TUGAS AKHIR

STUDI KASUS
ANALISIS DAN PELAKSANAAN METODE "SEMI TOP DOWN" UNTUK PEMBANGUNAN BASEMEN PADA PROYEK HOTEL REKSO INTERNASIONAL JAKARTA

Disusun oleh :

1. Nama : SARWOKO
   No. Mhs. : 92 310 042
   NIRM : 920051013114120042

2. Nama : HERU HERMANTO
   No. Mhs. : 92 310 068
   NIRM : 920051013114120068

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

1997

TUGAS AKHIR

STUDI KASUS
ANALISIS DAN PELAKSANAAN METODE "SEMI TOP DOWN" UNTUK PEMBANGUNAN BASEMEN PADA PROYEK HOTEL REKSO INTERNASIONAL JAKARTA

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

Disusun oleh :

1. Nama : SARWOKO
   No. Mhs. : 92 310 042
   NIRM : 920051013114120042

2. Nama : HERU HERMANTO
   No. Mhs. : 92 310 068
   NIRM : 920051013114120068

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

1997

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

STUDI KASUS
ANALISIS DAN PELAKSANAAN "METODE SEMI TOP DOWN" UNTUK PEMBANGUNAN BASEMEN PADA PROYEK HOTEL REKSO INTERNASIONAL JAKARTA

Disusun oleh :

1. Nama : SARWOKO
   No. Mhs. : 92 310 042
   NIRM : 920051013114120042

2. Nama : HERU HERMANTO
   No. Mhs. : 92 310 068
   NIRM : 920051013114120068

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing,

Ir. H. Susastrawan, MS

Tanggal : 28-7-'97

Dosen Pembimbing,

Ir. Ibnu Sudarmadji, MS

Tanggal : 26/7 97

" ... karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,

sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

Maka apabila kamu telah selesai (dari semua urusan),

kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain,

dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap."

(Q.S. Alam Nasyrah : 5 - 8)

Tengadah jemari ke hadirat Allah SWT,

Ucap syukur teramat dalam Kami telah menyelesaikan karya ini.

Tugas Akhir ini akan kami persembahkan untuk :

Ayah dan Ibu tercinta,

Kakak, adik dan handai taulan,

Sahabat karib terkasih,

UII tercinta,

Bangsaku, Negaraku,dan Agamaku.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat dan ridhoNya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir yang berjudul "ANALISIS DAN PELAKSANAAN METODE SEMI TOP DOWN UNTUK PEMBANGUNAN BASEMEN PADA PROYEK HOTEL REKSO INTERNASIONAL JAKARTA" ini ditulis untuk melengkapi persyaratan dalam rangka memperoleh derajat sarjana strata satu (S1) pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Tugas Akhir dimaksudkan agar mahasiswa dapat mengembangkan ilmu dan penalaran dari pendidikan yang telah diterima selama kuliah serta menerapkannya sesuai dengan kenyataan-kenyataan di lapangan, dimana terkadang perkembangan suatu metode atau teknologi baru tidak atau belum tercakup dalam materi kuliah sehingga mahasiswa sendirilah yang harus mengejar dan menggali ilmu tersebut. Setelah mahasiswa menyelesaikan Tugas Akhir sebagai sebuah karya ilmiah diharapkan sedikit banyak dapat memperoleh bekal materi yang benar-benar dikuasai bahkan mengembangkannya di jenjang yang lebih luas.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini, kiranya tidak berlebihan jika pada kesempatan ini penyusun menghaturkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ir. Susastrawan, MS , selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, sekaligus sebagai Dosen Pembimbing,
2. Ir. Bambang Sulistiono MSCE , selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Ir. Ibnu Sudarmadji, MS , selaku Dosen Pembimbing,
4. Ir. Reza Khomsin, selaku staff engineer pada Proyek Hotel Rekso Internasional, Jakarta,
5. PT. Davy Sukamta & Partners, selaku konsultan struktur pada Proyek Hotel Rekso Internasional, Jakarta,
6. Segenap keluarga, kekasih hati dan sahabat setia penyusun, yang tak pernah bosan memberi motivasi untuk menyelesaikan karya ini,
7. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan moril dan materiil dari awal hingga akhir karya ini.

