahwa pada kolom tepi maupun kolom pojok tidak diperlukan penulangan geser karena V_u maks kolom $> \phi V_c$. Sehingga pada analisis penulangan geser berikutnya hanya dihitung penulangan geser untuk kolom tengah saja.

4.3.1.2. Perhitungan Tulangan Geser

Agar lebih mudah dalam pelaksanaan, perencanaan tulangan geser diseragamkan untuk kolom pojok, kolom tepi dan kolom tengah. Gaya geser yang digunakan dalam perhitungan diambil gaya geser maksimum, V_u maks pada masing-masing jenis kolom dari Tabel 4.2.

Perhitungan tulangan geser kolom tengah yaitu pada portal B5-B6.

$$b_o = 2432 \text{ mm}$$

$$d = 144 \text{ mm}$$

$$V_{u,\text{maks}} = 1,747 \text{ MPa} = 1,747 \times 2576 \times 144 = 648039,168 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 1,287 \text{ MPa} = 1,287 \times 2576 \times 144 = 445114,36 \text{ N}$$

Kuat geser nominal penampang maksimum apabila memakai tulangan geser, $\phi V_n = \phi (0,5\sqrt{f_c})$

$$= 0,6 (0,5 \sqrt{35}) = 1,775 \text{ MPa} \geq V_u \quad \text{tulangan geser dapat dipakai}$$

Kapasitas geser penampang beton apabila memakai tulangan geser,

$$\phi V_c = \phi \sqrt{f_c} / 6 \cdot b_o \cdot d = 0,6 \times (\sqrt{35}/6) \times 2432 \times 144 = 219453,43 \text{ N}$$

Gaya geser yang ditahan oleh tulangan geser,

$$V_s = V_u - \phi V_c = 648039,168 - 219453,43 = 428704,589 \text{ N}$$

Dipakai sengkang U ganda D12 dengan jarak antar sengkang 140mm,

$$A_v \text{ perlu} = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} = \frac{428704,589 \times 140}{240 \times 144} = 1736,65 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ perlu tiap sisi} = \frac{1736,65}{3} = 578,881 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ ada} = 4 \times 0,25 \times 3,14 \times 12^2 = 452,16 \text{ mm}^2$$

Distribusi tulangan geser sengkang dalam daerah kritis b_o didasarkan pada kapasitas geser penampang beton maksimum,

$$V_u = (1/6)\sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d$$

Lebar sengkang 460 mm,

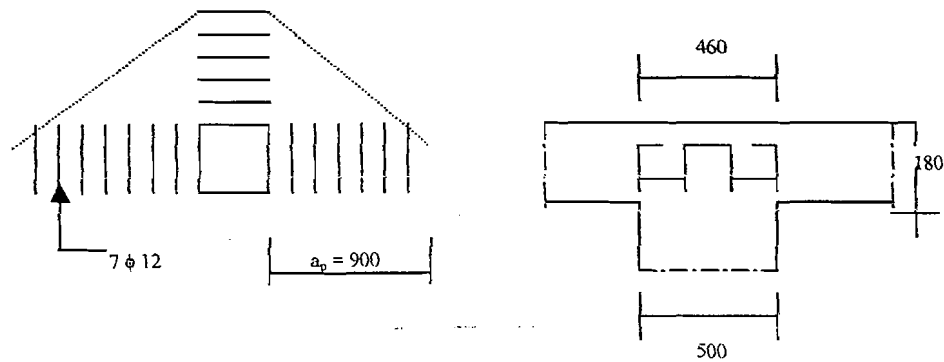
$$648039,168 = (1/6) \sqrt{f_c} (3c + 2a_p \sqrt{2}) \cdot d$$

$$a = \left(\frac{648039,168 \times 6}{\sqrt{35} \times 144} - 3 \times 500 \right) \times \frac{1}{2\sqrt{2}} = 1083,32 \text{ mm dipakai } 1100 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah sengkang} = \frac{1100}{140} = 8,85 \sim \text{dipakai } 9 \text{ sengkang}$$

Penempatan tulangan geser untuk kolom tepi dapat dilihat pada Gambar

4.34.



Gambar 4.34. Penempatan tulangan geser

Pada analisis sebelumnya pada kolom tepi dan kolom pojok tidak diperlukan tulangan geser, sehingga tidak perlu dianalisis tulangan gesernya.

4.3.1.3. Perhitungan Lendutan

1. Arah portal B5-B6

$$M_t = 13,80666 \text{ KNm (Tabel 4.1)}$$

$$K_{cc} = 4,50008 \times 10^{10}$$

Inersia portal ekivalen

$$I_{cs} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{8000 \times 180^3}{12} = 3,888 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Inersia jalur kolom

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{3000 \times 180^3}{12} = 1,458 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Inersia jalur tengah

$$I_s = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{5000 \times 180^3}{12} = 2,430 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Defleksi dasar

$$\delta' = \frac{W_{net} \cdot I^4}{384 \cdot E_c \cdot I_{cs}} = \frac{4,911 \times 10^{-3} \times 6000^4}{384 \times 27805,575 \times 3,888 \times 10^9} = 0,1328 \text{ mm}$$

Di distribusi untuk jalur kolom δ_c dan jalur tengah δ_s sesuai distribusi

$$\text{momen } \delta_c = \delta' \cdot 0,692 \frac{E_{cs} \cdot I_{cs}}{E_c \cdot I_c} = 0,1328 \times 0,692 \times \frac{3,888 \times 10^9}{1,458 \times 10^9} = 0,245 \text{ mm}$$

$$\delta_s = \delta' \cdot 0,308 \frac{E_{cs} \cdot I_{cs}}{E_c \cdot I_c} = 0,1328 \times 0,308 \times \frac{3,888 \times 10^9}{2,430 \times 10^9} = 0,0645 \text{ mm}$$

Rotasi yang terjadi

$$\theta_{2A} = \frac{M}{K_{cc}} = \frac{13,8067 \times 10^6 \times 8}{4,500869 \times 10^{10}} = 0,00245 \text{ rad}$$

$$\theta_{2B} = \frac{M}{K_{cc}} = \frac{3,86167 \times 10^6 \times 8}{4,500869 \times 10^{10}} = 0,000686 \text{ rad}$$

$$\theta'' = \frac{\theta}{8} = \frac{(0,000631 + 0,000419) \times 6000}{8} = 1,050 \text{ mm}$$

Defleksi jalur kolom

$$\delta_{cy} = \delta_c + \delta'' = 0,245 + 1,050 = 2,600411 \text{ mm}$$

Defleksi jalur tengah

$$\delta_{sy} = \delta_s + \delta'' = 0,0645 + 1,050 = 2,42077 \text{ mm}$$

2. Arah portal B1-B2

$$M_t = 27,2575 \text{ KNm (Tabel 4.1)}$$

$$K_{cc} = 2,212 \times 10^6 \times E_c$$

Inersia portal ekivalen

$$I_{cs} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{6000 \times 180^3}{12} = 2,916 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Inersia jalur kolom

$$I_c = \frac{b.h^3}{12} = \frac{3000 \times 180^3}{12} = 1,458 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Inersia jalur tengah

$$I_s = \frac{b.h^3}{12} = \frac{3000 \times 180^3}{12} = 1,458 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Defleksi dasar

$$\delta' = \frac{W_{\text{net}} \cdot l^4}{384 \cdot E_c \cdot I_{cs}} = \frac{4,25 \times 10^{-3} \times 8000^4}{384 \times 27805,575 \times 2,916 \times 10^9} = 0,375 \text{ mm}$$

Di distribusi untuk jalur kolom δ_c dan jalur tengah δ_s sesuai distribusi

momen

$$\delta_c = \delta' \cdot 0,714 \frac{E_{cs} \cdot I_{cs}}{E_c \cdot I_c} = 0,375 \times 0,714 \times \frac{2,916 \times 10^9}{1,458 \times 10^9} = 0,50144 \text{ mm}$$

$$\delta_s = \delta' \cdot 0,286 \frac{E_{cs} \cdot I_{cs}}{E_c \cdot I_c} = 0,375 \times 0,286 \times \frac{2,916 \times 10^9}{2,430 \times 10^9} = 0,237 \text{ mm}$$

Rotasi yang terjadi

$$\theta_{2A} = \frac{M}{K_{cc}} = \frac{16,831 \times 10^6 \times 6}{2,496 \times 10^6 \times 27805,575} = 0,00276 \text{ rad}$$

$$\theta_{2B} = \frac{M}{K_{cc}} = \frac{7,796 \times 10^6 \times 6}{2,469 \times 10^6 \times 27805,575} = 0,000796 \text{ rad}$$

$$\theta'' = \frac{\theta_1}{8} = \frac{(0,00276 + 0,000796) \times 8000}{8} = 3,556 \text{ mm}$$

Defleksi jalur kolom

$$\delta_{cy} = \delta_c + \delta'' = 0,50144 + 3,556 = 4,0616 \text{ mm}$$

Defleksi jalur tengah

$$\delta_{sy} = \delta_s + \delta'' = 0,237 + 3,556 = 3,797 \text{ mm}$$

3. Total defleksi

$$\Delta = \delta_{sx} + \delta_{cy} = \delta_{sy} + \delta_{cx}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{tot}} &= \frac{(\Delta_{(2A-2B)} + \Delta_{(B1-B2)})}{2} = \frac{(3,767 + 2,6) + (2,4277 + 4,0616)}{2} \\ &= 6,44 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Lendutan Jangka Panjang

Arah B5 - B6

$$\begin{aligned} W_{\text{sust}} &= (W_{\text{unb}} - WL) + 0,65 WL \\ &= (4,911 - 2,5) + 0,65 \times 2,5 = 3,379 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{long-t}} &= \frac{W_{\text{sust}}}{W_{\text{unb}}} \times \Delta_{\text{tot}} \times \text{FaktorCreep} = \frac{3,379}{4,911} \times \frac{(3,767 - 2,600)}{2} \times 2 \\ &= 5,0822 \text{ mm} \end{aligned}$$

Arah B1-B2

$$\begin{aligned} W_{\text{sust}} &= (W_{\text{unb}} - WL) + 0,65 WL \\ &= (4,25 - 2,5) + 0,65 \times 2,5 = 3,25 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{long-t}} &= \frac{W_{\text{sust}}}{W_{\text{imb}}} \times \Delta_{\text{tot}} \times \text{FaktorCreep} = \frac{3,25}{4,25} \times \frac{(2,4277 + 4,0616)}{2} \times 2 \\ &= 4,96 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Kedua arah} = 5,0822 + 4,96 = 10,044 \text{ mm}$$

Defleksi total setelah jangka panjang,

$$\Delta_{\text{tot-long-t}} = 10,044 + 6,44 = 16,484 \text{ mm}$$

Defleksi batas

$$\Delta = \frac{1}{240} = \frac{6000}{240} = 25 \text{ mm} \geq 16,484 \text{ mm} \dots \text{Aman}$$

4.3.1.4. Perencanaan Daerah Ujung (*End Block*)

1. Perhitungan momen dan tegangan *endblock*

Diambil tinjauan $b = 200 \text{ mm}$

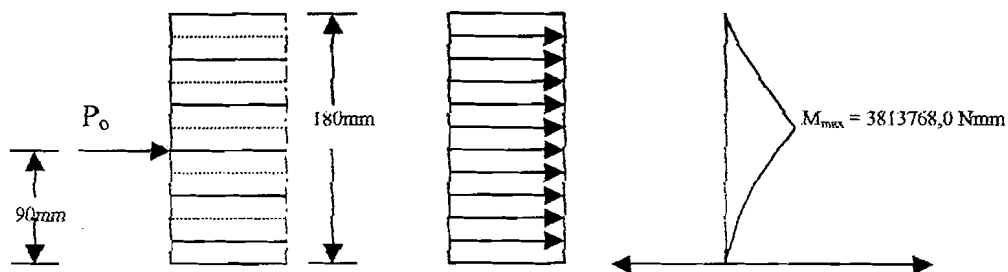
Siar tegangan $h/9 = 20 \text{ mm}$

$$A_c = b \cdot h = 200 \times 180 = 3,6 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{200 \times 180^3}{12} = 9,72 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$P_o \text{ per tendon} = \frac{P_o \cdot l}{n} = \frac{407,596 \times 8 \times 1000}{19} = 171919,56 \text{ N}$$

Tegangan dan momen yang terjadi akibat penegangan pada daerah ujung diperlihatkan pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35. Diagram Tegangan dan Momen di Daerah Ujung

1. Perhitungan tulangan *endblock*

a. Perhitungan tulangan

$$M_{maks} = 3813768,00 \text{ Nmm}$$

Asumsi tegangan tarik pada jarak x dari permukaan ujung,

$$x = \frac{h}{4} = \frac{180}{4} = 45 \text{ mm}$$

$$T = \frac{M_{maks}}{(h-x)} = \frac{3813768,00}{(180-45)} = 28250,133 \text{ N}$$

Kebutuhan sengkang ujung,

$$A_s = \frac{T}{f_y} = \frac{28250,133}{240} = 117,709 \text{ mm}^2$$

$$A_s \phi 12 \text{ mm} = 2 \cdot (0,25 \times 3,14 \times 12^2) = 226,080 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan,

$$n = \frac{A_s}{A_s \phi 12} = \frac{117,709}{226,080} = 0,5206 \text{ dipakai 2 buah sengkang tertutup}$$

Didistribusikan pada jarak $h/2 = 90 \text{ mm}$

b. Penentuan luasan pelat angkur

Tendon yang digunakan dari jenis *Inryco CONA* tipe CM, dengan luas pelat angkur 114,3 mm x 57,2 mm. (lampiran L.V)

Diambil $A_2/A_1 = 2,0$

$$A_1 \text{ dipakai } (114,3 \times 57,20) \text{ mm}^2 = 17967,960 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 2,0 A_1 = 2,0 \times 17967,960 = 26053,543 \text{ mm}^2 \text{ (200 x 130) mm}^2$$

Kontrol tegangan blok ujung saat transfer

$$\begin{aligned} f_b &= 0,8 f'_c \sqrt{\left\{ \left(A_2 / A_1 \right) - 0,2 \right\}} \\ &= 0,8 \times 35 \sqrt{\left\{ \left(26053,543 / 17967,960 \right) - 0,2 \right\}} \\ &= 31,305 \text{ MPa} \leq 1,25 f_{ci} = 32,813 \text{ MPa Aman!} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan blok ujung saat layan

$$\begin{aligned} f_b &= 0,6 f'_c \sqrt{\left(A_2 / A_1 \right)} \\ &= 0,6 \times 35 \sqrt{\left(26053,543 / 17967,960 \right)} = 25,287 \text{ MPa} \leq f'_c = 35 \text{ MPa Aman!} \end{aligned}$$

4.3.2. Perhitungan dalam bentuk output program

Perhitungan analisis dan disain perencanaan hanya untuk portal B5-B6 seperti pada perhitungan manual yang telah dijabarkan. Analisis bentang maksimum terhadap kontrol tegangan ijin untuk flat plate beton prategang dilakukan dengan variasi bentang 7x6, 8x6, 8x7, 8x8, 8x9 akan disajikan dalam tabel, untuk output program dapat dilihat dalam lampiran L.I. Sedangkan untuk portal lainnya beserta dapat diperoleh dengan menjalankan program aplikasi desain *flat plate* beton prategang ini

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Disain Flete Plate Bentang 8m x 6m

	Perhitungan Manual	Perhitungan Flete Plate 2001'
Tegangan rata-rata		
Lebar portal (mm)	6000	6000
Panjang portal (mm)	8000	8000
Eksentrisitas		
e bentang ujung (mm)	85,39	85,39
e bentang dalam (mm)	114,6	114,6
Gaya Prategang		
Pe awal (KN/m)	162	162
Po awal (KN/m)	202,5	202,5
jumlah tendon	12,59	12,59
dipakai tendon	13	13
Po aktual (KN/m)	188.245	188.245
Pe aktual (KN/m)	167.329	167.329
fpc (MPa)	0,93	0,929
Perimbangan beban		
Wbal bentang luar (KN/m ²)	3.108	3.108
Wunb bentang luar (KN/m ²)	4.911	491.176
Wbal bentang dalam (KN/m ²)	4.261	4.261
Wunb bentang dalam (KN/m ²)	3.759	3.758
WDsisal bentang luar (KN/m ²)	2.411	2.412
WDsisal bentang dalam (KN/m ²)	1.259	1.258
Kontrol Tegangan beton		
Saat transfer		
Mmaks (KNm) dari SAP	7,22	7,22
Mmaks muka kolom (KNm)	6.014	6.014
IS (mm ²)	3888000000	3888000000
fb (MPa)	kontrol -2,159<15,75aman	kontrol -2,159<15,76aman
ft (MPa)	kontrol -0,067<1,28aman	kontrol -0,068<1,28aman
Saat layan		
Mmaks unb(KNm) dari SAP	15,22	15,22
Mmaks muka kolom (KNm)	12.764	12.764
fb (MPa)	kontrol -3,293<15,75aman	kontrol -3,293<15,75aman
ft (MPa)	kontrol 1,434<2,96aman	kontrol 1,434<2,96aman
Mmaks lapangan (KNm)	5,28	5,28
ft (MPa)	kontrol -0,929<0,986aman	kontrol -0,929<0,986aman
Tulangan Lekatan Minimum		
Luas tulangan As (mm ²)	810	810
Jumlah tulangan	7.166	71.656
Dipakai tulangan	8	8
Kapasitas Rencana Tumpuan		
Momen Negatif		
Mu (KNm) dari SAP	26.575	26.575
d (mm)	153,65	153,65
ρ	$1,044 \times 10^{-3}$	$1,043 \times 10^{-4}$
fse (MPa)	1043,28	1043,28

Tabel 4.3. Lanjutan

fps (MPa)	1.448.577	1.448.577
a (mm)	8,72	8.721
Mn (KNm)	309,88	309.880
Mu/0,8 (KNm)	33.219	33.219
Momen Positif		
Mu (KNm) dari SAP	19.782	19.782
a (mm)	7.809	7.809
Mn (KNm)	278.326	278.326
Mu/0,8 (KNm)	24.728	24.728
Transfer Momen Lentur		
Bentang ujung		
Mt (KNm) dari SAP	13.806	13.806
Lebar efektif (mm)	1.040	1.040
γ_f	0,609	0,6
ρ	0,002	0,002
fps (MPa)	1.279.237	1.279.237
a (mm)	15.176	15.176
Mn (KNm)	38.697	38.697
$(Mu \cdot \gamma_f) / 0,8 (KNm)$	10.355	10.355
Bentang dalam		
Mt (KNm) dari SAP	3.861	3.861
Lebar efektif (mm)	1.040	1.040
γ_f	0,6	0,6
ρ	$1,235 \times 10^{-3}$	$1,235 \times 10^{-4}$
fps (MPa)	1396,61	1396,62
a (mm)	15.176	15.176
Mn (KNm)	71.968	71.968
$(Mu \cdot \gamma_f) / 0,8 (KNm)$	2.896	2.896
Kapasitas Geser		
Geser kolom tepi		
Vu (N) dari SAP	30,68	30,68
Mt (Nmm) dari SAP	13.807	13.807
d (mm)	144	144
bo (mm)	2432	2432
Ac (mm ²)	350208	350208
Cab (mm)	134,53	134.532
Ccd (mm)	293.467	293.467
g (mm)	112.011	112.011
Jc (mm ⁴)	$4,346 \times 10^9$	$4,346 \times 10^9$
Vu ab (MPa)	0,899	0,899
Vu cd (MPa)	-0,95	-0,95
0,6 Vc (MPa)	1.232	1.232
Geser kolom tengah		
Vu (N) dari SAP	64,93	64,93
Mt (Nmm) dari SAP	3.861	3.861
d (mm)	144	144
bo (mm)	2576	2576

Tabel 4.3. Lanjutan

Ac (mm ²)	370944	370944
Cab (mm)	322	322
Ccd (mm)	322	322
Jc (mm ⁴)	2,596x10 ¹⁰	2,596x10 ¹⁰
Vu ab (MPa)	1.636	1.636
Vu cd (MPa)	1.329	1.329
0,6 Vc (MPa)	1.232	1.232
Perhitungan tul geser		
Kolom tengah		
Vu maks (MPa)	1.747	1.747
Vu dipakai (N)	648039,168	648039,168
0,6Vn (MPa)	1.774	1.774
0,6Vc (N)	219453,43	219453,43
Vs (N)	428704,589	428704,589
diameter tul (mm)	12	12
jarak antar sengkang (mm)	140	140
lebar sengkang (mm)	460	460
As perlu (mm ²)	1736,650	1736,650
As perlu tiap sisi (mm ²)	578.883	578.883
Av ada (mm ²)	452,16	452,16
a (mm)	1083,32	1126,046
jumlah sengkang	9,04	9,04
Desain Flat Plate		
Asumsi teg rata-rata (MPa)	0,9	0,9
jumlah tendon	13	13
lebar jalur kolom (mm)	3.000	3.000
tendon dijalur kolom	9	9
jarak tendon jalur kolom (mm)	333,33	333,33
lebar jalur tengah (mm)	3.000	3.000
tendon dijalur tengah	4	4
jarak tendon jalur tengah	750	750
Vu maks kolom tepi (MPa)	0,899	0,899
Vu maks kolom luar (MPa)	1.636	1.636
Vc (MPa)	1.232	1.232
Analisa Lendutan		
portal arah melintang		
momen renc akhir ujung(KNm)	13.806	13.806
momen renc akhir tengah (KNm)	3.861	3.861
K ec	4,5008x10 ¹⁰	4,5008x10 ¹⁰
I portal ekivalen (mm ⁴)	3,88x10 ⁹	3,88x10 ⁹
I jalur kolom (mm ⁴)	1,458x10 ⁹	1,458x10 ⁹
I jalur tengah (mm ⁴)	2,430x10 ⁹	2,430x10 ⁹
defleksi dasar (mm)	0,1328	0,1328
untuk defleksi jalur kolom (mm)	0,245	0,245
untuk defleksi jalur tengah (mm)	0,0645	0,0645
rotasi ujung kanan (rad)	0,00245	0,00245
rotasi ujung kiri (rad)	0,0006863	0,0006863

Tabel 4.3. Lanjutan

defleksi jalur kolom (mm)	.2,6004	.2,6004
defleksi jalur tengah (mm)	.2,4207	.2,4207
portal arah memanjang		
momen renc akhir ujung(KNm)	.27,2575	.27,2575
momen renc akhir tengah (KNm)	7.851	7.851
K ec	2,212x10 ⁶	2,212x10 ⁶
I portal ekuivalen (mm ⁴)	2,916x10 ⁹	2,916x10 ⁹
I jalur kolom (mm ⁴)	1,458x10 ⁹	1,458x10 ⁹
I jalur tengah (mm ⁴)	1,458x10 ⁹	1,458x10 ⁹
defleksi dasar (mm)	0,375	0,375
untuk defleksi jalur kolom (mm)	.0,50144	.0,50144
untuk defleksi jalur tengah (mm)	0,237	0,237
rotasi ujung kanan (rad)	.0,00276	.0,00276
rotasi ujung kiri (rad)	.0,000796	.0,000796
defleksi jalur kolom (mm)	4.061	4.061
defleksi jalur tengah (mm)	3.797	3.797
total defleksi	6.440	6.440
Lendutan jangka panjang		
portal arah melintang		
Wsust (KN/m)	3.379	3.379
lendutan jangka panjang (mm)	5.082	5.082
portal arah memanjang		
Wsust (KN/m)	1.982	1.982
lendutan jangka panjang (mm)	4.497	4.497
defleksi total jangka panjang (mm)	16.019	16.019
defleksi batas (mm)	25	25

Output perhitungan dalam Tabel 4.3. ini dapat kita lihat pada lampiran L.I.2

Tabel 4.4 Analisis tegangan flate plate dengan bentang 7m x 6m

	bentang B1-B2	bentang B3-B4	bentang B5-B6	bentang B7-B8
Tegangan rata-rata	1,4	2,8	0,9	1,8
Lebar portal (mm)	6000	6000	6000	6000
Panjang portal (mm)	7000	7000	7000	7000
Eksentrisitas				
e bentang ujung (mm)	0,0957	0,0957	0,08359	0,08359
e bentang dalam (mm)	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146
Gaya Prategang				
jumlah tendon	13	13	10	10
Po aktual (KN/m)	390,43449	780,868998	165,49029	330,98058
Pe aktual (KN/m)	223	223,105428	147,10248	147,10248
fpc (MPa)	1,394408925	1,394408925	0,9193905	0,9193905
Perimbangan beban				
Wbal bentang luar (KN/m ²)	3,0447971798	3,0447971798	2,7325102896	2,7325102896
Wunb bentang luar (KN/m ²)	4,9752028202	4,9752028202	5,2874897104	5,2874897104
Wbal bentang dalam (KN/m ²)	4,1743480896	4,1743480896	3,746209824	3,746209824
Wunb bentang dalam (KN/m ²)	3,8456519104	3,8456519104	4,273790176	4,273790176
WDsisa bentang luar (KN/m ²)	2,4752028202	2,4752028202	2,7874897104	2,7874897104
WDsisa bentang dalam (KN/m ²)	1,3456519104	1,3456519104	1,773790176	1,773790176
Tegangan ijin beton				
Saat transfer				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft (MPa)	1,280868846	1,280868846	1,280868846	1,280868846
Saat layan				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
fk _(M-) (MPa)	2,958039892	2,958039892	2,958039892	2,958039892
fk _(M+) (MPa)	0,986013297	0,986013297	0,986013297	0,986013297
Tegangan yang terjadi				
Saat transfer				
MD sisa maks (KNm)	10,13	10,13	8,44	8,44
MD maks muka kolom	8,89239859	8,89239859	7,046255145	7,046255145
modulus penampang (mm ³)	4266666,667	4266666,667	4266666,667	4266666,667
fb (MPa)	-4,524371538	-6,964587157	-2,685780362	-3,720094675
ft (MPa)	-0,356059699	-2,796275318	0,617517371	-0,417162575
kesimpulan	aman !	aman!	aman!	aman!
Saat layan				
Munb maks tumpuan (KNm)	20,76	20,76	16,25	16,65
Munb maks lapangan (KNm)	10,78	10,78	8,4	8,4
M maks muka kolom (KNm)	18,27239859	18,27239859	13,60625514	14,00625514
fb (MPa)	-5,677002345	-5,677002345	-4,10835655	-4,20210655
fk _(M-) (MPa)	2,88184495	2,88184495	2,269575549	2,36332555
fk _(M+) (MPa)	-3,920971425	-3,920971425	-2,8881405	-2,8881405
kesimpulan	aman !	aman!	aman!	aman!

Output perhitungan pada tabel 4.4. ini dapat kita lihat pada lampiran L.I.1

Tabel 4.5 Analisis tegangan flate plate dengan bentang 8m x 6m

	bentang B1-B2	bentang B3-B4	bentang B5-B6	bentang B7-B8
Tegangan rata-rata	2	2,2	0,9	1,5
Lebar portal (mm)	6000	6000	6000	6000
Panjang portal (mm)	8000	8000	8000	8000
Eksentrisitas				
e bentang ujung (mm)	0,0957	0,0957	0,08359	0,08359
e bentang dalam (mm)	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146
Gaya Prategang				
jumlah tendon	21	13	13	10
Po aktual (KN/m)	901,00269	697,204463	188,2452049	241,34001
Pe aktual (KN/m)	360,401076	223,105428	167,329071	128,71467
fpc (MPa)	2,0022282	1,239476	0,9296060	0,7150015
Perimbangan beban				
Wbal bentang luar (KN/m ²)	3,7657	2,33117840	3,1082304544	2,3909465034
Wunb bentang luar (KN/m ²)	4,2542592571	5,6888271592	4,9117695456	5,6290534966
Wbal bentang dalam (KN/m ²)	5,1627454137	3,195985256	4,261313575	3,277933596
Wunb bentang dalam (KN/m ²)	2,8572545863	4,8240147439	3,758686325	4,742066404
WDsisa bentang luar (KN/m ²)	1,754259257	3,1888271592	2,4117695456	3,129053497
WDsisa bentang dalam (KN/m ²)	0,357254586	2,3240147439	1,258686325	2,242066404
Tegangan Ijin beton				
Saat transfer				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft (MPa)	1,280868846	1,280868846	1,280868846	1,280868846
Saat layan				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft _(M₋) (MPa)	2,958039892	2,958039892	2,958039892	2,958039892
ft _(M₊) (MPa)	0,986013297	0,986013297	0,986013297	0,986013297
Tegangan yang terjadi				
Saat transfer				
MD sisa maks (KNm)	9,01	17,41	7,22	9,63
MD maks muka kolom	8,132870371	15,81558642	6,014152272	8,60547325
modulus penampang (mm ³)	5400000	5400000	5400000	5400000
fb (MPa)	-6,511657606	-6,802170425	-2,159531736	-2,93438397
ft (MPa)	-3,499483394	-0,944545825	6,791834883	0,15282834
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!
Saat layan				
Munb maks tumpuan (KNm)	23,06	21,48	15,22	17,64
Munb maks lapangan (KNm)	7,06	18,4	5,28	9,34
M maks muka kolom (KNm)	20,93287037	18,63558642	12,76411523	14,82547325
fb (MPa)	-5,878685676	-4,690509122	-3,293330992	-3,46053951
ft _(M₋) (MPa)	1,874229276	2,211559922	1,434110903	2,03037651
ft _(M₊) (MPa)	-3,309635607	-4,276511637	-1,907383728	-2,44471113
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!

Output perhitungan pada tabel 4.5. ini dapat kita lihat pada lampiran L.I.2.

Tabel 4.6 Analisis tegangan flate plate dengan bentang 8m x 7m

	bentang B1-B2	bentang B3-B4	bentang B5-B6	bentang B7-B8
Tegangan rata-rata	2	3,2	0,9	1,8
Lebar portal (mm)	7000	7000	7000	7000
Panjang portal (mm)	8000	8000	8000	8000
Eksentrisitas				
e bentang ujung (mm)	0,0957	0,0957	0,08359	0,08359
e bentang dalam (mm)	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146
Gaya Prategang				
jumlah tendon	24	20	13	13
Po aktual (KN/m)	882,61488	1176,81984	188,2452049	376,49041
Pe aktual (KN/m)	353,045952	294,20496	167,329071	167,32907
fpc (MPa)	1,9613664	1,6344272	0,9296060	0,9296060
Perimbangan beban				
Wbal bentang luar (KN/m ²)	3,6888889096	3,0740740758	2,2835978849	2,2835978849
Wunb bentang luar (KN/m ²)	4,3311111090	4,9459259242	5,7364021151	5,7364021151
Wbal bentang dalam (KN/m ²)	5,0573832524	4,214486052	3,130761067	3,130761067
Wunb bentang dalam (KN/m ²)	2,9626167376	3,805513948	4,889238933	4,889238933
WDisisa bentang luar (KN/m ²)	1,831111109	2,4459259242	3,2364021151	3,2364021151
WDisisa bentang dalam (KN/m ²)	0,4626167376	1,305513948	2,389238933	2,389238933
Tegangan ijin beton				
Saat transfer				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft (MPa)	1,280868846	1,280868846	1,280868846	1,280868846
Saat layan				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft _(M-) (MPa)	2,958039892	2,958039892	2,958039892	2,958039892
ft _(M+) (MPa)	0,986013297	0,986013297	0,986013297	0,986013297
Tegangan yang terjadi				
Saat transfer				
MD sisa maks (KNm)	9,44	13,03	13,54	13,54
MD maks muka kolom	8,371851853	11,60320988	11,65209876	11,65209876
modulus penampang (mm ³)	5400000	5400000	5400000	5400000
fb (MPa)	-6,453758936	-8,68663057	-3,203602761	-4,249409455
ft (MPa)	-3,353073064	-4,38914543	1,11198937	6,618268x10 ⁻²
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!
Saat layan				
Munb maks tumpuan (KNm)	23,54	27,13	24,31	24,31
Munb maks lapangan (KNm)	12,61	14,3	12,66	12,66
M maks muka kolom (KNm)	21,01351852	24,24487654	20,96376543	20,96376543
fb (MPa)	-5,852758719	-6,12426395	-4,811784734	-4,811784734
ft _(M-) (MPa)	1,93002591	2,855319953	2,952572834	2,952572834
ft _(M+) (MPa)	-4,296551585	-4,282620148	-3,274050394	-3,274050394
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!

Output perhitungan pada tabel 4.6. ini dapat kita lihat pada lampiran L.I.3.

Tabel 4.7 Analisis tegangan flate plate dengan bentang 8m x 8m

	bentang B1-B2	bentang B3-B4	bentang B5-B6	bentang B7-B8
Tegangan rata-rata	2	3,4	2	3,4
Lebar portal (mm)	8000	8000	8000	8000
Panjang portal (mm)	8000	8000	8000	8000
Eksentrisitas				
e bentang ujung (mm)	0,0957	0,0957	0,08359	0,08359
e bentang dalam (mm)	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146
Gaya Prategang				
jumlah tendon	28	24	28	24
Po aktual (KN/m)	901,00269	1312,889634	901,00269	1312,889634
Pe aktual (KN/m)	360,401076	308,915208	360,401076	308,915208
fpc (MPa)	2,0022282	1,7171956	2,0022282	1,7171956
Perimbangan beban				
Wbal bentang luar (KN/m ²)	3,7657	3,2277777959	3,7657	3,2277777959
Wunb bentang luar (KN/m ²)	4,2542592571	4,7922222041	4,2542592571	4,7922222041
Wbal bentang dalam (KN/m ²)	5,1627454137	4,4252103546	5,1627454137	4,4252103546
Wunb bentang dalam (KN/m ²)	2,8572545863	3,5947896454	2,8572545863	3,5947896454
WDsisa bentang luar (KN/m ²)	1,754259257	2,2922222041	1,754259257	2,2922222041
WDsisa bentang dalam (KN/m ²)	0,357254586	1,0947894540	0,357254586	1,0947894540
Tegangan ijin beton				
Saat transfer				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft (MPa)	1,280868846	1,280868846	1,280868846	1,280868846
Saat layan				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
f _(M-) (MPa)	2,958039892	2,958039892	2,958039892	2,958039892
f _(M+) (MPa)	0,986013297	0,986013297	0,986013297	0,986013297
Tegangan yang terjadi				
Saat transfer				
MD sisa maks (KNm)	9,01	12,15	9,01	12,15
MD maks muka kolom	7,840493829	10,62185185	7,840493829	10,62185185
modulus penampang (mm ³)	5400000	5400000	5400000	5400000
fb (MPa)	-6,457513802	-9,260840902	-6,457513802	-9,260840902
ft (MPa)	-3,553627196	-5,326821698	-3,553627196	-5,326821698
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!
Saat layan				
Munb maks tumpuan (KNm)	23,06	26,22	23,06	26,22
Munb maks lapangan (KNm)	12,37	13,88	12,37	13,88
M maks muka kolom (KNm)	20,22382716	23,02518519	20,22382716	23,02518519
fb (MPa)	-5,747381378	-5,980118783	-5,747381378	-5,980118783
f _(M-) (MPa)	1,742924978	2,547727583	1,742924978	2,547727583
f _(M+) (MPa)	-4,292968941	-4,28656597	-4,292968941	-4,28656597
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!

Output perhitungan pada Tabel 4.7. ini dapat kita lihat pada lampiran L.I.4.

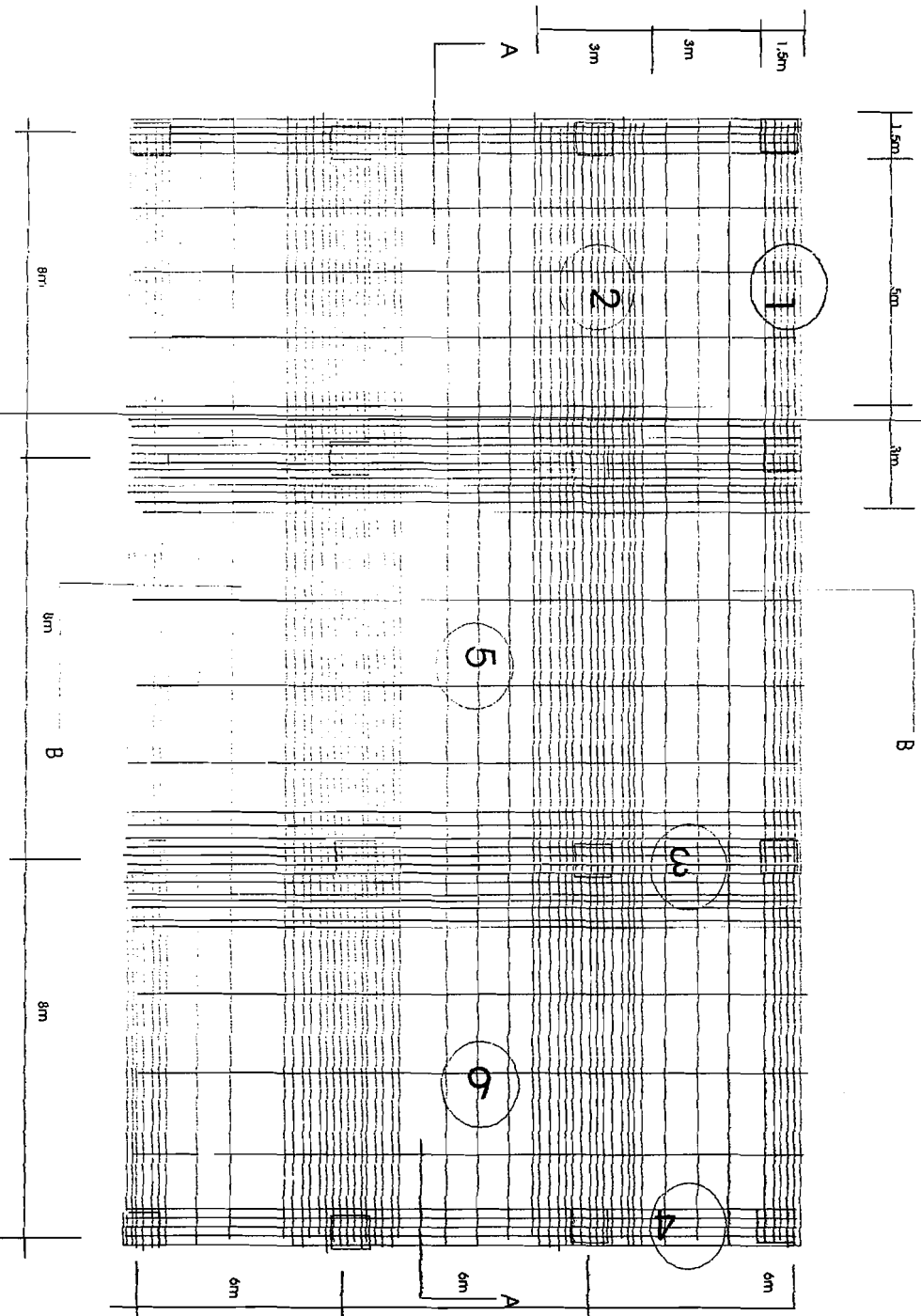
Tabel 4.8 Analisis tegangan flate plate dengan bentang 8m x 9m

	bentang B1-B2	bentang B3-B4	bentang B5-B6	bentang B7-B8
Tegangan rata-rata	2	3,5	2	3,5
Lebar portal (mm)	8000	8000	8000	8000
Panjang portal (mm)	9000	9000	9000	9000
Eksentrisitas				
e bentang ujung (mm)	0,0957	0,0957	0,08359	0,08359
e bentang dalam (mm)	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146
Gaya Prategang				
jumlah tendon	31	27	35	31
Po aktual (KN/m)	997,5386925	1520,442039	1001,11410	1551,726855
Pe aktual (KN/m)	399,015477	347,529609	400,44564	354,680424
fpc (MPa)	1,995077385	1,737648045	2,0022282	1,77340212
Perimbangan beban				
Wbal bentang luar (KN/m ²)	3,2941929602	2,8691358041	4,1841563810	3,70596708
Wunb bentang luar (KN/m ²)	4,7258070398	5,1508641959	3,8358436191	4,31403292
Wbal bentang dalam (KN/m ²)	4,5162640656	3,9335203152	5,736383793	5,080797074
Wunb bentang dalam (KN/m ²)	3,5037359344	4,0864796848	2,283616207	2,939202926
WDsisa bentang luar (KN/m ²)	2,2258070398	2,6508641959	1,3358436191	1,81403292
WDsisa bentang dalam (KN/m ²)	1,0037359344	1,5864796848	0,216383793	0,439202926
Tegangan ijin beton				
Saat transfer				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft (MPa)	1,280868846	1,280868846	1,280868846	1,280868846
Saat layan				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft _(M-) (MPa)	2,958039892	2,958039892	2,958039892	2,958039892
ft _(M+) (MPa)	0,986013297	0,986013297	0,986013297	0,986013297
Tegangan yang terjadi				
Saat transfer				
MD sisa maks (KNm)	14,83	18,08	6,73	9,24
MD maks muka kolom	13,34612864	16,3127572	5,839437587	8,03064472
modulus penampang (mm ³)	666666,6667	666666,6667	666666,6667	666666,6667
fb (MPa)	-6,989612759	-10,04912378	-5,881486138	-8,963230983
ft (MPa)	-2,985774166	-5,155296616	-4,129654862	-6,554037566
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!
Saat layan				
Munb maks tumpuan (KNm)	32,87	36,14	20,66	23,53
Munb maks lapangan (KNm)	17,79	19,34	11,54	12,9
M maks muka kolom (KNm)	29,71946197	32,70609054	18,10277092	20,65397805
fb (MPa)	-6,645299668	-6,643561625	-4,717643838	-4,871498828
ft _(M-) (MPa)	2,462841911	3,168265535	0,713187438	1,324694588
ft _(M+) (MPa)	-4,663577385	-4,638664805	0,713187438	-3,70840212
kesimpulan	aman!	tidak aman!	aman!	tidak aman!

Output perhitungan pada Tabel 4.8. ini dapat kita lihat pada lampiran L.I.5.