Akhirnya, besar harapan penyusun agar Tugas Akhir ini dapat menambah wawasan kita semua. Penyusun pun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala masukan dan saran guna kesempurnaan karya ini sangat diharapkan bagi kemajuan ilmu teknik sipil di masa yang akan datang.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Mei 1997

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERSEMBAHAN iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
DAFTAR NOTASI xiv

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tujuan 3
1.3 Manfaat 3
1.4 Metodologi 4
1.5 Batasan Masalah dan Ruang Lingkup 4

BAB II LANDASAN TEORI 5
2.1 Tekanan Tanah Lateral dengan Permukaan Rata 5
2.1.1 Teori Rankine 5
2.1.2 Tanah Kohesif 6
2.1.3 Kestabilan Dinding Penahan Tanah 7
2.1.4 Bidang Kelongsoran pada Galian Tanah 8
2.1.5 Tekanan Tanah Lateral Akibat Beban Lajur 8
2.2 Kolom Panjang Penampang Bulat 10
2.3 Balok Dengan Tulangan Rangkap 12
2.4 Daya Dukung Pondasi Tiang 18
2.5 "Dewatering" 19

2.6 "Uplift" (Gaya Angkat) 20

BAB III METODA PELAKSANAAN "SEMI TOP DOWN" 22

3.1 Pelaksanaan Pondasi Tiang Franki 22

3.2 Pelaksanaan "Bentonite Pile" 23

3.3 Pelaksanaan "Bore Pile" 23

3.4 Pelaksanaan Kolom Sementara 24

3.5 Pelaksanaan "Caping Beam", Balok, dan Pelat 25

3.6 "Dewatering" 25

3.7 Tahap Pelaksanaan "Metoda "Semi Top Down"" 30

BAB IV ANALISIS STRUKTUR DAN PERANCANGAN 37

4.1 Pembebanan 37

4.1.1 Beban Akibat Bangunan di Sekitar Proyek 37

4.1.2 Beban Lantai 1 pada Struktur "Semi Top Down" 39

4.2 Tekanan Tanah Lateral pada Lokasi "Semi Top Down" 40

4.2.1 Akibat Pengaruh Beban Lajur 40

4.2.2 Akibat Pengaruh Tanah 42

4.3 Tekanan Tanah Lateral pada Kondisi Konvensional 51

4.3.1 Akibat Beban Merata 51

4.3.2 Akibat Tekanan Tanah 51

4.4. Pembebanan Analisis Struktur pada Program SAP90 55

4.4.1 Beban Lateral pada SAP90 56

4.5 Hitungan Portal "Semi Top Down" 57

4.5.1 "Frame Element Force" Material 1 73

4.5.2 "Frame Element Force" Material 2 76

4.5.3 "Frame Element Force" Material 3 79

4.5.4 "Frame Element Force" Material 4 82

4.5.5 "Frame Element Force" Material 5 84

4.5.6 "Frame Element Force" Material 6 87

4.5.7 "Frame Element Force" Material 7 89
4.5.8 "Frame Element Force" Material 8 91
4.5.9 "Frame Element Force" Material 9 94
4.5.10 Reaksi Dukungan Portal "Semi Top Down" 95
4.5.11 Denah Material Balok dan Kolom "Semi Top Down" 99
4.6 Perhitungan Dimensi dan Penulangan Kolom dan Balok 100
4.6.1 Perhitungan Dimensi Kolom pada "Bore Pile" (Material 1) 100
4.6.2 Perhitungan Dimensi Tiang FRANKI (Material 2) 107
4.6.3 Perhitungan Dimensi Balok Elemen 99/155 ("Caping Beam", Material 3) 114
4.6.4 Perhitungan Dimensi Balok Elemen 157/158, 181/184 (Material 4) 120
4.6.5 Perhitungan Dimensi Balok Elemen 175/180, 185/190 (Material 5) 129
4.6.6 Perhitungan Dimensi Balok Elemen 165/167, 172/174, 191/193, 198/199 (Material 6) 140
4.6.7 Perhitungan Dimensi Balok Elemen 168/171, 194/197 (Material 7) 148
4.6.8 Perhitungan Dimensi Balok Elemen 200/206, 210/212 (Material 8) 159
4.6.9 Perhitungan Dimensi Balok Elemen 207/209 (Material 9) 165
4.7 Perhitungan Daya Dukung Pondasi "Bore Pile" 174
4.8 Perhitungan Daya Dukung "Tiang Franki" 174
4.9 Perhitungan "Uplift" 176
4.9.1 "Uplift" pada "Bore Pile" 176
4.9.2 "Uplift" pada Tiang Franki 177