Tabel 4.9 Perhitungan lendutan dengan variasi penutup beton

Penutup beton	20mm		25mm		30mm		35mm		40mm	
	Portal 2a-2b	Portal b1-b2	Portal 2a-2b	Portal b1-b2	Portal 2a-2b	Portal b1-b2	Portal 2a-2b	Portal b1-b2	Portal 2a-2b	Portal b1-b2
lebar portal ekuivalen(mm)	8000	6000	8000	6000	8000	6000	8000	6000	8000	6000
lebar jalur kolom (mm)	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
lebar jalur tengah(mm)	5000	3000	5000	3000	5000	3000	5000	3000	5000	3000
panjang portal (mm)	6000	8000	6000	8000	6000	8000	6000	8000	6000	8000
Mt tepi (KNm)	5,309	16,831	5,616	16,98	5,925	17,105	6,234	17,229	6,543	17,353
Mt tengah (KNm)	2,644	7,796	2,614	6,842	2,584	5,866	2,555	4,819	2,526	3,915
W bal (KN/m ²)	3,175	4,061	2,912	3,962	2,649	3,868	2,385	3,775	2,122	3,682
W unb (KN/m ²)	4,845	3,959	5,108	4,058	5,371	4,152	5,635	4,245	5,898	4,338
jumlah tendon	13	21	13	21	13	21	13	21	13	21
tendon jalur kolom	8	15	9	15	9	15	9	15	9	15
(ncol/ntot)	0,692	0,714	0,692	0,714	0,692	0,714	0,692	0,714	0,692	0,714
(nteng/ntot)	0,308	0,286	0,308	0,286	0,308	0,286	0,308	0,286	0,308	0,286
Faktor creep	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
K _{ec}	50494924165	68651964627	50494924165	68651964627	50494924165	68651964627	50494924165	68651964627	50494924165	68651964627
I pot ekiv (mm ⁴)	3888000000	2916000000	3888000000	2916000000	3888000000	2916000000	3888000000	2916000000	3888000000	2916000000
I jalur kolom (mm ⁴)	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000
I jalur tengah (mm ⁴)	2430000000	1458000000	2430000000	1458000000	2430000000	1458000000	2430000000	1458000000	2430000000	1458000000
δ'' (mm)	1,210039	3,124688	1,275723	3,203345	1,341406	3,276954	1,40725	3,350562	14,473093	3,42417
δc(mm)	2,23392	4,46384	2,35518	4,57621	2,47644	4,68136	2,598	4,78652	2,71956	4,89167
δs(mm)	0,59571	1,78554	0,62805	1,83048	0,66038	1,87255	0,6928	1,91461	0,72521	1,95667
θ kolom tepi (rad/mm)	0,000631	0,001961	0,000667	0,001979	0,000704	0,001993	0,000741	0,002008	0,000777	0,002022
θ kolom tengah (rad/mm)	0,000419	0,000681	0,000414	0,000598	0,000409	0,000513	0,000405	0,000427	0,0004	0,000342
δ''' (mm)	1,05	1,962	1,081	1,933	1,113	1,879	1,145	1,826	1,178	1,773
δc tot(mm)	3,284	6,446	3,437	6,509	3,59	6,561	3,743	6,613	3,897	6,665
δs tot(mm)	1,645	3,767	1,71	3,763	1,774	3,752	1,838	3,741	1,903	3,73
Δ total dua arah (mm)	7,571		7,709		7,838		7,968		8,097	
lendutan jangka panjang										
W sust (KN/m ²)	3,97	3,084	4,233	3,183	4,496	3,277	4,76	3,37	5,023	3,463
δc long-t(mm)	5,778	6,303	5,966	6,446	6,146	6,578	6,322	6,709	6,496	6,94
δs tot long-t(mm)	12,08		12,413		12,724		13,031		13,335	
Δ jangka panjang (mm)	19,652		20,122		20,562		20,999		21,433	
Δ batas (mm)	25		25		25		25		25	



Gambar 4.36 Derah Penempatan Tendon Flat Plate Beton Prategang Bentang 8m x 6m

Keterangan Gambar 4.36 :

① Jalur kolom arah memanjang bentang luar dipakai 9 tendon, dengan jarak tiap tendon 194,4444 mm

② Jalur kolom arah memanjang bentang dalam dipakai 15 tendon, dengan jarak tiap tendon 200 mm

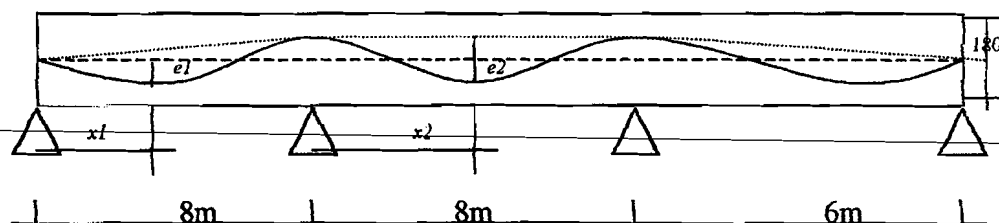
③ Jalur kolom arah melintang bentang dalam dipakai 9 tendon, dengan jarak tiap tendon 333,33 mm

④ Jalur kolom arah melintang bentang luar dipakai 7 tendon, dengan jarak tiap tendon 250 mm

⑤ Jalur tengah arah memanjang dipakai 6 tendon, dengan jarak tiap tendon 833,33 mm

⑥ Jalur tengah arah melintang dipakai 4 tendon, dengan jarak tiap tendon 750 mm

Pot A - A



e_1 : 0,0957 m

e_2 : 0,1146m

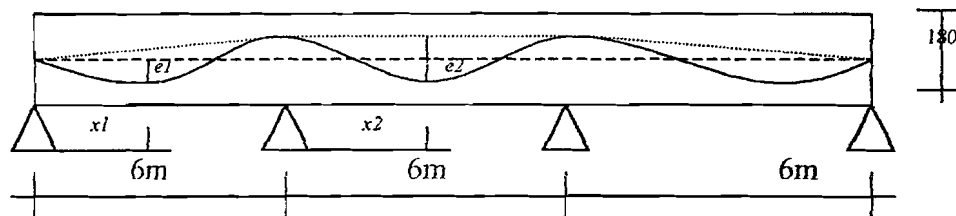
X_1 : 3,472 m

X_2 : 4 m

tebal selimut beton 20mm

diameter tendon 12,7 mm

Pot B - B



e_1 : 0,0839 m

e_2 : 0,1146 m

x_1 : 2,560 m

x_2 : 3 m

tebal selimut beton 20mm

diameter tendon 12,7 mm

Gambar 4.37 Profil Penempatan Tendon

BAB V

PEMBAHASAN

Pada Bab V ini akan diberikan pembahasan mengenai perhitungan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Disini akan dibagi menjadi 5 subbab yaitu analisis tegangan ijin, lentur, geser, lendutan, *end block*.

5.1. Analisis Tegangan ijin

Untuk membatasi adanya kelebihan tegangan baik pada saat transfer maupun pada saat layan maka perlu dilakukan kontrol tegangan ijin beton sebelum proses disain. Untuk proses itu perlu dilakukan asumsi tegangan rata-rata, dari hasil perhitungan Bab IV dapat dilihat bahwa semakin lebar bentang *flat plate* maka semakin besar asumsi tegangan rata-rata. Disyaratkan oleh *ACI Code* untuk pelat prategang dua arah *unbonded tendon* dalam memperkirakan tegangan rata-rata yang diakibatkan gaya prategang efektif sebesar 0,86 MPa sampai 3,5 MPa. Tegangan rata-rata akibat gaya prategang efektif yang digunakan dalam TA ini dapat dilihat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Tegangan Rata-rata (MPa)

Lebar bentang (m)	7 x 6	8 x 6	8 x 7	8 x 8	9 x 8
Arah B ₁ - B ₂	1,4	2	2	2	2
Arah B ₃ - B ₄	2,8	2,2	3,2	3,4	3,5 (tidak aman)
Arah B ₅ - B ₆	0,9	0,9	0,9	2	2
Arah B ₇ - B ₈	1,8	1,5	1,8	3,4	3,5 (tidak aman)

Dari Tabel 5 dapat kita lihat bahwa untuk flat plate beton prategang bentang yang masih efektif untuk digunakan adalah 8m x 8m.

5.2 Analisa Lentur

Permukaan tarik pada *flat plate* beton prategang saat menerima beban diperbolehkan terjadi tegangan tarik atau diperbolehkan terjadi retak – retak halus, tetapi tidak boleh melebihi tegangan ijin. Untuk itu perlu dilakukan kontrol tegangan pada saat beban transfer dan layan. Saat transfer, ketika beton belum mencapai kekuatan maksimum (f'_c), kekuatan beton diambil sebesar f'_{ci} ($0,75f'_c$).

Pada kondisi ini gaya prategang yang digunakan belum mengalami kehilangan prategangan dan belum sepenuhnya bekerja. Pada saat layan, gaya prategang telah mengalami kehilangan gaya prategangan dan beban telah sepenuhnya bekerja sehingga untuk kontrol diambil kekuatan maksimum (f'_c).

Prategang efektif (f_{se}) diambil dengan memperhitungkan kehilangan gaya prategang yang diakibatkan oleh relaksasi baja, penyusutan beton, rangkai beton, gesekan dan tergelincirnya angkur yang dalam analisis ini diasumsikan sebesar

20% dari total prategang. Disyaratkan oleh *ACI Code* untuk pelat prategang dua arah untuk memperkirakan tegangan rata-rata yang diakibatkan oleh gaya prategang efektif sebesar 0,86 sampai 3,5 MPa. Dalam analisa ini diambil besar asumsi tegangan rata-rata sedemikian rupa, sehingga tegangan beton pada saat transfer dan layan tidak melebihi tegangan ijin. Dari hasil perhitungan pada Bab IV dapat disimpulkan bahwa semakin besar asumsi tegangan rata-rata dan eksentrisitas, maka gaya prategang efektif semakin bertambah sehingga tegangan tarik berkurang, hal ini disebabkan W_{unb} semakin kecil sehingga M_{unb} juga semakin berkurang. Tegangan desak yang terjadi juga sangat kecil, jauh dari tegangan ijinnya, hal ini disebabkan M_{unb} kecil.

Perhitungan momen total dilakukan dengan pendekatan portal ekivalen (*equivalent frame methods*), yaitu dengan cara membagi panel menjadi dua bagian portal yang saling tegak lurus kemudian dianalisa untuk masing-masing arahnya. Portal ini terdiri dari kolom, jalur kolom dan jalur tengah. Kekakuan kolom aktual, kolom ekivalen, dan slab digunakan untuk menentukan koefisien distribusi momen (DF). Selanjutnya besar dari momen disain didapatkan dengan perhitungan analisa struktur metode cross atau dengan bantuan program SAP 90. Dari hasil perhitungan pada Bab IV dapat disimpulkan bahwa kapasitas momen penampang bertambah besar apabila asumsi tegangan rata-rata yang diberikan semakin besar. Begitu juga apabila eksentrisitas yang direncanakan semakin besar maka kapasitas momen penampang semakin besar.

Analisa perimbangan beban digunakan untuk menentukan besar beban yang dapat diimbangi oleh prategang (W_{bal}) yang tergantung pada eksentrisitas

dan besar gaya prategangan. Jika momen primer (M_p) adalah momen akibat gaya prategang dan M_{bal} adalah momen akibat W_{bal} , maka selisih antara keduanya merupakan momen sekunder. Momen disain terfaktor (M_u) didapat dari selisih antara momen akibat beban ultimit dan momen sekunder. Dengan demikian momen sekunder akan mengurangi momen ultimit yang disebabkan oleh beban luar ($1,2WD + 1,6WL$).

Kapasitas penampang (M_n) harus lebih besar dari momen disain terfaktor (M_u) yang terjadi, apabila M_n kurang dari momen yang terjadi maka bila mungkin memperbesar eksentrisitas atau dilakukan penambahan tulangan prategang atau non prategang. Tulangan prategang (tendon) yang digunakan untuk menahan lentur pada lebar portal ekuivalen tersebut akan di distribusikan di jalur kolom (*column stripp*) sebanyak 65% - 75%, sisanya di distribusikan ke jalur tengah (*middle stripp*). Pada perencanaan diatas jumlah tendon yang diberikan pada jalur kolom lebih besar karena harus menahan beban pada jalur tengah.

Sebagian momen tak seimbang disalurkan sebagai lentur yang bekerja pada lebar pelat efektif, untuk itu perlu dilakukan kontrol kapasitas penampang pada lebar efektif tersebut. Pada perencanaan diatas transfer momen ultimit (M_t) sebagai lentur yang terjadi jauh lebih kecil dari kapasitas lentur penampang, baik pada tumpuan luar maupun dalam. Hal tersebut disebabkan oleh panjang bentangan yang sama sehingga momen tak seimbang yang terjadi jauh lebih kecil.

5.3. Geser

Analisa geser disini adalah tegangan geser yang disebabkan oleh gaya geser vertikal V_u dan transfer momen total M_t yang diantisipasi oleh keliling penampang kritis b_o di sisi kolom pada kedalaman d dari sisi tekan beton. Kuat geser nominal V_n didapatkan dari kapasitas geser beton V_c dan kapasitas tulangan geser V_s . Disain ini akan dicapai angka keamanan apabila tegangan yang terjadi lebih kecil dari kapasitas geser total V_n . Apabila tegangan geser yang terjadi melebihi kapasitas geser beton V_c maka dilakukan penambahan tulangan geser. Dan apabila masih belum terantisipasi oleh tulangan geser biasa maka perlu penggunaan profil kepala geser (*shearhead*).

Dari hasil analisa geser pada Bab IV dapat disimpulkan bahwa apabila asumsi tegangan rata-rata yang diberikan semakin besar maka kuat geser beton bertambah besar. Sedangkan gaya geser yang terjadi akan semakin kecil, sebab momen yang di transfer sebagai geser (M_t) semakin kecil. Hasil analisa ini juga menunjukkan bahwa eksentrisitas tidak berpengaruh pada kapasitas geser beton karena tinggi penampang kritis diambil sebesar $0,8h$, sedangkan gaya geser yang terjadi akan semakin besar apabila eksentrisitas semakin besar dikarenakan M_t semakin besar.

Pada disain *flate plate* beton prategang diatas, tulangan geser berupa profil I tidak dapat digunakan karena syarat minimum untuk meletakkan flens tekan profil I dari serat tekan beton sebesar $0,3d$ tidak terpenuhi (Nilson, 1995). Oleh karena itu untuk mengantisipasi kelebihan tegangan geser digunakan tulangan geser berupa sengkang tertutup $\phi 12$ mm. Geser pada kolom pojok merupakan geser

paling kritis dibandingkan pada kolom lainnya karena momen yang tak terimbangi (M_t) lebih besar sedangkan luasan penampang kritis lebih kecil, sehingga prosentase tulangan geser sengkang yang dipakai pada tiap sisi lebih besar.

5.4. Lendutan

Perhitungan lendutan pada tengah panel dilakukan dengan menjumlahkan lendutan yang terjadi pada kedua arahnya, yaitu dengan cara menjumlahkan lendutan tengah bentang dari jalur kolom dalam satu arah dengan lendutan tengah bentang dari jalur tengah dalam arah lainnya. Analisa lendutan maksimum mengambil batasan lendutan sebesar $1/240$ karena diperkirakan tidak akan rusak akibat lendutan yang besar dan lendutan yang dihitung adalah lendutan jangka panjang akibat dari semua beban.

Dalam menghitung lendutan pada panel pelat datar, langkah pertama menganggap panel tersebut terjepit penuh pada kedua sisinya, sehingga panel pelat akan mengalami deformasi berbentuk silindris yang diakibatkan oleh beban yang tidak terimbangi W_{umb} . Lendutan tersebut dipengaruhi oleh distribusi momen pada jalur kolom dan jalur tengah yang diambil berdasarkan distribusi tendon. Lendutan juga dipengaruhi oleh kekakuan portal ekuivalen, jalur kolom dan jalur tengah. Karena anggapan awal bahwa dukungan dianggap jepit penuh, maka perlu adanya koreksi rotasi rangka kedua perletakan sebesar perbandingan M_{umb} dengan kekakuan kolom ekuivalen, sehingga lendutan tengah bentang akibat rotasi dapat diperhitungkan. Selanjutnya lendutan total pada jalur kolom dan jalur tengah didapatkan dengan menjumlahkan lendutan akibat W_{umb} dan akibat rotasi.

Lendutan total akhir memperhitungkan defleksi jangka panjang yang dipengaruhi faktor *creep* beton. Dalam analisa ini diambil faktor *creep* sama dengan 2.

Hasil perhitungan dengan menggunakan variasi eksentrisitas menunjukkan bahwa semakin besar eksentrisitas maka lendutan yang terjadi semakin kecil. Hal itu disebabkan karena momen yang tidak terimbangi (M_{unb}) yang semakin kecil. Lendutan yang ditinjau hanya pada bentangan pinggir karena karena eksentrisitas bentangan pinggir lebih kecil dibandingkan bentangan tengah. Lendutan total jangka panjang yang terjadi lebih kecil dari lendutan batas, sehingga perencanaan layak digunakan.

5.5. Endblock

Pada daerah ujung (*endblock*) diperlukan pelat angkur untuk menyalurkan gaya prategang ke permukaan penampang dan penulangan untuk mengantisipasi tegangan yang terjadi pada daerah pembengkakan (*spalling zone*), daerah penonjolan (*bursting zone*) dan daerah tarik (*tensile stress zone*). Perubahan tegangan tekan longitudinal, dari terpusat menjadi terdistribusi secara linier menghasilkan tegangan tarik transversal (vertikal) yang dapat mengakibatkan terjadinya retak longitudinal pada daerah ujung penampang. Pada perencanaan diatas hanya terjadi penulangan sengkang pada daerah penonjolan, dikarenakan momen maksimum yang terjadi hanya momen negatif tekan. Hal itu disebabkan letak tendon tepat pada c.g.c sehingga eksentrisitas nol.

Luas pelat angkur A_1 dicari dengan mengambil perbandingan A_2/A_1 maksimal 2,7, dikarenakan pada perbandingan itu penyaluran tegangan dari pelat

A_1 ke pelat A_2 masih efektif. Dari hasil analisa perhitungan tegangan yang terjadi pada pelat *endblock* yang direncanakan tidak melampaui kekuatan tekan ijin beton, baik pada saat transfer maupun layan sehingga dapat disimpulkan perencanaan penulangan daerah ujung (*endblock*) aman digunakan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab 6 ini merupakan penarikan kesimpulan pada analisis dan desain flate plate beton prategang serta saran untuk kelanjutan dari penulisan ini. Disini akan diberikan dalam 3 subbab yaitu kesimpulan, saran, dan sistmatika penulisan.

6.1. Kesimpulan

Penelitian ini dimaksudkan untuk mempermudah menganalisis dan merencanakan desain flate plate beton prategang yang aman terhadap gaya-gaya yang terjadi, dengan menggunakan dasar bahasa pemrograman visual basic 6. Program ini dinamakan Flatep2001, dengan konsep mendesain struktur flate plate dengan dasar metode perimbangan beban pada 4 portal yang terdapat pada struktur tersebut, yaitu portal melintang bagian dalam dan bagian luar serta portal memanjang bagian dalam dan bagian luar. Sehingga diharapkan menjadikan program ini dapat memenuhi persyaratan sebagai program siap pakai dan layak untuk digunakan.

Secara umum proses pembuatan program dan pemakaian program untuk mendimensi struktur flate plate dapat berjalan dengan baik dan hasilnya sesuai dengan perhitungan manual .Dan dari beberapa percobaan-percobaan dengan menggunakan program Flatep2001, dengan berbagai macam variasi bentang

sehingga dapat diambil kesimpulan .Kesimpulan yang dapat diambil dari proses analitis tersebut adalah berikut ini.

1. Kapasitas nominal penampang flat plate, baik kapasitas momen, maupun geser sangat bergantung dari besar eksentrisitas, dikarenakan semakin besar eksentrisitas maka kekuatan nominal penampang semakin besar.
2. Analisa geser flat plate merupakan hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan, dikarenakan tidak adanya balok sehingga tegangan geser beton terkonsentrasi di daerah penampang kritis bo disekeliling kolom.
3. Metode perimbangan beban (*load balancing*) dapat digunakan dengan hasil efektif apabila penampang yang didesain mempunyai eksentrisitas besar, dikarenakan momen imbang yang dihasilkan sangat bergantung pada eksentrisitas.
4. Asumsi tegangan rata-rata pada penampang pelat beton akan menentukan besar beban yang diimbangi (W_{bal}) serta jumlah tendon yang diperlukan dan pada akhirnya berpengaruh pada kapasitas penampang tersebut.
5. Kebutuhan tendon jika kita ambil berdiameter kecil lebih banyak daripada jika kita ambil tendon yang berdiameter besar, sehingga dapat disimpulkan untuk menghasilkan desain yang ekonomis sebaiknya menggunakan tendon berdiamater besar.
6. Untuk mendapatkan lendutan yang kecil diperlukan perencanaan dengan eksentrisitas besar.

7. Perencanaan penulangan daerah ujung harus dilakukan dengan baik karena transfer gaya prategang hanya diterima oleh permukaan ujung berkaitan dengan pemakaian tendon tidak terekat (*unbonded tendon*).

6.2 Saran

Kami menyadari bahwa pada proses pembuatan tugas akhir analisis dan dimensi *flat plate* dengan menggunakan program *visual basic* sebagai program untuk mendesain program siap pakai *FLATEP2001* masih banyak keterbatasan dan kemungkinan untuk pengembangan masih ada, sehingga untuk pengembangan lebih lanjut dapat disarankan :

1. Asumsi tegangan rata-rata untuk desain *flat plate* beton prategang sebaiknya dilakukan dari nilai terkecil antara 0,86 MPa dan 3,5 MPa agar didapatkan desain yang efektif.
2. Untuk analisa *flat plate* beton prategang selanjutnya, perlu direncanakan pelat dengan variasi bentangan yang berbeda untuk tebal pelat yang sama, sehingga didapatkan bentangan maksimum yang masih bisa digunakan.
3. Untuk pembahasan selanjutnya perlu tinjauan dengan dimensi kolom yang berbeda sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap tegangan geser.
4. Perlu analisa lebih lanjut dengan pemberian kantilever sehingga eksentrisitas dan penampang kritis geser untuk bentangan tepi dapat diperbesar, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap kapasitas momen dan geser penampang.

6.3.Sistematika Penulisan

Pada Bab VI ini telah diberikan kesimpulan dan saran untuk penulisan tugas akhir ini, dengan demikian bab ini merupakan akhir dari penulisan tugas akhir ini.

PENUTUP

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, dengan berkat rahmat dan hidayah-Nya, maka penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul APLIKASI BAHASA PROGRAM VISUAL BASIC PADA ANALISIS DAN DESAIN FLATE PLATE BETON PRATEGANG dengan baik. Dengan selesainya laporan tugas akhir ini semoga akan dapat menambah pengetahuan kami, khususnya dalam disiplin ilmu Teknik Sipil, dan dapat pula mengenal dan merencanakan langsung suatu bentuk konstruksi teknik berdasarkan teori-teori yang penyusun dapatkan di bangku kuliah.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa laporan tugas akhir ini masih sangat jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat kami harapkan. Akhir kata, penyusun menghaturkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada segenap pihak yang telah membantu, sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Semoga laporantugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita, Amin.

DAFTAR PUSTAKA

Naaman, Antonie E 1982, PRESTRESED CONCRETE ANALYSIS AND DESIGN, Mc. Graw Hill Inc, New York.

Nilson, Arthur H 1987, DESIGN OF PRESTRESSED CONCRETE, Second Edition, John Wiley & Son Inc, New York.

Nilson, Arthur H dan Winter, George ,Tim Penerjemah dan Editor ITB, 1993, PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

_____,1983, BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR REINFORCED CONCRETE (ACI 318-83), Michigan.

_____,1991, TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR UNTUK BANGUNAN GEDUNG (SK SNI T-15-1991-03), Yayasan LPMB, Bandung.

Nawy, Edward, G., 1996, PRESTRESSED CONCRETE A FUNDAMENTAL APPROACH, PRENTICE HILL INC, New Jersey.

Lin, T.Y.Ned dan Burn, H., 1993, DESAIN STRUKTUR BETON PRATEGANG, Jilid 1 dan 2, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.

Raju, Krishna, 1989 BETON PRATEGANG, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.

Ferguson, Phil.M., 1986, DASAR-DASAR BETON BERTULANG, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.

Winarni Hadipratomo, 1994, STRUKTUR BETON PRATEGANG TEORI DAN PRINSIP DESAIN, Edisi Kedua, Nova, Bandung.

LAMPIRAN

L.1.1. Analisis Tegangan Rata-rata Bentang 7m x 6m

PROGRAM ANALISIS FLATE PLATE PRATEGANG

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 2

Dimensi Pelat

Panjang bentang dalam mm=7000
Lebar bentang dalam mm=6000
Tinggi penampang dalam cm=160
Selimut beton dlm cm=20

Material Properti

f_c dlm MPa=35
 f_y dlm MPa=240
Modulus Elastisitas Beton..KNm=27805
Mutu Beton (f_c') dalam MPa=24

Dimensi Kolom

arah x dalam cm=500
arah y dalam cm=500

Tegangan rata-rata asumsi dlm MPa

Bentang B1-B2=1,4
Bentang B3-B4=2,8
Bentang B5-B6=0,9
Bentang B7-B8=1,8
diameter tendon=12,7

Aps tendon dlm mm=98,7
 f_{pu} dalam MPa=1863

Data Pembebanan

beban mati dalam KN/m=5,52
beban hidup dalam KN/m=2,5

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 2

output Bentang B1-B2

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=13

Po aktual=390,434499

Pe aktual=223,105428

Tegangan rata-rata aktual $fpc=1,394408925$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=3,04479717984

W unb=4,97520282016

W/Dsisa=2,47520282016

Pada bentang dalam

W bal=4,1743480896

W unb=3,8456519104

W Dsisa=1,3456519104

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=15547263,681592

Konstanta torsional=545041066,666667

Kt=1783770,76363636

kekakuan kolom ekivalen=1600178,82933726

Inersia Slab=2048000000

Kekakuan Slab=1213629,62962963

Kc, Kt, Kekakuan ?

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 2

Bentang B3-B4

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=13

Po aktual=780,868998

Pe aktual=223,105428

Tegangan rata-rata aktual $fpc=1,394408925$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=3,04479717984

W unb=4,97520282016

WDsisa=2,47520282016

Pada bentang dalam

W bal=4,1743480896

W unb=3,8456519104

W Dsisa=1,3456519104

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=13102725,3668763

Konstanta torsional=545041066,666667

Kt=1783770,76363636

kekakuan kolom ekivalen=1570030,86747087

Inersia Slab=2048000000

Kekakuan Slab=1213629,62962963

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 2

Bentang B5-B6

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=10

Po aktual=165,49029

Pe aktual=147,10248

Tegangan rata-rata aktual $fpc=0,9193905$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=2,7325102896

W unb=5,2874897104

WDsisa=2,7874897104

Pada bentang dalam

W bal=3,746209824

W unb=4,273790176

W Dsisa=1,773790176

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=15547263,681592

Konstanta torsional=545041066,666667

Kt=1509344,49230769

kekakuan kolom ekivalen=1375782,13493669

Inersia Slab=2389333333,33333

Kekakuan Slab=1662144,92753623

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 2

Bentang B7-B8

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=10

Po aktual=330,98058

Pe aktual=147,10248

Tegangan rata-rata aktual $fpc=0,9193905$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=2,7325102896

W unb=5,2874897104

W/Dsisa=2,7874897104

Pada bentang dalam

W bal=3,746209824

W unb=4,273790176

W Dsisa=1,773790176

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=15547263,681592

Konstanta torsional=545041066,666667

Kt=1509344,49230769

kekakuan kolom ekuivalen=1375782,13493669

Inersia Slab=2389333333,33333

Kekakuan Slab=1662144,92753623

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 2

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B1-B2

Momen renc akibat W.D
M_D sisa maks KNm=10,13
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
M_{maks} muka kolom dlm KNm=8,89239858992
Modulus Penampang dlm mm³=4266666,66666667
Tegangan desak beton MPa=-4,5243715382625
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton MPa=-0,3560596992375
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc akibat W.unb
M_{unb} maks tumpuan KNm=20,76
M_{unb} maks lapangan KNm=10,78
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
M_{maks} muka kolom dlm KNm=18,27239858992
Tegangan desak beton MPa=-5,6770023445125
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=2,8881844945125
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-3,920971425
Kontrol teg tarik=aman

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 2

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B3-B4

Momen renc akibat W.D
M_D maks KNm=10,13
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
M maks muka kolom dlm KNm=8,89239858992
Modulus Penampang dlm mm³=4266666,66666667
Tegangan desak beton MPa=-6,9645871570125
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=-2,7962753179875
kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
M_{unb} maks tumpuan KNm=20,76
M_{unb} maks lapangan KNm=10,78
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
Jarak tumpuan
M maks muka kolom dlm KNm=18,27239858992
Tegangan desak beton MPa=-5,6770023445125
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=2,8881844945125
kontrol teg.tarik=aman
Jarak lapangan
Tegangan desak beton MPa=-3,920971425
kontrol.teg tarik=aman

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 2

Kontrol tegangan Ijin Bentang B5-B6

Momen renc akibat W.D
MDsisa maks KNm=8,44
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=7,0462551448
Modulus Penampang dlm mm³=4266666,6666667
Tegangan desak beton MPa=-2,6857803620625
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=0,6171517370625
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=16,25
Munb maks lapangan KNm=8,4
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=13,6062551448
Tegangan desak beton MPa=-4,1083565495625
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=2,2695755495625
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-2,8881405
Kontrol.teg tarik=aman

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 2

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B7-B8

Momen renc akibat W.D
MDsisa maks KNm=8,44
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=7,0462551448
Modulus Penampang dlm mm³=4266666,66666667
Tegangan desak beton MPa=-3,7200946745625
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=-0,4171625754375
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=16,65
Munb maks lapangan KNm=8,4
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=14,0062551448
Tegangan desak beton MPa=-4,2021065495625
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=2,3633255495625
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-2,8881405
Kontrol teg tarik=aman

L.1.2. Analisis Tegangan Rata-rata Bentang 8m x 6m

PROGRAM ANALISIS FLATE PLATE PRATEGANG

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Dimensi Pelat

Panjang bentang dalam mm=8000
Lebar bentang dalam mm=6000
Tinggi penampang dalam cm=180
Selimut beton dlm cm=20

Material Properti

f_c dlm MPa=35
 f_y dlm MPa=240
Modulus Elastisitas Beton..KNm=27805
Mutu Beton (f_c') dalam MPa=24

Dimensi Kolom

arah x dalam cm=500
arah y dalam cm=500

Tegangan rata-rata asumsi dlm MPa

Bentang B1-B2=2
Bentang B3-B4=2,2
Bentang B5-B6=0,9
Bentang B7-B8=1,5
diameter tendon=12,7

Aps tendon dlm mm=98,7
 f_{pu} dalam MPa=1863

Data Pembebanan

beban mati dalam KN/m=5,52
Beban hidup dalam KN/m=2,5

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

output Bentang B1-B2

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=21

Po aktual=901,00269

Pe aktual=360,401076

Tegangan rata-rata aktual $fpc=2,0022282$

Metoda Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=3,765740742855

W unb=4,254259257145

WDsis=1,754259257145

Pada bentang dalam

W bal=5,1627454137

W unb=2,8572545863

W Dsis=0,357254586299999

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=15782828,2828283

Konstanta torsional=751550400

Kt=2459619,49090909

kekakuan kolom ekivalen=2127990,30851563

Inersia Slab=2916000000

Kekakuan Slab=1505032,25806452

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Bentang B3-B4

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=13

Po aktual=697,2044625

Pe aktual=223,105428

Tegangan rata-rata aktual $fpc=1,2394746$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=2,331172840815

W unb=5,688827159185

W Dsisa=3,188827159185

Pada bentang dalam

W bal=3,1959852561

W unb=4,8240147439

W Dsisa=2,3240147439

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=11446886,4468864

Konstanta torsional=751550400

Kt=2459619,49090909

kekakuan kolom ekivalen=2024590,87429464

Inersia Slab=2916000000

Kekakuan Slab=1505032,25806452

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Bentang B5-B6

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=13

Po aktual=188,245204875

Pe aktual=167,329071

Tegangan rata-rata aktual $fpc=0,92960595$

Metoda Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=3,10823045442

W unb=4,91176954558

W Dsisa=2,41176954558

Pada bentang dalam

W bal=4,2613136748

W unb=3,7586863252

W Dsisa=1,2586863252

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=15782828,2828283

Konstanța torsional=751550400

Kt=1803720,96

kekakuan kolom ekivalen=1618726,77742208

Inersia Slab=3888000000

Kekakuan Slab=2704695,65217391

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Bentang B7-B8

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=10

Po aktual=241,3400625

Pe aktual=128,71467

Tegangan rata-rata aktual $f_{ps}=0,7150015$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=2,3909465034

W unb=5,6290534966

WDsisia=3,1290534966

Pada bentang dalam

W bal=3,277933596

W unb=4,742066404

W Dsisia=2,242066404

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=15782828,2828283

Konstanta torsional=751550400

Kt=1803720,96

kekakuan kolom ekivalen=1618726,77742208

Inersia Slab=3888000000

Kekakuan Slab=2704695,65217391

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B1-B2

Momen renc akibat W.D
MDsis maks KNm=9,01
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=8,1328703714275
Modulus Penampang dlm mm³=5400000
Tegangan desak beton MPa=-6,51165760581991
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=-3,49948339418009
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=23,06
Munb maks lapangan KNm=7,06
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=20,9328703714275
Tegangan desak beton MPa=-5,87868567619028
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=1,87422927619028
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-3,30963560740741
kontrol teg tarik=aman

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B3-B4

Momen renc akibat W.D
MDsisa maks KNm=17,41
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=15,8155864204075
Modulus Penampang dlm mm³=5400000
Tegangan desak beton MPa=-6,80217042507546
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=-0,944545824924537
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=21,48
Munb maks lapangan KNm=16,4
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=18,6355864204075
Tegangan desak beton MPa=-4,69050912229769
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=2,21155992229769
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-4,27651163703704
Kontrol.teg tarik=aman

Kontrol tegangan Ijin Bentang B5-B6

Momen renc akibat W.D
MDsisa maks KNm=7,22
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=6,01411522721
Modulus Penampang dlm mm³=5400000
Tegangan desak beton MPa=-2,15953173582593
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=6,79183483259256E-02
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=15,22
Munb maks lapangan KNm=5,28
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=12,76411522721
Tegangan desak beton MPa=-3,29333099207593
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=1,43411909207593
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-1,90738372777778
Kontrol.teg tarik=aman

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B7-B8

Momen renc akibat W.D
MDsisa maks KNm=9,63
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=8,0654732517
Modulus Peñampang dlm mm³=5400000
Tegangan desak beton MPa=-2,83438397022222
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=0,152828345222222
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=17,64
Munb maks lapangan KNm=9,34
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=14,8254732517
Tegangan desak beton MPa=-3,46053950957407
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=2,03037650957407
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-2,44471112962963
Kontrol.teg tarik=aman

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Tulangan Lekatan Minimum Tiap Bentang

Bentang : B1-B2

Luas tulangan yang diperlukan=1080

Luas tulangan dipakai=113,04

Jumlah tulangan=9,55414012738853

Jarak tulangan=28260

Jumlah Tulangan dipakai=10

Bentang : B3-B4

Luas tulangan yang diperlukan=1080

Luas tulangan dipakai=113,04

Jumlah tulangan=9,55414012738853

Jarak tulangan=28260

Jumlah Tulangan dipakai=10

Bentang : B5-B6

Luas tulangan yang diperlukan=810

Luas tulangan dipakai=113,04

Jumlah tulangan=7,1656050955414

Jarak tulangan=37680

Jumlah Tulangan dipakai=8

Bentang : B7-B8

Luas tulangan yang diperlukan=810

Luas tulangan dipakai=113,04

Jumlah tulangan=7,1656050955414

Jarak tulangan=37680

Jumlah Tulangan dipakai=8

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Momen Rencana Akhir Bentang B1-B2

Joint Terluar : ab

M balance (KNm)=17,19
M beban terfaktor (KNm)=49,6
Geser akibat b.terfaktor (KN)=41,22
e (m)=0
Mmaks renc kolom (KNm)=-32,41
M renc akhir (KNm)=-27,2575

Joint Dalam : ba

M balance (KNm)=22,07
M beban terfaktor (KNm)=59,81
Geser akibat b.terfaktor (KN)=43,77
e (m)=0,05095
Mmaks renc kolom (KNm)=-50,1024348222
M renc akhir (KNm)=-50,6311848222

Joint Dalam : bc

M balance (KNm)=27,15
M beban terfaktor (KNm)=56,88
Geser akibat b.terfaktor (KN)=42,5
e (m)=0,05095
Mmaks renc kolom (KNm)=-48,0924348222
M renc akhir (KNm)=-42,7799348222

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Momen Rencana Akhir Bentang B3-B4

Joint Terluar : ab

M balance (KNm)=10,65
M beban terfaktor (KNm)=49,6
Geser akibat b.terfaktor (KN)=41,22
e (m)=0
Mmaks renc kolom (KNm)=-38,95
M renc akhir (KNm)=-33,7975

Joint Dalam : ba

M balance (KNm)=13,66
M beban terfaktor (KNm)=59,81
Geser akibat b.terfaktor (KN)=43,77
e (m)=0,05095
Mmaks renc kolom (KNm)=-57,5172215566
M renc akhir (KNm)=-52,0459715566

Joint Dalam : bc

M balance (KNm)=16,81
M beban terfaktor (KNm)=56,88
Geser akibat b.terfaktor (KN)=42,5
e (m)=0,05095
Mmaks renc kolom (KNm)=-51,4372215566
M renc akhir (KNm)=-46,1247215566

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Momen Rencana Akhir Bentang B5-B6

Joint Terluar : ab

M balance (KNm)=7,95

M beban terfaktor (KNm)=26,87

Geser akibat b.terfaktor (KN)=30,68

e (m)=0

Mmaks renc kolom (KNm)=-18,92

M renc akhir (KNm)=-13,8066666666667

Joint dalam : ba

M balance (KNm)=10,45

M beban terfaktor (KNm)=34,01

Geser akibat b.terfaktor (KN)=33,06

e (m)=0,05095

Mmaks renc kolom (KNm)=-32,08541616745

M renc akhir (KNm)=-26,57541616745

Joint dalam : bc

M balance (KNm)=12,57

M beban terfaktor (KNm)=32,07

Geser akibat b.terfaktor (KN)=31,87

e (m)=0,05095

Mmaks renc kolom (KNm)=-28,02541616745

M renc akhir (KNm)=-22,7137495007833

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Momen Rencana Akhir Bentang B7-B8

Joint Terluar : ab

M balance (KNm)=5,88
M beban terfaktor (KNm)=26,87
Geser akibat b.terfaktor (KN)=30,68
e (m)=0
Mmaks renc kolom (KNm)=-20,99
M renc akhir (KNm)=-15,8766666666667

Joint Dalam : ba

M balance (KNm)=8,03
M beban terfaktor (KNm)=34,01
Geser akibat b.terfaktor (KN)=33,06
e (m)=0,05095
Mmaks renc kolom (KNm)=-32,5380124365
M renc akhir (KNm)=-27,0280124365

Joint Dalam : bc

M balance (KNm)=9,67
M beban terfaktor (KNm)=32,07
Geser akibat b.terfaktor (KN)=31,87
e (m)=0,05095
Mmaks renc kolom (KNm)=-28,9580124365
M renc akhir (KNm)=-23,6463457698333

Desainer = Ardian dan Wukirsari
Object name = TA 3

Perhitungan Momen Kapasitas Rencana Bentang B1-B2

Momen Ultimit Negatif=50,6311848222
Momen Ultimit Positif=36,8995651778
Momen Kapasitas Rencana tumpuan
d=153,65
p=2,24829157175399E-03
fs=1043,28
fps=1268,95375886525
a=16,2546580168067
Mn=422,227693242932
Mn aktual dlm KNm=63,28898102775
Kesimpulan=aman
Momen Kapasitas Rencana tengah bentang
a=14,7347924705882
Mn=384,746719822646
Mn aktual dalam KNm=46,12445647225
Kesimpulan=aman
Distribusi Tendon
Jumlah tendon jalur kolom
n kolom ==14,7
tendon dipakai=15
lebar jalur kolom=3000
jarak tendon=200
Jumlah tendon jalur tengah
n tengah ==6,3
tendon dipakai=6
n tengah ==5000
tendon dipakai=833,333333333333

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Perhitungan Momen Kapasitas Rencana Bentang B1-B2

Momen Ultimit Negatif=50,6311848222
Momen Ultimit Positif=36,8995651778
Momen Kapasitas Rencana tumpuan
d=153,65
p=2,24829167175399E-03
fse=1043,28
fps=1268,95375886525
a=16,2546580168067
Mn=422,227693242932
Mn aktual di m KNm=63,28898102775
Kesimpulan=aman
Momen Kapasitas Rencana tengah bentang
a=14,7347924705882
Mn=384,746719822646
Mn aktual dalam KNm=46,12445647225
Kesimpulan=aman
Distribusi Tendon
Jumlah tendon jalur kolom
n kolom ==14,7
tendon dipakai=15
lebar jalur kolom=3000
jarak tendon=200
Jumlah tendon jalur tengah
n tengah ==6,3
tendon dipakai=6
n tengah ==5000
tendon dipakai=833,333333333333

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Perhitungan Momen Kapasitas Rencana Bentang B3-B4

Momen Ultimit Negatif=52,0459715566

Momen Ultimit Positif=33,5547784434

Momen Kapasitas Rencana tumpuan

d=153,65

p=1,39179954441913E-03

fse=1043,28

fps=1364,75299509002

a=11,3300311932773

Mn=299,286396362673

Mn aktual dim KNm=65,05746444575

Kesimpulan=aman

Momen Kapasitas Rencana tengah bentang

a=9,81016564705882

Mn=260,469391383671

Mn aktual dalam KNm=41,94347305425

Kesimpulan=aman

Distribusi Tendon

Jumlah tendon jalur kolom

n kolom ==9,1

tendon dipakai=9

lebar jalur kolom=1750

jarak tendon=194,444444444444

Jumlah tendon jalur tengah

n tengah ==3,9

tendon dipakai=4

n tengah ==2500

tendon dipakai=625

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Perhitungan Momen Kapasitas Rencana Bentang B5-B6

Momen Ultimit Negatif=26,57541616745

Momen Ultimit Positif=19,78258383255

Momen Kapasitas Rencana tumpuan

d=153,65

p=1,04384965831435E-03

fse=1043,28

fps=1448,57732678669

a=8,72145532773109

Mn=309,880693262201

Mn aktual dlm KNm=33,2192702093125

Kesimpulan=aman

Momen Kapasitas Rencana tengah bentang

a=7,809536

Mn=278,3269056715

Mn aktual dalam KNm=24,7282297906875

Kesimpulan=aman

Distribusi Tendon

Jumlah tendon jalur kolom

n kolom ==9,1

tendon dipakai=9

lebar jalur kolom=3000

jarak tendon=333,333333333333

Jumlah tendon jalur tengah

n tengah ==3,9

tendon dipakai=4

n tengah ==3000

tendon dipakai=750

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Perhitungan Momen Kapasitas Rencana Bentang B7-B8

Momen Ultimit Negatif=27,0280124365

Momen Ultimit Positif=18,8499875635

Momen Kapasitas Rencana tumpuan

d=153,65

p=8,02961275626424E-04

fse=1043,28

fps=1549,1665248227

a=7,33640403361345

Mn=261,877842110814

Mn aktual dim KNm=33,785015545625

Kesimpulan=aman

Momen Kapasitas Rencana tengah bentang

a=6,42448470588235

Mn=230,023447419402

Mn aktual dalam KNm=23,562484454375

Kesimpulan=aman

Distribusi Tendon

Jumlah tendon jalur kolom

n kolom ==7

tendon dipakai=7

lebar jalur kolom=1750

jarak tendon=250

Jumlah tendon jalur tengah

n tengah ==3

tendon dipakai=3

n.tengah ==1500

tendon dipakai=500

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Analisis LENTUR bentang B1-B2

Mt maks tumpuan luar=27,2575
Mt maks tumpuan dalam=7,85125
jumlah tendon pada lebar efektif=2
lebar efektif (mm)=1040
Pada Tumpuan Luar
yf=0,6
p=2,10897435897436E-03
fps=1279,23744680851
a (mm)=16,9301057530705
Mn (KNm)=42,709429881867
Mu (KNm)=20,443125
Kesimpulan ==aman
Pada Tumpuan Dalam
yf=0,6
p=1,23532503942527E-03
fps=1396,60624113475
a (mm)=16,9301057530705
Mn (KNm)=79,4141439405917
Mu (KNm)=5,8884375
Kesimpulan ==aman

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Analisis LENTUR bentang B3-B4

Mt maks tumpuan luar=33,7975

Mt maks tumpuan dalam=5,92125

jumlah tendon pada lebar efektif=2

lebar efektif (mm)=1040

Pada Tumpuan Luar

yf=0,6

p=2,10897435897436E-03

fps=1279,23744680851

a (mm)=16,9301057530705

Mn (KNm)=42,709429881867

Mu (KNm)=25,348125

Kesimpulan ==aman

Pada Tumpuan Dalam

yf=0,6

p=1,23532503942527E-03

fps=1396,60624113475

a (mm)=16,9301057530705

Mn (KNm)=79,4141439405917

Mu (KNm)=4,4409375

Kesimpulan ==aman

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Analisis LENTUR bentang B5-B6

Mt maks tumpuan luar=13,8066666666667
Mt maks tumpuan dalam=3,8616666666667
jumlah tendon pada lebar efektif=2
lebar efektif (mm)=1040
Pada Tumpuan Luar
yf=0,6
p=2,10897435897436E-03
fps=1279,23744680851
a (mm)=15,176414738203
Mn (KNm)=38,697138940187
Mu (KNm)=10,355
Kesimpulan ==aman
Pada Tumpuan Dalam
yf=0,6
p=1,23532503942527E-03
fps=1396,60624113475
a (mm)=15,176414738203
Mn (KNm)=71,9685702017353
Mu (KNm)=2,89625000000003
Kesimpulan ==aman

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Analisis LENTUR bentang B7-B8

Mt maks tumpuan luar=15,8766666666667

Mt maks tumpuan dalam=3,38100000000000

jumlah tendon pada lebar efektif=2

lebar efektif (mm)=1040

Pada Tumpuan Luar

yf=0,6

p=2,10897435897436E-03

fps=1279,23744680851

a (mm)=15,176414738203

Mn (KNm)=38,697138940187

Mu (KNm)=11,9075

Kesimpulan ==aman

Pada Tumpuan Dalam

yf=0,6

p=1,23532503942527E-03

fps=1396,60624113475

a (mm)=15,176414738203

Mn (KNm)=71,9685702017353

Mu (KNm)=2,53625000000003

Kesimpulan ==aman

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Kontrol Kapasitas Geser Bentang B1-B2

Gaya geser=41,22
momen renc.akhir=27,2575
Geser Kolom Pinggir
bo (mm)=2432
Ac (mm²)=350208
C AB (mm)=134,532894736842
C CD (mm)=293,467105263158
g (mm)=43,4671052631579
Jc (mm⁴)=4346371306,14682
Vu AB (MPa)=1,01985237525036
Vu CD (MPa)=-8,58645737152769E-02
ØVc (MPa)=1,42529543695793
Kesimpulan=tidak perlu tulangan geser

Kolom Tengah Bentang
Gaya geser=86,27
momen renc.akhir=7,85125
Geser Kolom Tengah
bo (mm)=2576
Ac (mm²)=370944
C AB (mm)=322
Jc (mm⁴)=25961134080
Vu AB (MPa)=1,71174858154895
Vu CD (MPa)=1,24432323862649
ØVc (MPa)=1,42529543695793
Kesimpulan=perlu tulangan geser

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Kontrol kapasitas Geser bentang B3-B4

Gaya geser=41,22
momen renc.akhir=33,7975
Geser Kolom Pinggir
bo (mm)=2288
Ac (mm²)=329472
C AB (mm)=143
C CD (mm)=285
g (mm)=35
Jc (mm⁴)=4407250752
Vu AB (MPa)=1,1951683411474
Vu CD (MPa)=3,58012101346534E-02
ØVc (MPa)=1,28799978895793
Kesimpulan=tidak perlu tulangan geser