BAB V PEMBAHASAN 179

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 183
6.1 Kesimpulan 183
6.2 Saran 184

DAFTAR PUSTAKA 186
LAMPIRAN 187

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Mohr
Gambar 2.2	Diagram tekanan tanah aktif dan pasif
Gambar 2.3	Diagram kelongsoran tanah
Gambar 2.4	Resultante tekanan lateral akibat beban lajur
Gambar 2.5	Bagan alir desain kolom bulat
Gambar 2.6	Kolom penampang bulat, penampang ekivalen, regangan dan tegangan
Gambar 2.7	Tampang tulangan rangkap
Gambar 2.8	Bagan alir desain balok tulangan rangkap
Gambar 2.9	Daya "Friction Pile" pada Pondasi
Ganbar 2.10	"Uplift"
Gambar 3.1	Penurunan air hasil "Pumping Test"
Gambar 3.2	Kondisi awal pelaksanaan Metoda "Semi Top Down"
Gambar 3.3	Pelaksanaan Metoda "Semi Top Down" tahap 2
Gambar 3.4	Pelaksanaan Metoda "Semi Top Down" tahap 3
Gambar 3.5	Pelaksanaan Metoda "Semi Top Down" tahap 4
Gambar 3.6	Pelaksanaan Metoda "Semi Top Down" tahap 5
Gambar 3.7	Pelaksanaan Metoda "Semi Top Down" tahap 6
Gambar 3.8	Pelaksanaan Metoda "Semi Top Down" tahap 7
Gambar 4.1	Denah lokasi "Semi Top Down"
Gambar 4.2	Diagram tekanan tanah pada kasus "Semi Top Down" kedalaman 20 m
Gambar 4.3	Diagram tekanan tanah pada kasus "Semi Top Down" kedalaman 23 m
Gambar 4.4	Diagram tekanan tanah pada kasus "Semi Top Down" kedalaman 15 m

Gambar 4.5	Diagram tekanan tanah kasus konvensional kedalaman 20 m
Gambar 4.6	Beban amplop pada lantai
Gambar 4.7	Struktur portal "Semi Top Down"
Gambar 4.8	Nomor join struktur portal "Semi Top Down"
Gambar 4.9	Kondisi beban tanah dan beban merata portal "Semi Top Down"
Gambar 4.10	Kondisi beban tatangga portal "Semi Top Down"
Gambar 4.11	"Local Axis" pada struktur Portal "Semi Top Down"
Gambar 4.12	Diagram momen pada struktur portal "Semi Top Down"
Gambar 4.13	Diagram "displacement" struktur portal "Semi Top Down"
Gambar 4.14	Denah Lokasi "Semi Top Down"

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Perbandingan hasil perhitungan "Drawdown"
Tabel 4.1	Data Boring Log II (kasus "Semi Top Down")
Tabel 4.2	Perhitungan tekanan tanah aktif pada kedalaman "Bore Pile" 20 m
Tabel 4.3	Perhitungan tekanan tanah pasif pada kedalaman "Bore Pile" 20 m
Tabel 4.4	Perhitungan tekanan tanah aktif pada kedalaman "Bore Pile" 23 m
Tabel 4.5	Perhitungan tekanan tanah pasif pada kedalaman "Bore Pile" 23 m
Tabel 4.6	Perhitungan tekanan tanah aktif pada kedalaman "Bore Pile" 15 m
Tabel 4.7	Perhitungan tekanan tanah pasif pada kedalaman "Bore Pile" 15 m
Tabel 4.8	Data Boring Log V (kasus konvensional)
Tabel 4.9	Perhitungan tekanan tanah aktif pada kedalaman "Bore Pile" 20 m
Tabel 4.10	Perhitungan tekanan tanah pasif pada kedalaman "Bore Pile" 20 m
Tabel 4.11	Hasil penyetaraan beban amplop menjadi beban merata
Tabel 4.12	Beban lateral bagian Utara
Tabel 4.13	Beban lateral bagian Selatan
Tabel 4.14	Beban lateral bagian Timur
Tabel 4.15	Daya dukung pondasi "Bore Pile"
Tabel 4.16	Daya dukung pondasi tiang Franki