Kolom Tengah Bentang
Gaya geser=86,27
momen renc.akhir=5,92125
Geser Kolom Tengah
bo (mm)=2576
Ac (mm²)=370944
C AB (mm)=322
Jc (mm⁴)=25961134080
Vu AB (MPa)=1,74732040132741
Vu CD (MPa)=1,39479789704088
ØVc (MPa)=1,28799978895793
Kesimpulan=perlu tulangan geser

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Kontrol Kapasitas Geser bentang B5-B6

Gaya geser=30,68
momen renc.akhir=13,8066666666667
Geser Kolom Pinggir
bo (mm)=2432
Ac (mm²)=350208
C AB (mm)=134,532894736842
C CD (mm)=293,467105263158
g (mm)=43,4671052631579
Jc (mm⁴)=4346371306,14682
Vu AB (MPa)=0,899077898000033
Vu CD (MPa)=-0,268290860962995
ØVc (MPa)=1,23222343195793
Kesimpulan=tidak perlu tulangan geser

Kolom Tengah Bentang
Gaya geser=64,93
momen renc.akhir=3,86166666666667
Geser Kolom Tengah
bo (mm)=2576
Ac (mm²)=370944
C AB (mm)=322
Jc (mm⁴)=25961134080
Vu AB (MPa)=1,63650275665151
Vu CD (MPa)=1,32996288662335
ØVc (MPa)=1,23222343195793
Kesimpulan=perlu tulangan geser

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Kontrol kapasitas geser Bentang B7-B8

Gaya geser=30,68
momen renc.akhir=15,8766666666667
Geser Kolom Pinggir
bo (mm)=2288
Ac (mm²)=329472
C AB (mm)=143
C CD (mm)=285
g (mm)=35
Jc (mm⁴)=4407250752
Vu AB (MPa)=1,00197075968474
Vu CD (MPa)=-0,230959363673339
ØVc (MPa)=1,19360903095793
Kesimpulan=tidak perlu tulangan geser

Kolom Tengah Bentang
Gaya geser=64,93
momen renc.akhir=3,38166666666667
Geser Kolom Tengah
bo (mm)=2576
Ac (mm²)=370944
C AB (mm)=322
Jc (mm⁴)=25961134080
Vu AB (MPa)=1,59000500779887
Vu CD (MPa)=1,5631612703674
ØVc (MPa)=1,19360903095793
Kesimpulan=perlu tulangan geser

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Tabel Desain Flate Plate

Portal B1-B2

Asumsi teg rata-rata...MPa=2
Jumlah tendon=21
Lebar jalur kolom..mm=3000
tendon dijalur kolom=15
Jarak tendon jalur kolom...mm=200
Lebar jalur tengah...mm=5000
tendon dijalur tengah=6
Jarak tendon jalur tengah...mm=833,333333333333
Vu maks kolom tepi..MPa=1,01985237525036
Vu maks kolom tengah..MPa=1,71174858154895
Vc ...MPa=1,42529543695793

Portal B3-B4

Asumsi teg rata-rata...MPa=2,5
Jumlah tendon=13
Lebar jalur kolom..mm=1750
tendon dijalur kolom=9
Jarak tendon jalur kolom...mm=194,444444444444
Lebar jalur tengah...mm=2500
tendon dijalur tengah=4
Jarak tendon jalur tengah...mm=625
Vu maks kolom tepi..MPa=1,1951683411474
Vu maks kolom tengah..MPa=1,74732040132741
Vc ...MPa=1,28799978895793

Portal B5-B6

Asumsi teg rata-rata...MPa=0,9
Jumlah tendon=13
Lebar jalur kolom..mm=3000
tendon dijalur kolom=9
Jarak tendon jalur kolom...mm=333,333333333333
Lebar jalur tengah...mm=3000
tendon dijalur tengah=4
Jarak tendon jalur tengah...mm=750
Vu maks kolom tepi..MPa=0,899077898000033
Vu maks kolom tengah..MPa=1,63650275665151
Vc ...MPa=1,23222343195793

Portal B7-B8

Asumsi teg rata-rata...MPa=1,5
Jumlah tendon=10
Lebar jalur kolom..mm=1750
tendon dijalur kolom=7
Jarak tendon jalur kolom...mm=250
Lebar jalur tengah...mm=1500
tendon dijalur tengah=3
Jarak tendon jalur tengah...mm=500
Vu maks kolom tepi..MPa=1,00197075968474
Vu maks kolom tengah..MPa=1,59000500779887
Vc ...MPa=1,19360903095793

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Perhitungan Tulangan Geser

Kolom Tepi

$V_u \text{ maks} = 1,1951683411474$

$V_u \text{ dipakai} = 418557,514416549$

$\phi V_n = 1,77482393492988$

Tulangan geser=dapat dipakai

$\phi V_c \text{ dengan tul geser} = 207185,846867975$

$V_s = 211371,667548574$

Diameter tulangan=12

Jarak antar sengkang=140

Lebar sengkang=460

As perlu=

As perlu tiap sisi=

Av ada=

ap=

Jumlah sengkang=

Kolom Tengah

$V_u \text{ maks} = 1,74732040132741$

$V_u \text{ dipakai} = 648158,018949995$

$\phi V_n = 1,77482393492988$

Tulangan geser=dapat dipakai

$\phi V_c \text{ dengan tul geser} = 219453,42990621$

$V_s = 428704,589043784$

Diameter tulangan=12

Jarak antar sengkang=140

Lebar sengkang=460

As perlu=1736,65053432089

As perlu tiap sisi=578,883511440295

Av ada=452,16

ap=1126,04842018657

Jumlah sengkang=9,04320300133264

Kolom Tepi

$V_u \text{ maks} = 1,1951683411474$

$V_u \text{ dipakai} = 393774,503694516$

$\phi V_n = 1,77482393492988$

Tulangan geser=dapat dipakai

$\phi V_c \text{ dengan tul geser} = 194918,26382974$

$V_s = 198856,239864776$

Diameter tulangan=12

Jarak antar sengkang=140

Lebar sengkang=460

As perlu=

As perlu tiap sisi=

Av ada=

ap=

Jumlah sengkang=

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Analisa Lendutan

Portal Arah Melintang

Momen renc akhir ujung dlm KNm=13,8066666666667
Momen renc akhir tengah dlm KNm=3,86166666666667
Kec=45008698046,2209
inersia portal ekivalen=3888000000
Inersia jalur kolom=1458000000
Inersia jalur tengah=2430000000
Defleksi dasar...mm=0,132815442651982
untuk jalur kolom.. mm=0,245088763507125
untuk jalur tengah...mm=6,54514501388969E-02
rotasi ujung kanan...rad=2,45404417652573E-03
rotasi ujung kiri...rad=6,86385847055789E-04
def.jalur kolom..mm=2,60041128119327
def.jalur tengah..mm=2,42077396782504

Portal Arah Memanjang

Momen renc akhir ujung dlm KNm=27,2575
Momen renc akhir tengah dlm KNm=7,85125
Kec=59168770528,2771
inersia portal ekivalen=2916000000
Inersia jalur kolom=1458000000
Inersia jalur tengah=1458000000
Defleksi dasar=0,375895600754059
untuk jalur kolom.. mm=0,501444731405915
untuk jalur tengah...mm=0,237566019676566
rotasi ujung kanan...rad=2,7640425606248E-03
rotasi ujung kiri...rad=7,96154788740913E-04
def.jalur kolom..mm=4,06164208077162
def.jalur tengah...mm=3,79776336904227
Total Defleksi=6,4402953494161

Engginer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 3

Lendutan Jangka Panjang

Portal arah melintang

V_{sust} dlm KN/m=3,379259257145

lendutan j.panjang dlm mm=5,08222221749331

Portal arah memanjang

V_{sust} dlm KN/m=1,9822545863

lendutan j.panjang dlm mm=4,49725376389203

defleksi total jangka panjang mm=16,0197713308014

defleksi batas...mm=25

Kesimpulan= aman terhadap lendutan jangka panjang

RATA2 ASUMSI=2.2 MPA

E L E M E N T F O R C E S

AD ND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
1	.00	.0	22.86	-27.62			
		3.9	.00	16.90			
		8.0	-24.09	-32.54			
1	.00	.0	20.28	-27.42			
		4.0	.00	13.14			
		8.0	-20.28	-27.42			
1	.00	.0	24.09	-32.54			
		4.1	.00	16.90			
		8.0	-22.86	-27.62			
1	-11.43	.0	-6.76	13.81			
		3.0	-6.76	-6.46			
1	-22.18	.0	1.25	-2.56			
		3.0	1.25	1.20			
1	-22.18	.0	-1.25	2.56			
		3.0	-1.25	-1.20			
1	-11.43	.0	6.76	-13.81			
		3.0	6.76	6.46			
1	11.43	.0	-6.76	13.81			
		3.0	-6.76	-6.46			
1	22.18	.0	1.25	-2.56			
		3.0	1.25	1.20			
1	22.18	.0	-1.25	2.56			
		3.0	-1.25	-1.20			
1	11.43	.0	6.76	-13.81			
		3.0	6.76	6.46			

RATA2 ASUMSI=2.2 MPa

E L E M E N T F O R C E S

	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
1	.00					
	.0	13.16	-15.94			
	3.9	.00	9.75			
	8.0	-13.79	-18.46			
1	.00					
	.0	10.28	-14.03			
	4.0	.00	6.52			
	8.0	-10.28	-14.03			
1	.00					
	.0	13.79	-18.46			
	4.1	.00	9.75			
	8.0	-13.16	-15.94			
1	-6.58					
	.0	-3.90	7.97			
	3.0	-3.90	-3.73			
1	-12.03					
	.0	1.08	-2.22			
	3.0	1.08	1.04			
1	-12.03					
	.0	-1.08	2.22			
	3.0	-1.08	-1.04			
1	-6.58					
	.0	3.90	-7.97			
	3.0	3.90	3.73			
1	6.58					
	.0	-3.90	7.97			
	3.0	-3.90	-3.73			
1	12.03					
	.0	1.08	-2.22			
	3.0	1.08	1.04			
1	12.03					
	.0	-1.08	2.22			
	3.0	-1.08	-1.04			
1	6.58					
	.0	3.90	-7.97			
	3.0	3.90	3.73			

RATA2 ASUMSI=2
ANALISIS STRUKTUR FLATE PLATE
AN RAHMAN DAN WUKIRSARI
B1-B2 WDSISA

=3

=0

=6

NS

R=0,0,1,1,1,0

R=1,1,1,1,1,1

=2

P=.18,8 E=2.1E9

P=.5,.5 E=2.1E9

BENTANG B1-B2

-1.754

-0.357

:1 NSL=1

:1 NSL=2

:1 NSL=1

:2

:2

:2

:2

:2

I=2

M=2

M-2

-TEG RATA-RATA ASUMSI =1.5MPa
GRAM ANALISIS STRUKTUR FLATE PLATE
ARDIAN RAHMAN DAN WUKIRSARI
TANG B7-B8 WDSISA

FEM

NTS

=0 Y=3

=6

=12

=18

=0 y=0

=6

=12

=18

0 Y=6

=6

=12

=18

RAINS

,1 R=0,0,1,1,1,0

,1 R=1,1,1,1,1,1

E

NL=2

=R T=.18,8 E=2.1E9

=R T=.5,.5 E=2.1E9

BAN BENTANG B7-B8

=0,-3.129

=0,-2.242

2 M=1 NSL=1

3 M=1 NSL=2

4 M=1 NSL=1

5 M=2

6 M=2

7 M=2

8 M=2

9 M=2

10 M=2

,11 M=2

,12 M=2

	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
	.00					
	.0	16.65	-20.23			
	3.9	.00	12.37			
	8.0	-17.35	-23.06			
1	.00					
	.0	11.40	-15.74			
	4.0	.00	7.06			
	8.0	-11.40	-15.74			
1	.00					
	.0	17.35	-23.06			
	4.1	.00	12.37			
	8.0	-16.65	-20.23			
1	-8.32					
	.0	-4.95	10.11			
	3.0	-4.95	-4.74			
1	-14.38					
	.0	1.79	-3.66			
	3.0	1.79	1.71			
1	-14.38					
	.0	-1.79	3.66			
	3.0	-1.79	-1.71			
1	-8.32					
	.0	4.95	-10.11			
	3.0	4.95	4.74			
1	8.32					
	.0	-4.95	10.11			
	3.0	-4.95	-4.74			
1	14.38					
	.0	1.79	-3.66			
	3.0	1.79	1.71			
1	14.38					
	.0	-1.79	3.66			
	3.0	-1.79	-1.71			
1	8.32					
	.0	4.95	-10.11			
	3.0	4.95	4.74			

E L E M E N T F O R C E S

	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
	.00						
		.0	6.96	-8.57			
		4.0	.00	5.24			
		8.0	-7.07	-9.01			
	.00						
		.0	1.43	-2.40			
		4.0	.00	.46			
		8.0	-1.43	-2.40			
	.00						
		.0	7.07	-9.01			
		4.0	.00	5.24			
		8.0	-6.96	-8.57			
1	-3.48						
		.0	-2.10	4.29			
		3.0	-2.10	-2.01			
1	-4.25						
		.0	1.62	-3.30			
		3.0	1.62	1.55			
1	-4.25						
		.0	-1.62	3.30			
		3.0	-1.62	-1.55			
1	-3.48						
		.0	2.10	-4.29			
		3.0	2.10	2.01			
1	3.48						
		.0	-2.10	4.29			
		3.0	-2.10	-2.01			
1	4.25						
		.0	1.62	-3.30			
		3.0	1.62	1.55			
1	4.25						
		.0	-1.62	3.30			
		3.0	-1.62	-1.55			
1	3.48						
		.0	2.10	-4.29			
		3.0	2.10	2.01			

E L E M E N T F O R C E S

	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
	.00					
	.0	12.47	-15.12			
	3.9	.00	9.25			
	8.0	-13.04	-17.41			
	.00					
	.0	9.30	-12.74			
	4.0	.00	5.85			
	8.0	-9.30	-12.74			
	.00					
	.0	13.04	-17.41			
	4.1	.00	9.25			
	8.0	-12.47	-15.12			
	-6.23					
	.0	-3.70	7.56			
	3.0	-3.70	-3.54			
	-11.17					
	.0	1.14	-2.33			
	3.0	1.14	1.09			
	-11.17					
	.0	-1.14	2.33			
	3.0	-1.14	-1.09			
	-6.23					
	.0	3.70	-7.56			
	3.0	3.70	3.54			
	6.23					
	.0	-3.70	7.56			
	3.0	-3.70	-3.54			
1	11.17					
	.0	1.14	-2.33			
	3.0	1.14	1.09			
1	11.17					
	.0	-1.14	2.33			
	3.0	-1.14	-1.09			
1	6.23					
	.0	3.70	-7.56			
	3.0	3.70	3.54			

EA2 ASUMSI=2 MPA

E L E M E N T F O R C E S

AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
.00					
.0	22.17	-26.80			
3.9	.00	16.40			
8.0	-23.34	-31.48			
.00					
.0	19.28	-26.11			
4.0	.00	12.45			
8.0	-19.28	-26.11			
.00					
.0	23.34	-31.48			
4.1	.00	16.40			
8.0	-22.17	-26.80			
-11.08					
.0	-6.56	13.40			
3.0	-6.56	-6.27			
-21.31					
.0	1.32	-2.69			
3.0	1.32	1.26			
-21.31					
.0	-1.32	2.69			
3.0	-1.32	-1.26			
-11.08					
.0	6.56	-13.40			
3.0	6.56	6.27			
11.08					
.0	-6.56	13.40			
3.0	-6.56	-6.27			
21.31					
.0	1.32	-2.69			
3.0	1.32	1.26			
21.31					
.0	-1.32	2.69			
3.0	-1.32	-1.26			
11.08					
.0	6.56	-13.40			
3.0	6.56	6.27			

E L E M E N T F O R C E S

E	N	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
L		.00					
		.0	9.13	-8.08			
		2.9	.00	5.24			
		6.0	-9.65	-9.63			
L		.00					
		.0	6.73	-6.99			
		3.0	.00	3.10			
		6.0	-6.73	-6.99			
L		.00					
		.0	9.65	-9.63			
		3.1	.00	5.24			
		6.0	-9.13	-8.08			
L		-4.56					
		.0	-1.98	4.04			
		3.0	-1.98	-1.89			
L		-8.19					
		.0	.65	-1.32			
		3.0	.65	.62			
L		-8.19					
		.0	-.65	1.32			
		3.0	-.65	-.62			
L		-4.56					
		.0	1.98	-4.04			
		3.0	1.98	1.89			
L		4.56					
		.0	-1.98	4.04			
		3.0	-1.98	-1.89			
L		8.19					
		.0	.65	-1.32			
		3.0	.65	.62			
L		8.19					
		.0	-.65	1.32			
		3.0	-.65	-.62			
L		4.56					
		.0	1.98	-4.04			
		3.0	1.98	1.89			

E L E M E N T F O R C E S

D	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
D	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
1	.00					
	.0	16.35	-14.40			
	2.9	.00	9.34			
	6.0	-17.43	-17.64			
1	.00					
	.0	14.23	-14.53			
	3.0	.00	6.81			
	6.0	-14.23	-14.53			
1	.00					
	.0	17.43	-17.64			
	3.1	.00	9.34			
	6.0	-16.35	-14.40			
1	-8.17					
	.0	-3.52	7.20			
	3.0	-3.52	-3.37			
1	-15.83					
	.0	.76	-1.55			
	3.0	.76	.73			
1	-15.83					
	.0	-.76	1.55			
	3.0	-.76	-.73			
1	-8.17					
	.0	3.52	-7.20			
	3.0	3.52	3.37			
1	8.17					
	.0	-3.52	7.20			
	3.0	-3.52	-3.37			
1	15.83					
	.0	.76	-1.55			
	3.0	.76	.73			
1	15.83					
	.0	-.76	1.55			
	3.0	-.76	-.73			
1	8.17					
	.0	3.52	-7.20			
	3.0	3.52	3.37			

E L E M E N T F O R C E S

D	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE	AXIAL
D	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	TORQ
1	.00				
	.0	6.81	-5.88		
	2.9	.00	3.82		
	6.0	-7.53	-8.03		
1	.00				
	.0	9.83	-9.67		
	3.0	.00	5.08		
	6.0	-9.83	-9.67		
1	.00				
	.0	7.53	-8.03		
	3.1	.00	3.82		
	6.0	-6.81	-5.88		
1	-3.41				
	.0	-1.44	2.94		
	3.0	-1.44	-1.38		
1	-8.68				
	.0	-.40	.82		
	3.0	-.40	-.38		
1	-8.68				
	.0	.40	-.82		
	3.0	.40	.38		
1	-3.41				
	.0	1.44	-2.94		
	3.0	1.44	1.38		
1	3.41				
	.0	-1.44	2.94		
	3.0	-1.44	-1.38		
1	8.68				
	.0	-.40	.82		
	3.0	-.40	-.38		
1	8.68				
	.0	.40	-.82		
	3.0	.40	.38		
1	3.41				
	.0	1.44	-2.94		
	3.0	1.44	1.38		

E L E M E N T F O R C E S

AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ

.00					
.0	6.81	-5.88			
2.9	.00	3.82			
6.0	-7.53	-8.03			

.00					
.0	9.83	-9.67			
3.0	.00	5.08			
6.0	-9.83	-9.67			

.00					
.0	7.53	-8.03			
3.1	.00	3.82			
6.0	-6.81	-5.88			

-3.41					
.0	-1.44	2.94			
3.0	-1.44	-1.38			

-8.68					
.0	-.40	.82			
3.0	-.40	-.38			

-8.68					
.0	.40	-.82			
3.0	.40	.38			

-3.41					
.0	1.44	-2.94			
3.0	1.44	1.38			

3.41					
.0	-1.44	2.94			
3.0	-1.44	-1.38			

8.68					
.0	-.40	.82			
3.0	-.40	-.38			

8.68					
.0	.40	-.82			
3.0	.40	.38			

3.41					
.0	1.44	-2.94			
3.0	1.44	1.38			

E L E M E N T F O R C E S

	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
	.00					
	.0	8.95	-10.65			
	3.8	.00	6.53			
	8.0	-9.70	-13.66			
	.00					
	.0	12.78	-16.81			
	4.0	.00	8.76			
	8.0	-12.78	-16.81			
	.00					
	.0	9.70	-13.66			
	4.2	.00	6.53			
	8.0	-8.95	-10.65			
	-4.47					
	.0	-2.60	5.32			
	3.0	-2.60	-2.49			
	-11.24					
	.0	-.77	1.57			
	3.0	-.77	-.74			
	-11.24					
	.0	.77	-1.57			
	3.0	.77	.74			
	-4.47					
	.0	2.60	-5.32			
	3.0	2.60	2.49			
	4.47					
	.0	-2.60	5.32			
	3.0	-2.60	-2.49			
	11.24					
	.0	-.77	1.57			
	3.0	-.77	-.74			
	11.24					
	.0	.77	-1.57			
	3.0	.77	.74			
	4.47					
	.0	2.60	-5.32			
	3.0	2.60	2.49			

E L E M E N T F O R C E S

D	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
D	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
1	.00					
	.0	14.45	-17.19			
	3.8	.00	10.54			
	8.0	-15.67	-22.07			
1	.00					
	.0	20.65	-27.15			
	4.0	.00	14.14			
	8.0	-20.65	-27.15			
1	.00					
	.0	15.67	-22.07			
	4.2	.00	10.54			
	8.0	-14.45	-17.19			
	-7.23					
	.0	-4.21	8.60			
	3.0	-4.21	-4.02			
	-18.16					
	.0	-1.24	2.54			
	3.0	-1.24	-1.19			
	-18.16					
	.0	1.24	-2.54			
	3.0	1.24	1.19			
	-7.23					
	.0	4.21	-8.60			
	3.0	4.21	4.02			
	7.23					
	.0	-4.21	8.60			
	3.0	-4.21	-4.02			
	18.16					
	.0	-1.24	2.54			
	3.0	-1.24	-1.19			
	18.16					
	.0	1.24	-2.54			
	3.0	1.24	1.19			
	7.23					
	.0	4.21	-8.60			
	3.0	4.21	4.02			

L.1.3. Analisis Tegangan Rata-rata Bentang 8m x 7m

PROGRAM ANALISIS FLATE PLATE PRATEGANG

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 5

Dimensi Pelat

Panjang bentang dalam mm=8000
Lebar bentang dalam mm=7000
Tinggi penampang dalam cm=180
Selimut beton dlm cm=20

Material Properti

fc dlm MPa=35
fy dlm MPa=240
Modulus Elastisitas Beton..KNm=27805
Mutu Beton (fc') dalam MPa=24

Dimensi Kolom

arah x dalam cm=500
arah y dalam cm=500

Tegangan rata-rata asumsi dlm MPa

Bentang B1-B2=2
Bentang B3-B4=3,2
Bentang B5-B6=0,9
Bentang B7-B8=1,8
diameter tendon=12,7

Aps tendon dlm mm=98,7
fpu dalam MPa=1863

Data Pembebanan

beban mati dalam KN/m=5,52
Beban hidup dalam KN/m=2,5

ngineer = Ardian dan Wukirsari
ject name = TA 1

output Bentang B1-B2

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=24

Po aktual=882,61488

Pe aktual=353,045952

Tegangan rata-rata aktual $fpc=1,9613664$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=3,68888889096

W unb=4,33111110904

W Dsisa=1,83111110904

Pada bentang dalam

W bal=5,0573832624

W unb=2,9626167376

W Dsisa=0,462616737599999

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=13269639,0658174

Konstanta torsional=751550400

Kt=2081216,49230769

kekakuan kolom ekuivalen=1799052,278629

Inersia Slab=3402000000

Kekakuan Slab=1755870,96774194

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

ngineer = Ardian dan Wukirsari
ject name = TA.5

Bentang B3-B4

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=20

Po aktual=1176,81984

Pe aktual=294,20496

Tegangan rata-rata aktual $fpc=1,634472$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=3,0740740758

W unb=4,9459259242

WDsisa=2,4459259242

Pada bentang dalam

W bal=4,214486052

W unb=3,805513948

W Dsisa=1,305513948

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=11446886,4468864

Konstanta torsional=751550400

Kt=2081216,49230769

kekakuan kolom ekivalen=1761033,97245827

Inersia Slab=3402000000

Kekakuan Slab=1755870,96774194

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 1

Bentang B5-B6

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=13

Po aktual=188,245204875

Pe aktual=167,329071

Tegangan rata-rata aktual $f_{pc}=0,92960595$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=2,28359788488

W unb=5,73640211512

WDsisa=3,23640211512

Pada bentang dalam

W bal=3,1307610672

W unb=4,8892389328

W Dsisa=2,3892389328

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=13269639,0658174

Konstanta torsional=751550400

Kt=1803720,96

kekakuan kolom ekuivalen=1587882,60040593

Inersia Slab=3888000000

Kekakuan Slab=2304000

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 5

Bentang B7-B8

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=13

Po aktual=376,49040975

Pe aktual=167,329071

Tegangan rata-rata aktual $f_{pc}=0,92960595$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=2,28359788488

W unb=5,73640211512

WDsisa=3,23640211512

Pada bentang dalam

W bal=3,1307610672

W unb=4,8892389328

W Dsisa=2,3892389328

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=13269639,0658174

Konstanta torsional=751550400

Kt=1803720,96

kekakuan kolom ekivalen=1587882,60040593

Inersia Slab=3888000000

Kekakuan Slab=2304000

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,988013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 1

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B1-B2

Momen renc akibat W.D
MDsisa maks KNm=9,44
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=8,37185185306
Modulus Penampang dlm mm³=5400000
Tegangan desak beton MPa=-6,45375893575185
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=-3,35307306424815
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=23,54
Munb maks lapangan KNm=12,61
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=21,0135185197267
Tegangan desak beton MPa=-5,8527587184679
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=1,9300259184679
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-4,29655158518518
Kontrol.teg tarik=aman

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 5

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B3-B4

Momen renc akibat W.D
MDsisa maks KNm=13,03
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=11,60320987755
Modulus Penampang dlm mm³=5400000
Tegangan desak beton MPa=-8,68663056991667
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton MPa=-4,38914543008333
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=27,13
Munb maks lapangan KNm=14,3
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=24,2448765442167
Tegangan desak beton MPa=-6,12426395263272
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=2,85531995263272
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-4,28262014814815
Kontrol.teg tarik=aman

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 5

Kontrol tegangan Ijin Bentang B5-B6

Momen renc akibat W.D
MDisa maks KNm=13,54
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=11,65209876618
Modulus Penampang dlm mm³=5400000
Tegangan desak beton MPa=-3,20360276156111
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=1,1198937406111
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=24,31
Munb maks lapangan KNm=12,66
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=20,9637654328467
Tegangan desak beton MPa=-4,81178473386049
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=2,95257283386049
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-3,27405039444444
Kontrol.teg tarik=aman

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 5

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B7-B8

Momen renc akibat W.D

M_D sisa maks KNm=13,54

Tegangan Yang Terjadi saat Transfer

M_{maks} muka kolom dlm KNm=11,65209876618

Modulus Penampang dlm mm³=5400000

Tegangan desak beton MPa=-4,24940945531111

ontrol teg.tekan

Tegangan tarik beton Mpa=6,61826803111105E-02

ontrol teg.tarik=aman

Momen renc akibat W.unb

M_{unb} maks tumpuan KNm=24,31

M_{unb} maks lapangan KNm=12,66

Tegangan Yang Terjadi saat Layan

aerah tumpuan

M_{maks} muka kolom dlm KNm=20,9637654328467

Tegangan desak beton MPa=-4,81178473386049

ontrol teg.tekan=aman

Tegangan tarik beton MPa=2,95257283386049

ontrol teg.tarik=aman

aerah lapangan

Tegangan desak beton MPa=-3,27405039444444

ontrol teg tarik=aman

E L E M E N T F O R C E S

D	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
D	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
1	.00					
	.0	9.59	-11.70			
	3.9	.00	7.16			
	8.0	-9.93	-13.03			
1	.00					
	.0	5.22	-7.38			
	4.0	.00	3.06			
	8.0	-5.22	-7.38			
1	.00					
	.0	9.93	-13.03			
	4.1	.00	7.16			
	8.0	-9.59	-11.70			
1	-4.80					
	.0	-2.86	5.85			
	3.0	-2.86	-2.74			
1	-7.57					
	.0	1.38	-2.82			
	3.0	1.38	1.32			
1	-7.57					
	.0	-1.38	2.82			
	3.0	-1.38	-1.32			
1	-4.80					
	.0	2.86	-5.85			
	3.0	2.86	2.74			
1	4.80					
	.0	-2.86	5.85			
	3.0	-2.86	-2.74			
1	7.57					
	.0	1.38	-2.82			
	3.0	1.38	1.32			
1	7.57					
	.0	-1.38	2.82			
	3.0	-1.38	-1.32			
1	4.80					
	.0	2.86	-5.85			
	3.0	2.86	2.74			

E L E M E N T F O R C E S

D	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
D	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
1	.00					
	.0	19.29	-23.37			
	3.9	.00	14.30			
	8.0	-20.23	-27.13			
1	.00					
	.0	15.36	-20.94			
	4.0	.00	9.78			
	8.0	-15.36	-20.94			
1	.00					
	.0	20.23	-27.13			
	4.1	.00	14.30			
	8.0	-19.29	-23.37			
1	-9.65					
	.0	-5.72	11.68			
	3.0	-5.72	-5.47			
1	-17.79					
	.0	1.51	-3.09			
	3.0	1.51	1.45			
1	-17.79					
	.0	-1.51	3.09			
	3.0	-1.51	-1.45			
1	-9.65					
	.0	5.72	-11.68			
	3.0	5.72	5.47			
1	9.65					
	.0	-5.72	11.68			
	3.0	-5.72	-5.47			
1	17.79					
	.0	1.51	-3.09			
	3.0	1.51	1.45			
1	17.79					
	.0	-1.51	3.09			
	3.0	-1.51	-1.45			
1	9.65					
	.0	5.72	-11.68			
	3.0	5.72	5.47			

E E L E M E N T F O R C E S

AD ND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
1	.00	.0	16.95	-20.59			
		3.9	.00	12.60			
		8.0	-17.69	-23.52			
1	.00	.0	11.84	-16.32			
		4.0	.00	7.36			
		8.0	-11.84	-16.32			
1	.00	.0	17.69	-23.52			
		4.1	.00	12.60			
		8.0	-16.95	-20.59			
1	-8.48	.0	-5.04	10.30			
		3.0	-5.04	-4.82			
1	-14.76	.0	1.76	-3.60			
		3.0	1.76	1.69			
1	-14.76	.0	-1.76	3.60			
		3.0	-1.76	-1.69			
1	-8.48	.0	5.04	-10.30			
		3.0	5.04	4.82			
1	8.48	.0	-5.04	10.30			
		3.0	-5.04	-4.82			
1	14.76	.0	1.76	-3.60			
		3.0	1.76	1.69			
1	14.76	.0	-1.76	3.60			
		3.0	-1.76	-1.69			
1	8.48	.0	5.04	-10.30			
		3.0	5.04	4.82			

ELEMENT FORCES

JAD JND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
1	.00	.0	19.56	-20.69			
		3.4	.00	12.66			
		7.0	-20.59	-24.31			
1	.00	.0	17.11	-20.26			
		3.5	.00	9.68			
		7.0	-17.11	-20.26			
1	.00	.0	20.59	-24.31			
		3.6	.00	12.66			
		7.0	-19.56	-20.69			
1	-9.78	.0	-5.06	10.35			
		3.0	-5.06	-4.84			
1	-18.85	.0	.99	-2.02			
		3.0	.99	.95			
1	-18.85	.0	-.99	2.02			
		3.0	-.99	-.95			
1	-9.78	.0	5.06	-10.35			
		3.0	5.06	4.84			
1	9.78	.0	-5.06	10.35			
		3.0	-5.06	-4.84			
1	18.85	.0	.99	-2.02			
		3.0	.99	.95			
1	18.85	.0	-.99	2.02			
		3.0	-.99	-.95			
1	9.78	.0	5.06	-10.35			
		3.0	5.06	4.84			

E L E M E N T F O R C E S

AD ND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
1	.00	.0	11.07	-11.75			
		3.4	.00	7.19			
		7.0	-11.58	-13.54			
1	.00	.0	8.36	-10.02			
		3.5	.00	4.62			
		7.0	-8.36	-10.02			
1	.00	.0	11.58	-13.54			
		3.6	.00	7.19			
		7.0	-11.07	-11.75			
1	-5.54	.0	-2.88	5.88			
		3.0	-2.88	-2.75			
1	-9.97	.0	.86	-1.76			
		3.0	.86	.82			
1	-9.97	.0	-.86	1.76			
		3.0	-.86	-.82			
1	-5.54	.0	2.88	-5.88			
		3.0	2.88	2.75			
1	5.54	.0	-2.88	5.88			
		3.0	-2.88	-2.75			
1	9.97	.0	.86	-1.76			
		3.0	.86	.82			
1	9.97	.0	-.86	1.76			
		3.0	-.86	-.82			
1	5.54	.0	2.88	-5.88			
		3.0	2.88	2.75			

L.1.4. Analisis Tegangan Rata-rata Bentang 8m x 8m

PROGRAM ANALISIS FLATE PLATE PRATEGANG

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 1

Dimensi Pelat

Lebar bentang dalam mm=8000
Tinggi bentang dalam mm=8000
Tinggi penampang dalam cm=180
Ketebalan beton dalam cm=20

Material Properti

Modulus Elastisitas Baja dlm MPa=35
Modulus Elastisitas Beton dlm MPa=240
Modulus Elastisitas Beton..KNm=27805
Tegangan Beton (f_c') dalam MPa=24

Dimensi Kolom

Lebar x dalam cm=500
Lebar y dalam cm=500

Tegangan rata-rata asumsi dlm MPa

Tegangan B1-B2=2
Tegangan B3-B4=3,4
Tegangan B5-B6=2
Tegangan B7-B8=3,4
Diameter tendon=12,7

Luas tendon dalam mm²=98,7
Tegangan dalam MPa=1863

Jata Pembebanan

Tegangan mati dalam KN/m=5,52
Tegangan hidup dalam KN/m=2,5

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 1

output Bentang B1-B2

Gaya Prategang Aktual

P_e bentang luar dalam $m=0,08359$

P_e bentang dalam dlm $m=0,1146$

Jumlah tendon=28

P_o aktual=901,00269

P_e aktual=360,401076

Tegangan rata-rata aktual $f_{pc}=2,002282$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

$W_{bal}=3,765740742855$

$W_{unb}=4,254259257145$

$W_{Dsisa}=1,754259257145$

Pada bentang dalam

$W_{bal}=5,1627454137$

$W_{unb}=2,8572545863$

$W_{Dsisa}=0,3572545863$

Inersia kolom=5208333333,33333

$K_c=11446886,4468864$

Konstanta torsional=751550400

$K_t=1803720,96$

kekakuan kolom ekuivalen=1558191,89090597

Inersia Slab=3888000000

Kekakuan Slab=2006709,67741935

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 1

Bentang B3-B4

Jaya Prategang Aktual

↳ bentang luar dalam $m=0,08359$

↳ bentang dalam dim $m=0,1146$

umlah tendon=24

P_o aktual=1312,889634

P_e aktual=308,915208

Tegangan rata-rata aktual $f_{pc}=1,7161956$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

$W_{bal}=3,22777777959$

$W_{unb}=4,79222222041$

$W_{Dsisa}=2,29222222041$

Pada bentang dalam

$W_{bal}=4,4252103546$

$W_{unb}=3,5947896454$

$W_{Dsisa}=1,0947896454$

Inersia kolom=5208333333,33333

$K_c=11446886,4468864$

Konstanta torsional=751550400

$K_t=1803720,96$

kekakuan kolom ekuivalen=1558191,89090597

Inersia Slab=3888000000

Kekakuan Slab=2006709,67741935

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 1

Bentang B5-B6

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=28

Po aktual=901,00269

Pe aktual=360,401076

Tegangan rata-rata aktual $fpc=2,0022282$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=3,765740742855

W unb=4,254259257145

WDsisa=1,754259257145

Pada bentang dalam

W bal=5,1627454137

W unb=2,8572545863

W Dsisa=0,3572545863

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=11446886,4468864

Konstanta torsional=751550400

Kt=1803720,96

kekakuan kolom ekuivalen=1558191,89090597

Inersia Slab=3888000000

Kekakuan Slab=2006709,67741935

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

eer = Ardian dan Wukirsari
ct name = TA 1

Bentang B7-B8

Gaya Prategang Aktual

ρ bentang luar dalam $m=0,08359$

ρ bentang dalam dlm $m=0,1146$

umlah tendon=24

Po aktual=1312,889634

Pe aktual=308,915208

Tegangan rata-rata aktual $f_{pc}=1,7161956$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=3,22777777959

W unb=4,79222222041

W Dsisa=2,29222222041

Pada bentang dalam

W bal=4,4252103546

W unb=3,5947896454

W Dsisa=1,0947896454

*Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=11446886,4468864

Konstanta torsional=751550400

Kt=1803720,96

kekakuan kolom ekivalen=1558191,89090597

Inersia Slab=3888000000

Kekakuan Slab=2006709,67741935

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 1

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B1-B2

Momen renc akibat W.D
MDisa maks KNm=9,01
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=7,84049382857
Modulus Penampang dlm mm³=5400000
Tegangan desak beton MPa=-6,45751380158704
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=-3,55362719841296
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=23,06
Munb maks lapangan KNm=12,37
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=20,2238271619033
Tegangan desak beton MPa=-5,74738137813025
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=1,74292497813025
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-4,29296894074074
Kontrol teg tarik=aman

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 1

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B3-B4

Momen renc akibat W.D
MDsisa maks KNm=12,15
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=10,62185185306
Modulus Penampang dlm mm³=5400000
Tegangan desak beton MPa=-9,26084090241852
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=-5,32682169758148
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=26,22
Munb maks lapangan KNm=13,88
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=23,0251851863933
Tegangan desak beton MPa=-5,98011878266543
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=2,54772758266543
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-4,28656597037037
Kontrol.teg tarik=aman

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 1

Kontrol tegangan Ijin Bentang B5-B6

Momen renc akibat W.D
MDisa maks KNm=9,01
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=7,84049382857
Modulus Penampang dlm mm³=5400000
Tegangan desak beton MPa=-6,45751380158704
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=-3,55362719841296
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=23,06
Munb maks lapangan KNm=12,37
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=20,2238271619033
Tegangan desak beton MPa=-5,74738137813025
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=1,74292497813025
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-4,29296894074074
Kontrol.teg tarik=aman

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 1

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B7-B8

Momen renc akibat W.D
M_D sisa maks KNm=12,15
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
M maks muka kolom dlm KNm=10,62185185306
Modulus Penampang dlm mm³=5400000
Tegangan desak beton MPa=-9,26084090241852
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton MPa=-5,32682169758148
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
M_{unb} maks tumpuan KNm=26,22
M_{unb} maks lapangan KNm=13,88
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
M maks muka kolom dlm KNm=23,0251851863933
Tegangan desak beton MPa=-5,98011878266543
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=2,54772758266543
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-4,28656597037037
Kontrol.teg tarik=aman

E L E M E N T F O R C E S

	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
	.00					
	.0	18.72	-22.69			
	3.9	.00	13.88			
	8.0	-19.60	-26.22			
1	.00					
	.0	14.36	-19.64			
	4.0	.00	9.08			
	8.0	-14.36	-19.64			
1	.00					
	.0	19.60	-26.22			
	4.1	.00	13.88			
	8.0	-18.72	-22.69			
1	-9.36					
	.0	-5.55	11.35			
	3.0	-5.55	-5.31			
1	-16.98					
	.0	1.61	-3.29			
	3.0	1.61	1.54			
1	-16.98					
	.0	-1.61	3.29			
	3.0	-1.61	-1.54			
1	-9.36					
	.0	5.55	-11.35			
	3.0	5.55	5.31			
1	9.36					
	.0	-5.55	11.35			
	3.0	-5.55	-5.31			
1	16.98					
	.0	1.61	-3.29			
	3.0	1.61	1.54			
1	16.98					
	.0	-1.61	3.29			
	3.0	-1.61	-1.54			
1	9.36					
	.0	5.55	-11.35			
	3.0	5.55	5.31			

E L E M E N T F O R C E S

	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
	.00					
	.0	16.65	-20.23			
	3.9	.00	12.37			
	8.0	-17.35	-23.06			
	.00					
	.0	11.40	-15.74			
	4.0	.00	7.06			
	8.0	-11.40	-15.74			
1	.00					
	.0	17.35	-23.06			
	4.1	.00	12.37			
	8.0	-16.65	-20.23			
1	-8.32					
	.0	-4.95	10.11			
	3.0	-4.95	-4.74			
1	-14.38					
	.0	1.79	-3.66			
	3.0	1.79	1.71			
1	-14.38					
	.0	-1.79	3.66			
	3.0	-1.79	-1.71			
1	-8.32					
	.0	4.95	-10.11			
	3.0	4.95	4.74			
1	8.32					
	.0	-4.95	10.11			
	3.0	-4.95	-4.74			
1	14.38					
	.0	1.79	-3.66			
	3.0	1.79	1.71			
1	14.38					
	.0	-1.79	3.66			
	3.0	-1.79	-1.71			
1	8.32					
	.0	4.95	-10.11			
	3.0	4.95	4.74			

ELEMENT FORCES

LOAD	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE SHEAR	1-2 PLANE MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	1-3 PLANE MOMENT	AXIAL TORQ
1	.00	.0	6.96	-8.57			
		4.0	.00	5.24			
		8.0	-7.07	-9.01			
1	.00	.0	1.43	-2.40			
		4.0	.00	.46			
		8.0	-1.43	-2.40			
1	.00	.0	7.07	-9.01			
		4.0	.00	5.24			
		8.0	-6.96	-8.57			
1	-3.48	.0	-2.10	4.29			
		3.0	-2.10	-2.01			
1	-4.25	.0	1.62	-3.31			
		3.0	1.62	1.55			
1	-4.25	.0	-1.62	3.31			
		3.0	-1.62	-1.55			
1	-3.48	.0	2.10	-4.29			
		3.0	2.10	2.01			
1	3.48	.0	-2.10	4.29			
		3.0	-2.10	-2.01			
1	4.25	.0	1.62	-3.31			
		3.0	1.62	1.55			
1	4.25	.0	-1.62	3.31			
		3.0	-1.62	-1.55			
1	3.48	.0	2.10	-4.29			
		3.0	2.10	2.01			

RATA2 ASUMSI=3,4 MPA

E L E M E N T F O R C E S

AD ND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE	AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT
1	.00	.0	9.02	-11.02		
		3.9	.00	6.74		
		8.0	-9.30	-12.15		
1	.00	.0	4.36	-6.25		
		4.0	.00	2.47		
		8.0	-4.36	-6.25		
1	.00	.0	9.30	-12.15		
		4.1	.00	6.74		
		8.0	-9.02	-11.02		
1	-4.51	.0	-2.70	5.51		
		3.0	-2.70	-2.58		
1	-6.83	.0	1.44	-2.95		
		3.0	1.44	1.38		
1	-6.83	.0	-1.44	2.95		
		3.0	-1.44	-1.38		
1	-4.51	.0	2.70	-5.51		
		3.0	2.70	2.58		
1	4.51	.0	-2.70	5.51		
		3.0	-2.70	-2.58		
1	6.83	.0	1.44	-2.95		
		3.0	1.44	1.38		
1	6.83	.0	-1.44	2.95		
		3.0	-1.44	-1.38		
1	4.51	.0	2.70	-5.51		
		3.0	2.70	2.58		

L.1.5. Analisis Tegangan Rata-rata Bentang 8m x 9m

PROGRAM ANALISIS FLATE PLATE PRATEGANG

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 4

Dimensi Pelat

Panjang bentang dalam mm=9000
Lebar bentang dalam mm=8000
Tinggi penampang dalam cm=200
Selimut beton dlm cm=20

Material Properti

f_c dlm MPa=35
 f_y dlm MPa=240
Modulus Elastisitas Beton..KNm=27805
Mutu Beton (f_c') dalam MPa=24

Dimensi Kolom

arah x dalam cm=500
arah y dalam cm=500

Tegangan rata-rata asumsi dlm MPa

Bentang B1-B2=2
Bentang B3-B4=3,5
Bentang B5-B6=2
Bentang B7-B8=3,5
diameter tendon=12,7

Aps tendon dlm mm=98,7
 f_{pu} dalam MPa=1863

Data Pembebanan

beban mati dalam KN/m=5,52
Beban hidup dalam KN/m=2,5

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 4

output Bentang B1-B2

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=31

Po aktual=997,5386925

Pe aktual=399,015477

Tegangan rata-rata aktual $fpc=1,995077385$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=3,29419296024

W unb=4,72580703976

WDsisa=2,22580703976

Pada bentang dalam

W bal=4,5162640656

W unb=3,5037359344

W Dsisa=1,0037359344

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=11574074,0740741

Konstanta torsional=997333333,333333

Kt=2393600

kekakuan kolom ekivalen=1983415,6751356

Inersia Slab=5333333333,33333

Kekakuan Slab=2438095,23809524

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 4

Bentang B3-B 1

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=27

Po aktual=1520,442039375

Pe aktual=347,529609

Tegangan rata-rata aktual $f_{pc}=1,737648045$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=2,86913580408