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data Test Tanah Boring Log II

Lampiran 2 : Data Test Tanah Boring Log V

Lampiran 3 : Data Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Bor

Lampiran 4 : Grafik dan Tabel Perhitungan Kolom

Lampiran 5 : Denah Balok pada Lantai Dasar

Lampiran 6 : Denah Pondasi pada Lokasi "Semi Top Down"

DAFTAR NOTASI

Ka	= Koefisien tekanan tanah aktif
Kp	= Koefisien tekanan tanah pasif
Ea	= Tekanan tanah aktif
Ep	= Tekanan tanah pasif
Pa	= Tekanan tanah aktif akibat kohesi
Pp	= Tekanan tanah pasif akibat kohesi
σ	= Tegangan normal tanah
τ	= Tegangan geser tanah
ϕ	= Sudut geser tanah
γ_t	= Berat jenis tanah
γ_w	= Berat jenis air
γ_{sat}	= Berat jenis tanah saturasi
γ'	= Berat jenis tanah terendam air
γ_b	= Berat jenis tanah basah
R	= Jari-jari lingkaran Mohr
z	= Ketinggian tanah
c	= Nilai kohesi tanah
H	= Kedalaman galian
D	= Kedalaman turap
L	= Jarak bidang longsor
a'	= Panjang beban lajur
b'	= Jarak beban lajur
P	= Beban titik
G	= Faktor reduksi untuk penetrasi
s	= Penurunan muka air
Q	= Debit air

q	= Beban merata
k	= Faktor panjang efektif
lu	= Panjang kolom
r	= radius girasi
fc'	= Kuat desak beton
fy	= Tegangan leleh baja
fs	= Teganan tarik baja
fs'	= Teganan desak beton
e_t	= Eksentrisitas
d	= Tinggi efektif balok
h	= Tinggi balok
Agr	= Luas bruto penampang
Mu	= Momen ultimit
Mu perlu	= Momen yang terjadi
K_1	= Besaran tak berdimensi arah vertikal
K_2	= Besaran tak berdiensi arah horisontal
ρ	= Rasio tulangan
β_d	= Rasio beban mati terfaktor
β_1	= Faktor kekuatan beton
E	= Modulus elastisitas
I	= Momen inersia
ψ	= Faktor kekangan ujung
Pc	= Beban kritis
Cm	= Faktor momen
δ_b	= Faktor pembesaran momen
Ct	= Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser
Tc	= Momen torsi yang disumbangkan oleh beton
Ts	= Momen torsi yang disumbangkan oleh tulangan baja
p_b	= Tebal penutup beton

s	= Spasi tulangan geser
Vc	= Tegangan geser yang ditahan oleh beton
Al	= Luas tulangan torsi memanjang
Q_{tiang}	= Daya dukung pondasi tiang
T_{ug}	= Gaya uplift
W	= Berat pondasi
T_{un}	= Perlawanaan uplift
p	= Keliling pondasi
α'	= Koefisien adhesi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tumbuhnya gedung-gedung pencakar langit yang kian marak khususnya di Jakarta, telah menimbulkan tantangan-tantangan baru yang harus dipecahkan seiring dengan semakin berkembangnya Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Hal ini menuntut para enjiner khususnya enjiner teknik sipil untuk dapat berpikir komprehensif dan efisien dalam merencanakan suatu bangunan dengan teknologi yang lebih canggih.