W unb=5,15086419592

WDsisa=2,65086419592

Pada bentang dalam

W bal=3,9335203152

W unb=4,0864796848

W Dsisa=1,5864796848

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=10162601,6260163

Konstanta torsional=997333333,333333

Kt=2393600

kekakuan kolom ekivalen=1937305,88091474

Inersia Slab=5333333333,33333

Kekakuan Slab=2438095,23809524

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 4

Bentang B5-B6

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=35

Po aktual=1001,1141

Pe aktual=400,44564

Tegangan rata-rata aktual $f_{pc}=2,0022282$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=4,18415638095

W unb=3,83584361905

W Dsisa=1,33584361905

Pada bentang dalam

W bal=5,736383793

W unb=2,283616207

W Dsisa=-0,216383793

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=11574074,0740741

Konstanta torsional=997333333,333333

Kt=2112000

kekakuan kolom ekivalen=1786081,55356621

Inersia Slab=6000000000

Kekakuan Slab=3096774,19354839

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 4

Bentang B7-B8

Gaya Prategang Aktual

e bentang luar dalam $m=0,08359$

e bentang dalam dlm $m=0,1146$

jumlah tendon=31

Po aktual=1551,726855

Pe aktual=354,680424

Tegangan rata-rata aktual $fpc=1,77340212$

Metode Load Balancing

W total=8,02

Pada bentang luar

W bal=3,70596708027

W unb=4,31403291973

WDsisa=1,81403291973

Pada bentang dalam

W bal=5,0807970738

W unb=2,9392029262

W Dsisa=0,439202926199999

Inersia kolom=5208333333,33333

Kc=11574074,0740741

Konstanta torsional=997333333,333333

Kt=2112000

kekakuan kolom ekivalen=1786081,55356621

Inersia Slab=6000000000

Kekakuan Slab=3096774,19354839

Saat Transfer

Serat tekan=15,75

Serat tarik=1,28086884574495

Saat layan

Serat tekan=15,75

Serat tarik (M-)=2,95803989154981

Serat tarik (M+)=0,986013297183269

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 4

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B1-B2

Momen renc akibat W.D
MDsisa maks KNm=14,83
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=13,34612864016
Modulus Penampang dlm mm³=6666666,6666667
Tegangan desak beton MPa=-6,989612758524
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=-2,985774166476
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=32,87
Munb maks lapangan KNm=17,79
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=29,7194619734933
Tegangan desak beton MPa=-6,452996681024
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=2,462841911024
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-4,663577385
Kontrol.teg tarik=aman

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 4

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B3-B4

Momen renc akibat W.D
MDsisa maks KNm=18,08
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=16,31275720272
Modulus Penampang dlm mm³=6666666,66666667
Tegangan desak beton MPa=-10,049123777283
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=-5,155296616467
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=36,14
Munb maks lapangan KNm=19,34
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=32,7060905360533
Tegangan desak beton MPa=-6,643561625408
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=3,168265535408
Kontrol teg.tarik=tidak aman ✓
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-4,638648045
Kontrol.teg tarik=aman

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 4

Kontrol tegangan Ijin Bentang B5-B6

Momen renc akibat W.D
MDisa maks KNm=6,73
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=5,8394375873
Modulus Penampang dlm mm³=6666666,6666667
Tegangan desak beton MPa=-5,881486138095
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=-4,129654861905
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=20,66
Munb maks lapangan KNm=11,54
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=18,1027709206333
Tegangan desak beton MPa=-4,717643838095
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=0,713187438094999
Kontrol teg.tarik=aman
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-3,7332282
Kontrol.teg tarik=aman

Engineer = Ardian dan Wukirsari
Project name = TA 4

Kontrol Tegangan Ijin Bentang B7-B8

Momen renc akibat W.D
MDsisa maks KNm=9,24
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer
Mmaks muka kolom dlm KNm=8,03064472018
Modulus Penampang dlm mm³=6666666,66666667
Tegangan desak beton MPa=-8,963230983027
kontrol teg.tekan
Tegangan tarik beton Mpa=-6,554037566973
Kontrol teg.tarik=aman

Momen renc.akibat W.unb
Munb maks tumpuan KNm=23,53
Munb maks lapangan KNm=12,9
Tegangan Yang Terjadi saat Layan
daerah tumpuan
Mmaks muka kolom dlm KNm=20,6539780535133
Tegangan desak beton MPa=-4,871498828027
kontrol teg.tekan=aman
Tegangan tarik beton MPa=1,324694588027
Kontrol teg.tarik=aman ✓
daerah lapangan
Tegangan desak beton MPa=-3,70840212
Kontrol.teg tarik=aman ✓

RATA2 ASUMSI=3,5 MPA

E L E M E N T F O R C E S

0	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE	AXIAL
0	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	TORQ
1	.00				
	.0	22.45	-29.58		
	4.4	.00	19.34		
	9.0	-23.90	-36.13		
1	.00				
	.0	18.36	-28.34		
	4.5	.00	12.97		
	9.0	-18.36	-28.34		
1	.00				
	.0	23.90	-36.13		
	4.6	.00	19.34		
	9.0	-22.45	-29.58		
1	-11.22				
	.0	-7.24	14.79		
	3.0	-7.24	-6.92		
1	-21.13				
	.0	1.91	-3.90		
	3.0	1.91	1.83		
1	-21.13				
	.0	-1.91	3.90		
	3.0	-1.91	-1.83		
1	-11.22				
	.0	7.24	-14.79		
	3.0	7.24	6.92		
1	11.22				
	.0	-7.24	14.79		
	3.0	-7.24	-6.92		
1	21.13				
	.0	1.91	-3.90		
	3.0	1.91	1.83		
1	21.13				
	.0	-1.91	3.90		
	3.0	-1.91	-1.83		
1	11.22				
	.0	7.24	-14.79		
	3.0	7.24	6.92		

E L E M E N T F O R C E S

D	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE	AXIAL
D	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	TORQ
1	.00				
	.0	16.78	-19.75		
	3.9	.00	12.90		
	8.0	-17.73	-23.53		
1	.00				
	.0	11.76	-16.40		
	4.0	.00	7.11		
	8.0	-11.76	-16.40		
1	.00				
	.0	17.73	-23.53		
	4.1	.00	12.90		
	8.0	-16.78	-19.75		
1	-8.39				
	.0	-4.83	9.87		
	3.0	-4.83	-4.62		
1	-14.74				
	.0	1.74	-3.56		
	3.0	1.74	1.67		
1	-14.74				
	.0	-1.74	3.56		
	3.0	-1.74	-1.67		
1	-8.39				
	.0	4.83	-9.87		
	3.0	4.83	4.62		
1	8.39				
	.0	-4.83	9.87		
	3.0	-4.83	-4.62		
1	14.74				
	.0	1.74	-3.56		
	3.0	1.74	1.67		
1	14.74				
	.0	-1.74	3.56		
	3.0	-1.74	-1.67		
1	8.39				
	.0	4.83	-9.87		
	3.0	4.83	4.62		

ELEMENT FORCES

AD ND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE	AXIAL
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	TORQ
1	.00	.0	9.81	-13.09		
		4.4	.00	8.55		
		9.0	-10.19	-14.83		
1	.00	.0	4.52	-7.52		
		4.5	.00	2.64		
		9.0	-4.52	-7.52		
1	.00	.0	10.19	-14.83		
		4.6	.00	8.55		
		9.0	-9.81	-13.09		
1	-4.90	.0	-3.20	6.54		
		3.0	-3.20	-3.06		
1	-7.35	.0	1.79	-3.65		
		3.0	1.79	1.71		
1	-7.35	.0	-1.79	3.65		
		3.0	-1.79	-1.71		
1	-4.90	.0	3.20	-6.54		
		3.0	3.20	3.06		
1	4.90	.0	-3.20	6.54		
		3.0	-3.20	-3.06		
1	7.35	.0	1.79	-3.65		
		3.0	1.79	1.71		
1	7.35	.0	-1.79	3.65		
		3.0	-1.79	-1.71		
1	4.90	.0	3.20	-6.54		
		3.0	3.20	3.06		

RATA2 ASUMSI=3,5 MPA

E L E M E N T F O R C E S

E	D	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
1		.00					
		.0	11.63	-15.44			
		4.4	.00	10.09			
		9.0	-12.22	-18.08			
1		.00					
		.0	7.14	-11.39			
		4.5	.00	4.67			
		9.0	-7.14	-11.39			
1		.00					
		.0	12.22	-18.08			
		4.6	.00	10.09			
		9.0	-11.63	-15.44			
1		-5.82					
		.0	-3.78	7.72			
		3.0	-3.78	-3.61			
1		-9.68					
		.0	1.64	-3.34			
		3.0	1.64	1.57			
1		-9.68					
		.0	-1.64	3.34			
		3.0	-1.64	-1.57			
1		-5.82					
		.0	3.78	-7.72			
		3.0	3.78	3.61			
1		5.82					
		.0	-3.78	7.72			
		3.0	-3.78	-3.61			
1		9.68					
		.0	1.64	-3.34			
		3.0	1.64	1.57			
1		9.68					
		.0	-1.64	3.34			
		3.0	-1.64	-1.57			
1		5.82					
		.0	3.78	-7.72			
		3.0	3.78	3.61			

E L E M E N T F O R C E S

OAD ND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
1	.00	.0	5.29	-6.35			
		4.0	.00	4.14			
		8.0	-5.39	-6.73			
1	.00	.0	.84	-1.64			
		4.0	.00	.04			
		8.0	-.84	-1.64			
1	.00	.0	5.39	-6.73			
		4.0	.00	4.14			
		8.0	-5.29	-6.35			
1	-2.65	.0	-1.55	3.17			
		3.0	-1.55	-1.49			
1	-3.11	.0	1.24	-2.54			
		3.0	1.24	1.19			
1	-3.11	.0	-1.24	2.54			
		3.0	-1.24	-1.19			
1	-2.65	.0	1.55	-3.17			
		3.0	1.55	1.49			
1	2.65	.0	-1.55	3.17			
		3.0	-1.55	-1.49			
1	3.11	.0	1.24	-2.54			
		3.0	1.24	1.19			
1	3.11	.0	-1.24	2.54			
		3.0	-1.24	-1.19			
1	2.65	.0	1.55	-3.17			
		3.0	1.55	1.49			

E L E M E N T F O R C E S

OAD OND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
1	.00	.0	7.15	-8.55		
	4.0	.00	5.59			
	8.0	-7.33	-9.24			
1	.00	.0	1.76	-2.98		
	4.0	.00	.53			
	8.0	-1.76	-2.98			
1	.00	.0	7.33	-9.24		
	4.0	.00	5.59			
	8.0	-7.15	-8.55			
1	-3.58	.0	-2.09	4.28		
	3.0	-2.09	-2.00			
1	-4.54	.0	1.53	-3.13		
	3.0	1.53	1.47			
1	-4.54	.0	-1.53	3.13		
	3.0	-1.53	-1.47			
1	-3.58	.0	2.09	-4.28		
	3.0	2.09	2.00			
1	3.58	.0	-2.09	4.28		
	3.0	-2.09	-2.00			
1	4.54	.0	1.53	-3.13		
	3.0	1.53	1.47			
1	4.54	.0	-1.53	3.13		
	3.0	-1.53	-1.47			
1	3.58	.0	2.09	-4.28		
	3.0	2.09	2.00			

RATA2 ASUMSI=3.5 MPA

E L E M E N T F O R C E S

D	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE	AXIAL
D	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	TORQ
1	.00				
	.0	22.45	-29.57		
	4.4	.00	19.34		
	9.0	-23.90	-36.14		
1	.00				
	.0	18.39	-28.37		
	4.5	.00	13.00		
	9.0	-18.39	-28.37		
1	.00				
	.0	23.90	-36.14		
	4.6	.00	19.34		
	9.0	-22.45	-29.57		
1	-11.22				
	.0	-7.24	14.79		
	3.0	-7.24	-6.92		
1	-21.15				
	.0	1.90	-3.88		
	3.0	1.90	1.82		
1	-21.15				
	.0	-1.90	3.88		
	3.0	-1.90	-1.82		
1	-11.22				
	.0	7.24	-14.79		
	3.0	7.24	6.92		
1	11.22				
	.0	-7.24	14.79		
	3.0	-7.24	-6.92		
1	21.15				
	.0	1.90	-3.88		
	3.0	1.90	1.82		
1	21.15				
	.0	-1.90	3.88		
	3.0	-1.90	-1.82		
1	11.22				
	.0	7.24	-14.79		
	3.0	7.24	6.92		

E L E M E N T F O R C E S

OAD OND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE	AXIAL
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	TORQ
1	.00				
	.0	20.61	-27.21		
	4.4	.00	17.79		
	9.0	-21.87	-32.87		
1	.00				
	.0	15.75	-24.48		
	4.5	.00	10.96		
	9.0	-15.75	-24.48		
1	.00				
	.0	21.87	-32.87		
	4.6	.00	17.79		
	9.0	-20.61	-27.21		
1	-10.31				
	.0	-6.66	13.60		
	3.0	-6.66	-6.37		
1	-18.81				
	.0	2.05	-4.20		
	3.0	2.05	1.96		
1	-18.81				
	.0	-2.05	4.20		
	3.0	-2.05	-1.96		
1	-10.31				
	.0	6.66	-13.60		
	3.0	6.66	6.37		
1	10.31				
	.0	-6.66	13.60		
	3.0	-6.66	-6.37		
1	18.81				
	.0	2.05	-4.20		
	3.0	2.05	1.96		
1	18.81				
	.0	-2.05	4.20		
	3.0	-2.05	-1.96		
1	10.31				
	.0	6.66	-13.60		
	3.0	6.66	6.37		

E L E M E N T F O R C E S

AD ND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
1	.00	.0	14.97	-17.67			
		3.9	.00	11.54			
		8.0	-15.72	-20.66			
1	.00	.0	9.13	-12.96			
		4.0	.00	5.30			
		8.0	-9.13	-12.96			
1	.00	.0	15.72	-20.66			
		4.1	.00	11.54			
		8.0	-14.97	-17.67			
1	-7.49	.0	-4.32	8.83			
		3.0	-4.32	-4.14			
1	-12.42	.0	1.88	-3.85			
		3.0	1.88	1.80			
1	-12.42	.0	-1.88	3.85			
		3.0	-1.88	-1.80			
1	-7.49	.0	4.32	-8.83			
		3.0	4.32	4.14			
1	7.49	.0	-4.32	8.83			
		3.0	-4.32	-4.14			
1	12.42	.0	1.88	-3.85			
		3.0	1.88	1.80			
1	12.42	.0	-1.88	3.85			
		3.0	-1.88	-1.80			
1	7.49	.0	4.32	-8.83			
		3.0	4.32	4.14			

LAMPIRAN II - V

Properties of Prestressing Steels^a

Seven-Wire Strand, $f_{pu} = 270$ ksi

Nominal Diameter (in.)	Area (sq in.)	Weight (plf)	$0.7 f_{pu} A_p$ (kips)	$0.75 f_{pu} A_p$ (kips)	$0.8 f_{pu} A_p$ (kips)	$f_{pu} A_p$ (kips)
$\frac{3}{8}$ (0.375)	0.035	0.29	16.1	17.2	18.4	23.0
$\frac{7}{16}$ (0.438)	0.115	0.40	21.7	23.3	24.8	31.0
$\frac{1}{2}$ (0.500)	0.153	0.53	28.9	31.0	33.0	41.3
$\frac{9}{16}$ (0.563)	0.192	0.65	36.3	38.9	41.4	51.8
$\frac{3}{4}$ (0.600)	0.215	0.74	40.7	43.5	46.5	58.1

Seven-wire strand, $f_{pu} = 250$ ksi

Nominal Diameter (in.)	Area (sq in.)	Weight (plf)	$0.7 f_{pu} A_p$ (kips)	$0.8 f_{pu} A_p$ (kips)	$f_{pu} A_p$ (kips)
$\frac{1}{4}$ (0.250)	0.036	0.12	6.3	7.2	9.0
$\frac{5}{16}$ (0.313)	0.058	0.20	10.2	11.6	14.5
$\frac{3}{8}$ (0.375)	0.080	0.27	14.0	16.0	20.0
$\frac{7}{16}$ (0.438)	0.106	0.37	18.6	21.6	27.0
$\frac{1}{2}$ (0.500)	0.144	0.49	25.2	28.8	36.0
$\frac{3}{4}$ (0.600)	0.215	0.74	37.6	43.0	53.8

Three- and Four-wire Strand, $f_{pu} = 250$ ksi

Nominal Diameter (in.)	Number of wires	Area (sq in.)	Weight (plf)	$0.7 f_{pu} A_p$ (kips)	$0.8 f_{pu} A_p$ (kips)	$f_{pu} A_p$ (kips)
$\frac{1}{4}$ (0.250)	3	0.036	0.13	6.3	7.2	9.0
$\frac{5}{16}$ (0.313)	3	0.058	0.20	10.2	11.6	14.5
$\frac{3}{8}$ (0.375)	3	0.075	0.26	13.2	15.0	18.8
$\frac{7}{16}$ (0.438)	4	0.106	0.36	18.6	21.2	26.5

Prestressing Wire

Diameter	Area (sq in.)	Weight (plf)	Ult. strength f_{pu} (ksi)	$0.7 f_{pu} A_p$ (kips)	$0.8 f_{pu} A_p$ (kips)	$f_{pu} A_p$ (kips)
0.105	0.0057	0.030	273	1.70	1.94	2.43
0.120	0.0114	0.039	273	2.18	2.35	3.11
0.135	0.0143	0.049	268	2.68	3.08	3.83
0.148	0.0173	0.059	263	3.18	3.64	4.55
0.162	0.0236	0.070	259	3.73	4.26	5.33
0.177	0.0246	0.093	255	4.39	5.02	6.27
0.192	0.0260	0.098	250	5.05	5.78	7.22
0.196	0.0302	0.100	250	5.28	6.04	7.55
0.250	0.0461	0.170	243	8.25	9.42	11.78
0.276	0.0593	0.200	235	9.84	11.24	14.05

Smooth Prestressing Bars, $f_{pu} = 145$ ksi^b

Nominal Diameter (in.)	Area (sq in.)	Weight (plf)	$0.7 f_{pu} A_p$ (kips)	$0.8 f_{pu} A_p$ (kips)	$f_{pu} A_p$ (kips)
$\frac{3}{4}$ (0.750)	0.442	1.50	44.9	51.3	64.1
$\frac{1}{2}$ (0.875)	0.601	2.04	61.0	69.7	87.1
1 (1.000)	0.785	2.67	79.7	91.0	113.3
$1\frac{1}{4}$ (1.125)	0.954	3.32	100.9	115.3	144.1
$1\frac{1}{2}$ (1.250)	1.227	4.17	124.5	143.0	179.3
$1\frac{3}{4}$ (1.375)	1.485	5.05	150.7	172.0	215.3

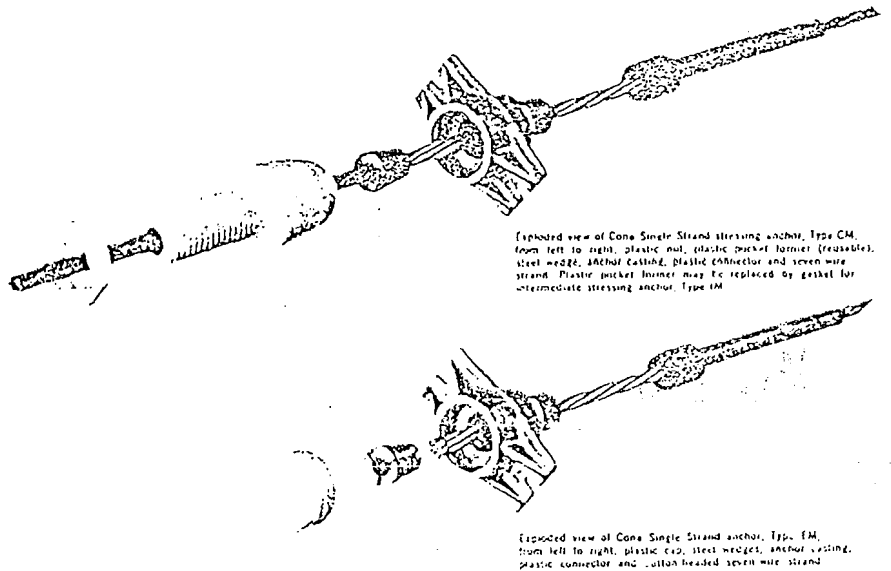
Inryco CONA Single-Strand Post Tensioning System

Inryco-Ryerson single strand tendons use the Cona wedge anchor system developed by the designers of the BBRV system. Tendons employ cold drawn, stress relieved, seven-wire strands of 0.5" or 0.6" diameter, conforming to ASTM A-416.

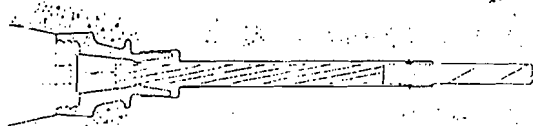
Cona single strand tendons are normally used in unbonded construction, but may be used as bonded tendons where specifications require. The small diameter strand bundle is particularly suited for use in thin, one-way slabs, two-way flat plates and flat slabs and top and bottom slabs.

Differentials of the Cona single-strand system are:

- Very small tendon diameter allows optimum eccentricities, hence efficient use of P-T steel.
- Small anchor plate meets edge-size restrictions of thin slabs and light structural shapes. (0.5" Anchors require only 3 1/4" concrete thickness; 0.6" Anchors require 4 1/4" concrete thickness.)
- Diverse anchor-plates are available to accommodate stressing at low concrete strengths.
- Like all wedge-grip, strand systems, anchorage develops slightly less than ultimate capacity of the tendon, but two-piece wedge design reduces seating losses to a minimum.
- Design of anchor components and stressing equipment allows accurate overstress and back-off to lock-off force without premature, uncontrolled seating of wedges.
- Coupling is never necessary. There are essentially no length restrictions, and tension can be applied separately to successive sections of total length by stressing at any intermediate point, and then continuing the same strand.
- No large pockets to form and patch. Re-usable pocket-former comes with anchor hardware; attaches to formwork for quick positioning of anchor, and creates small, clean, stressing void that is easily patched.
- Tendons are "built" at the job site from pre-assembled anchor components and wrapped lengths of strand (Excess can be burned off.) On special accuracy in cutting to length and fabricating is not required.
- Stressing equipment is small and light—easily handled by one man.