Sekarang ini konstruksi basemen sudah merupakan bagian yang amat penting dalam pembuatan bangunan bertingkat banyak. Basemen ini dapat berfungsi ganda yaitu disamping sebagai ruangan utilitas juga dapat membuat bangunan menjadi lebih stabil. Sejalan dengan semakin pentingnya basemen untuk bangunan bertingkat tinggi telah menimbulkan masalah-masalah yang berkaitan dengan pembuatan dari basemen itu sendiri. Permasalahan yang dihadapi dalam membangun basemen terutama pada kondisi tanah yang jelek dengan muka air tanah yang tinggi serta tapak bangunan yang bersebelahan atau mempunyai jarak yang dekat dengan bangunan di kanan dan kirinya. Sementara tuntutan mengintensifkan lahan dan program ruang semakin tinggi mengingat harga lahan yang semakin mahal.

Dengan timbulnya masalah-masalah seperti tersebut diatas telah dapat membawa enjiner-enjiner teknik sipil sampai pada pemikiran metode "Semi Top Down". Sesuai dengan arti harfiahnya, "Semi Top Down" adalah salah satu metode konstruksi basemen yang dimulai dari atas dilanjutkan ke lantai paling bawah untuk selanjutnya keatasnya lagi. Tentunya metode ini sangat berbeda dengan metode konvensional yang dimulai dari lapis paling bawah baru seterusnya keatas.

Kondisi seperti diatas dapat dijumpai pada Proyek Hotel Rekso Internasional di Jakarta. Ada keunikan tersendiri pada proyek ini, yaitu untuk pelaksanaan pembuatan basemen dipakai dua metode, yaitu metode konvensional dan metode "Semi Top Down". Hal ini dilakukan karena antara kondisi tanah yang satu dengan yang lain berbeda dalam satu lokasi bangunan.Tanah pada bagian depan memiliki daya dukung yang cukup besar, sementara pada bagian belakang memiliki daya dukung yang sangat kecil (tanahnya sangat jelek) sehingga tidak memungkinkan dengan konvensional.

Metode "Semi Top Down" merupakan salah satu metode konstruksi alternatif untuk basemen. Alasan digunakan metode "Semi Top Down" karena dikhawatirkan apabila tanah digali secara terbuka, tanah disisi galian akan runtuh. Hal tersebut tentunya dapat membahayakan bagi pekerja sendiri dan untuk akibat yang lebih besar bangunan di sekitarnya juga dapat runtuh.

Hotel Rekso Internasional di Jakarta direncanakan menggunakan dua lantai basemen, sehingga untuk keperluan tersebut tanah harus digali sekitar -7 meter dari permukaan tanah. Dengan melihat kondisi lokasi yang keadaannya seperti

tersebut diatas, maka pembangunan basemen untuk proyek ini memerlukan proteksi terhadap kemungkinan keruntuhan dinding penahan tanah akibat beban tanah lateral.

1.2 Tujuan

Penulisan ini berupa Studi Kasus untuk Tugas Akhir yang kasusnya diambil dari seputar permasalahan pembangunan Hotel Rekso Internasional di Jakarta, terutama untuk pelaksanaan basemennya. Adapun yang menjadi tujuan dari studi Kasus ini adalah :

1. memperkenalkan tentang metode "Semi Top Down" untuk pelaksanaan pembuatan basemen gedung tersebut dengan kondisi dan permasalahan seperti yang telah diuraikan diatas,
2. mengembangkan rekayasa "retainning structure", termasuk didalamnya cara menganalisis struktur pembentuknya, serta hitungan-hitungan untuk keperluan pembuatan basemen tersebut,
3. mengetahui apakah dengan metode tersebut akan didapatkan konstruksi yang lebih efektif dan efisien serta menjamin keamanan bila dibanding dengan metode konvensional.

1.3 Manfaat

Diharapkan pada studi kasus ini akan memberikan manfaat yang berarti, antara lain :

1. memberikan wawasan dan pemikiran baru tentang metode pelaksanaan basemen dengan metode "Semi Top Down",

2. memberikan parameter-parameter disain "Semi Top Down" sehingga untuk kelanjutannya disain metode ini dapat lebih dioptimalkan,
3. merangsang penelitian berikutnya, untuk mengembangkan metode "Semi Top Down" ini menjadi metode "Top Down Up Work",
4. memberikan pilihan alternatif pada pelaksanaan pembangunan basemen untuk kondisi tanah yang lunak serta lahan yang sempit.