CONA SINGLE STRAND ANCHOR

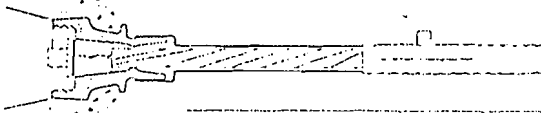


Type CM (stressing)

Anchor Designation		0.5 CM	0.6 CM
Base Plate Size (inches)	(A)	4 1/4 x 2 1/4	5 1/4 x 2 1/4
	(B)	6 1/4 x 2 1/4	7 1/4 x 2 1/4
Pocket Former O.D. (inches)		2 1/4	2 1/4
Pocket Former Length (inches)		1 1/4	1 1/4
Flange O.D. (inches)		0.8	0.6

The fixed Cona anchors, Types EM and EC, are identical in basic design and size to the stressing anchors. The end of the strand is button-headed. Wedges are hydraulically power sealed, providing a positive non-slip, fixed end anchorage.

Type CG (anchoring)



Anchor Designation		C 5 CG	0.6 CG
Base Plate Size (inches)	(A)	4 1/4 x 2 1/4	2 1/4 x 2 1/4
	(B)	6 1/4 x 2 1/4	7 1/4 x 2 1/4
Pocket Former O.D. (inches)		2 1/4	2 1/4
Pocket Former Length (inches)		1 1/4	1 1/4
Flange O.D. (inches)		1	1 1/4

More information on the Inryco-Ryerson system is available in the Inryco-Ryerson Single Strand Post Tensioning System Manual. This manual is available for purchase or on loan from Inryco-Ryerson, 10000 Inryco Drive, Dallas, Texas 75243.

Base plate "A" is designed to accommodate stressing at a concrete compressive strength of 2,500 to 3,000 psi, depending on the geometry of the concrete and tendon spacing. Base plate "B" is designed to accommodate stressing at concrete strengths of 1,500 to 2,000 psi, depending on geometry of concrete and tendon spacing.

TYPICAL CONA SINGLE STRAND TENDON INSTALLATION

The Westrand Mono-System

Tendons and Anchors

Westrand Mono-System tendons use 1/2" diameter seven-wire strand in single or multiple groups. The strand is stress relieved and conforms to ASTM A-416. Features of the Mono-System are:

- Rectangular anchor plate provides the ability to meet the restrictions of thin slabs or narrow beams.
- Fixed end anchorages are attached and pre-set at factory to reduce field labor and prevent strand slippage at the fixed end.
- Coupling is never necessary since tension can be applied separately to successive sections of total length by stressing at any intermediate point, and then continuing the same strand.
- No large pockets to form and patch. Re-usable pocket former comes with anchor. The entire assembly attaches to form work and when removed after concreting, leaves a small, clean stressing pocket that is easily patched.
- Stressing equipment is small and light-weight, easily handled by one man. Operation is semi-automatic and fast.

The advantages of the Westrand Mono-System of post-tensioning place the flexibility of prestressing within the scope of any project. With this flexibility long spans, cantilevers and heavy loading are no longer a problem.

Design Data

Strand Area	1.51	in ²
Maximum Jacking Force 0.80 f's	33.0	kips
Maximum Anchoring Force 0.70 f's	28.9	kips
Maximum Effective Force 0.60 f's	24.8	kips
Anchor Castings are 2 1/2" x 5"		

Short Form Specification

1.0 Material

- 1.1 Strand used in post-tensioning shall conform to ASTM A-416 (Specification for uncoated seven-wire stress relieved strand for prestressed concrete.)
- 1.2 Strand anchorages shall develop at least 95% of the minimum specified ultimate strength of the prestressing steel without exceeding anticipated set.
- 1.3 Sheathing shall have sufficient strength to resist damage during transport, storage at jobsite, and during installation. It shall prevent the intrusion of cement paste and the escape of coating material.

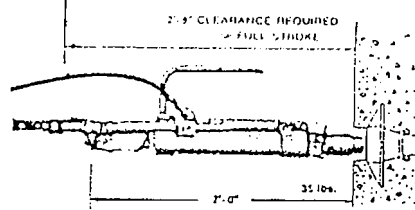
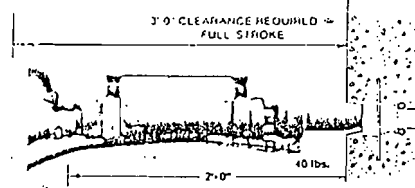
2.0 Placing

- 2.1 Anchorage assemblies shall be securely fastened to the edge forms and shall be perpendicular to the longitudinal axis of the tendon.
- 2.2 Post-Tensioning tendons shall be secured at regular intervals to prevent vertical or lateral movement during the placement of the concrete.

3.0 Stressing

- 3.1 Post-Tensioning shall not be started until the concrete has attained a minimum strength of 3,000 psi.
- 3.2 The strand may be temporarily stressed up to 60% of f's to overcome friction.
- 3.3 The anchor force shall not exceed 70% of f's.
- 3.4 The effective force shall be assumed to be 60% of f's assuming losses of 10%, unless there is data to prove otherwise.

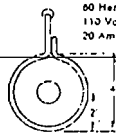
Stressing Equipment



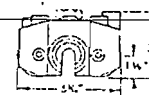
ELECTRICAL POWER REQUIREMENTS

- 60 Hertz
- 110 Volts
- 20 Amps per jack

Westrand Center Hole Jack
Used at Stressing End

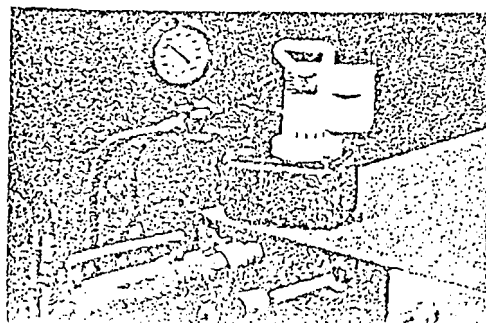
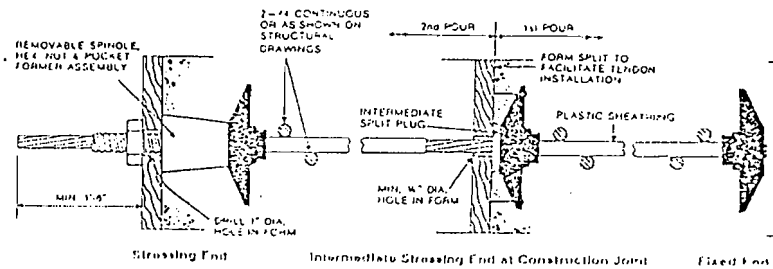


Westrand Open-Throat Jack
Used at Intermediate Stressing End and at Stressing End

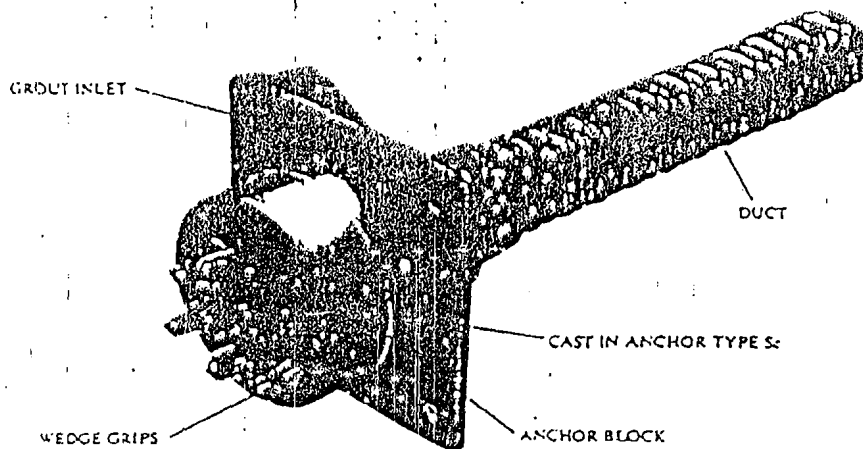


Mono-System Installation

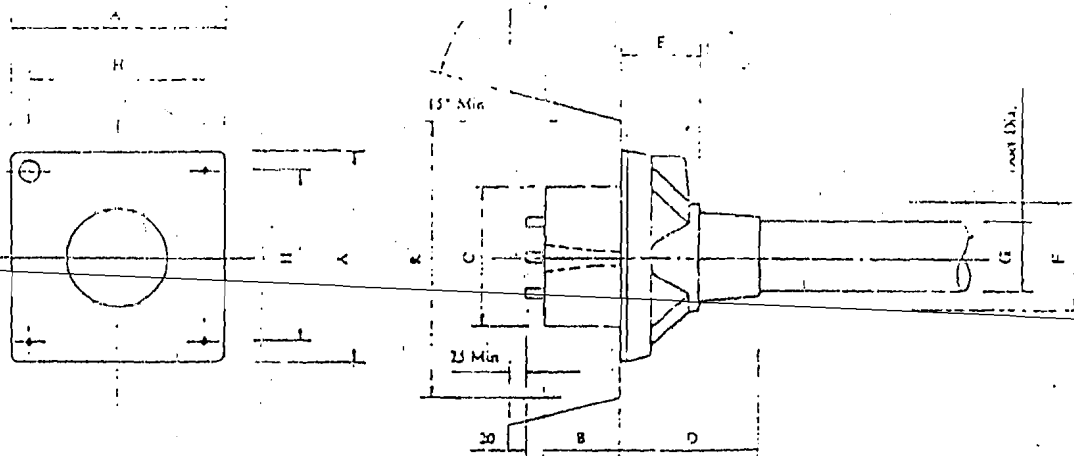
1. All Westrand Mono-System tendons are fabricated and coiled in multiples whenever possible to facilitate field placement; by this method up to 4 tendons are placed in a single operation.
2. Intermediate and fixed end anchors are attached to the tendon in the factory so that only the required portion of a particular tendon need be uncoiled for each pour.
3. The stressing anchor is attached to the edge form by means of a pocket former, spindle and hex nut. The anchor is now ready to receive the stressing end of the tendon which is easily pushed through the entire assembly.
4. Once the concrete sets, the hex nuts, spindles, edge form and pocket formers are removed. Upon reaching the required strength, generally about 5 days, stressing proceeds.
5. The stressing ram is placed over the tendon and set against the anchor. The tendon is then gripped and pulled to the specified tension and force. As the hydraulic pressure is released the ram automatically seats the wedges and then retracts. The stressing time is approximately 30 seconds per tendon.



STRESSING ANCHORAGE



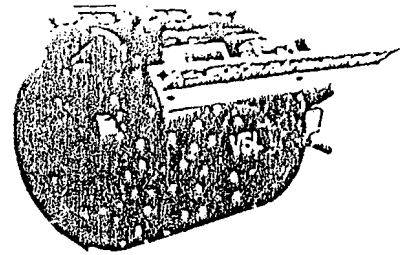
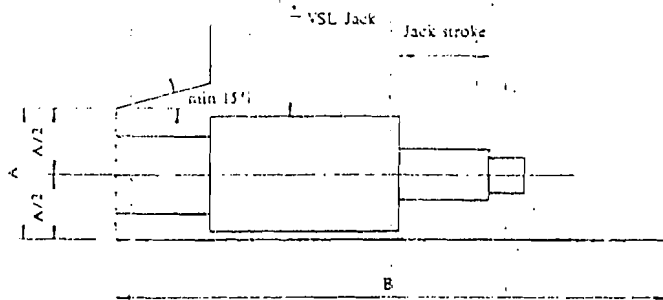
VSL STRESSING ANCHORAGE TYPE-S_c



VSL TYPE	Dimensions (mm)									Characteristic Load (kN)
	A	B	C	D	E	F	G	H	R	
3Sp	135	34	90	106	16	36	39	116	250	552
4Sp	150	34	90	150	16	64	50	125	250	736
7Sc	165	34	120	100	60	85	50	125	290	1290
12Sc	215	34	160	160	85	120	60	150	360	2210
19Sc	265	66	180	210	110	145	84	200	360	3500
22Sc	290	77	200	215	140	150	90	250	360	4050
27Sc	315	92	220	256	160	175	96	250	500	4970
31Sc	315	92	230	250	160	175	105	250	500	5700
37Sc	370	107	250	320	160	200	115	300	900	6610
42Sc	390	112	290	340	160	210	118	325	900	7730
48Sc	430	122	300	340	160	210	135	365	900	8810
51Sc	485	142	320	340	160	250	135	400	900	10120

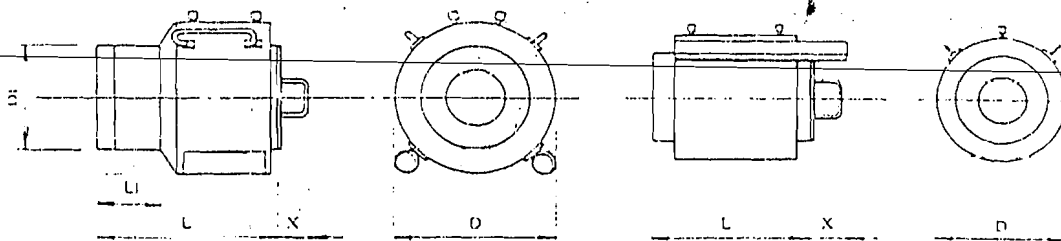
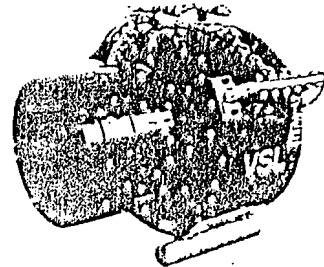
NOTE: Dimension R does not allow for lift off force check. Smaller values can be provided for special cases. Refer VSL office for details. Plate type anchorages (Type Sp) also available on request.

STRESSING JACKS



JACK CLEARANCE REQUIREMENTS

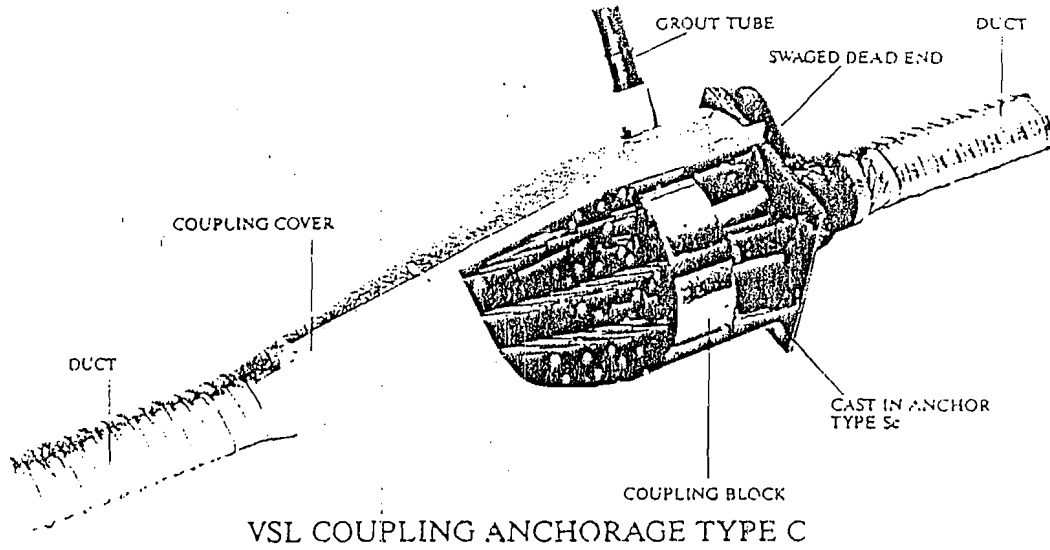
Dimensions (mm)	VSL JACK TYPE						
	VSL50	VSL100	VSL130L	VSL190	VSL190M	VSL290	
A	250	325	400	400	450	500	
B	1000	1000	1300	1600	1300	1600	
	VSL460	VSL670	VSL750	VSL1000	VSL1250	VSL1650	VSL1900
A	600	850	700	900	750	1000	1000
B	1400	2400	2600	2300	2800	1800	2600



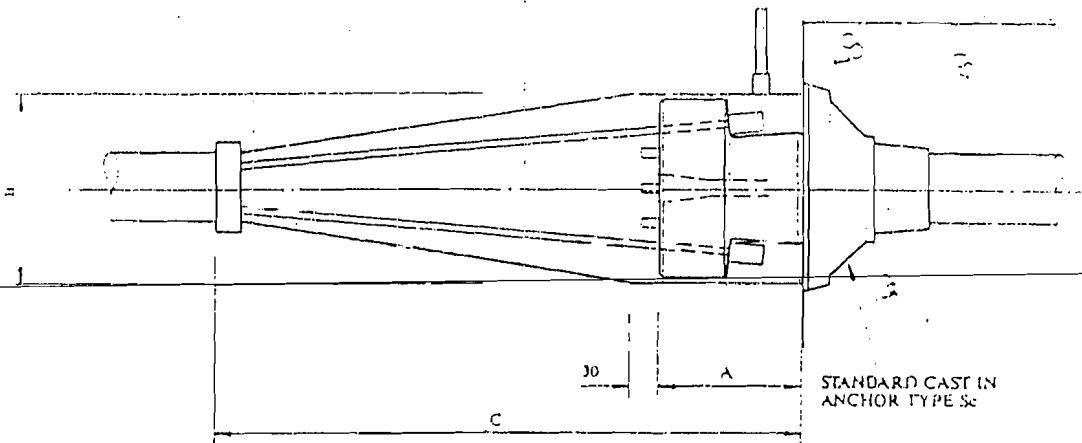
STRESSING JACK DETAILS

VSL JACK TYPE	TENDON TYPE	NOMINAL CAP. (kN)	DIMENSIONS (mm)					STROKE (mm)	MASS (kg)
			D	D1	L	L1	X		
VSL50	3&4	500	210	-	430	-	-	150	34
VSL100	7	1000	275	-	405	-	-	160	76
VSL130L	12	1300	303	-	775	-	90	303	273
VSL190	12	1900	410	230	563	200	135	100	151
VSL190M	12	1900	350	-	440	-	90	140	160
VSL290	19	2900	390	270	450	215	240	100	202
VSL460	31	4600	483	330	510	200	85	100	423
VSL670	42	6700	660	-	840	-	250	200	1530
VSL750	42	7500	520	410	1030	215	165	200	1500
VSL1000	55	10000	790	-	985	-	165	200	2300
VSL1250	55	12500	710	420	1125	220	155	150	1710
VSL1650	64	16500	910	600	615	140	-	150	1750
VSL1900	91	19000	875	-	1030	-	165	150	3085

COUPLING ANCHORAGE

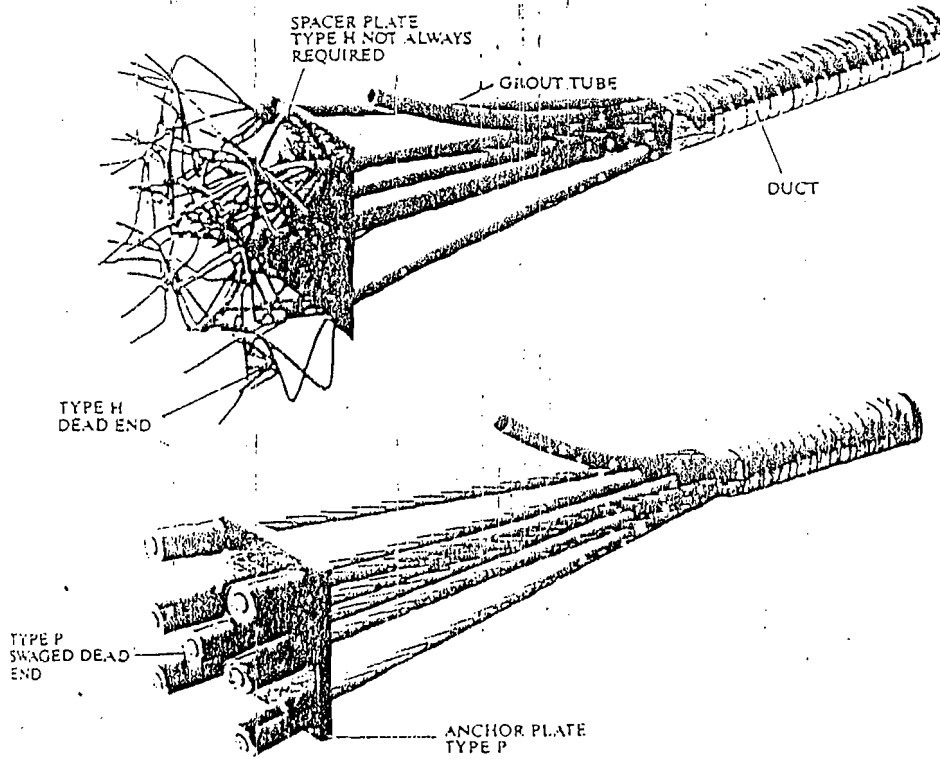


VSL COUPLING ANCHORAGE TYPE C

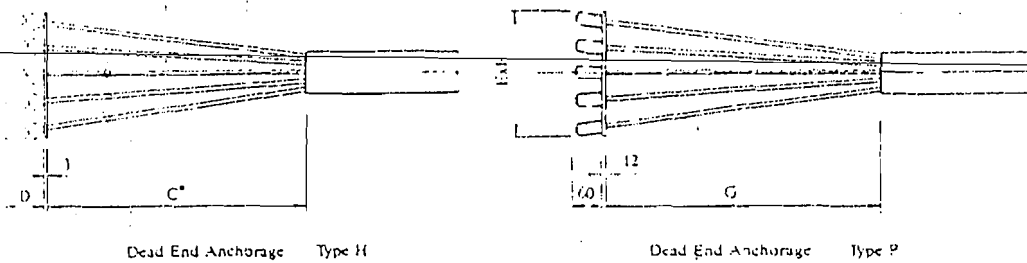


VSL TYPE	Dimensions (mm)			Characteristic Load (kN)
	A	B	C	
3c	110	140	330	552
4c	110	160	330	736
7c	110	180	410	1290
13c	110	210	470	2210
19c	110	240	550	3500
22c	110	260	620	4050
27c	150	310	960	4970
31c	110	350	960	5700
37c	150	390	1000	6810
42c	150	395	1000	7730
48c	150	420	1000	8830
55c	170	490	1140	10120

DEAD END ANCHORAGE



VSL DEAD END ANCHORAGES TYPE H-TYPE P



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

VSL TYPE P 12.7mm	Dimensions (mm)		
	e	f	G
3P	100	100	100
4P	120	120	150
7P	150	150	250
12P	200	200	350
19P	250	250	500
22P	300	250	500
27P	300	300	600
31P	350	300	650
37P	375	350	650
42P	375	375	850
48P	400	400	1000
55P	425	425	1000