1.4 Metodologi

Penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan cara :

1. studi pustaka dari beberapa buku-buku, literatur, jurnal-jurnal dan tulisan ilmiah,
2. pengamatan pelaksanaan Metode "Semi Top Down" di lapangan,
3. analisis struktur dengan menggunakan program SAP90.

1.5 Batasan Masalah dan Ruang Lingkup

Untuk penulisan ini terdapat beberapa batasan masalah beserta ruang lingkupnya, antara lain :

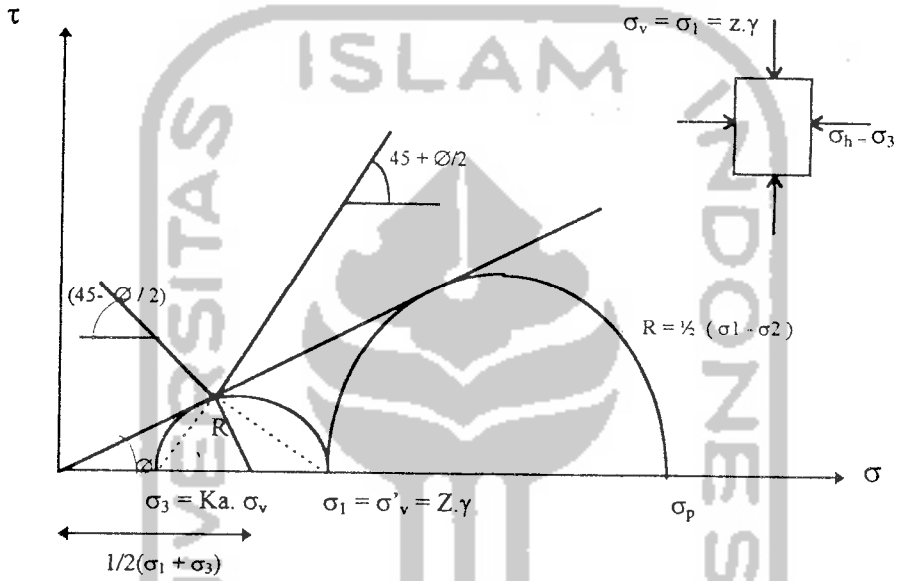
1. untuk data karakteristik tanah pada bagian "Semi Top Down" dipakai data pada Boring Log II dan untuk bagian konvensional dipakai berdasarkan data dari Boring Log V,
2. permukaan tanah diatas galian basemen dianggap rata (datar),
3. analisis struktur didasarkan pada beban statis,
4. desain struktur yang dibahas terutama pada kolom, balok serta pondasi.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tekanan Tanah Lateral dengan Permukaan Rata

2.1.1 Teori Rankine



Gambar 2.1 Diagram Mohr

Teori Rankine ini dapat dijabarkan dengan menggunakan lingkaran Mohr, seperti gambar 2.1. Gaya horisontal yang menyebabkan keruntuhan ini merupakan tekanan tanah aktif dan nilai banding tekanan horisontal dan vertikal pada kondisi ini merupakan koefisien tekanan tanah aktif atau Ka. Bila dinyatakan dalam persamaan, adalah sebagai berikut :

$$Ka = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \quad \text{, dengan } \sigma_v = z.\gamma \qquad (2.1)$$

Dari gambar 2.1. dapat dilihat bahwa :

$$\sin \varnothing = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3} \qquad (2.2)$$

Dengan $\sigma_v = \sigma_1 = z.\gamma$ dan $\varnothing$ yang telah diketahui, maka substitusi persamaan (2.2) ke persamaan (2.1) akan diperoleh :

$$\sigma_3 = \sigma_1 \frac{1 - \sin \varnothing}{1 + \sin \varnothing} = z.\gamma.tg^2 (45° - \varnothing/2) \qquad (2.3)$$

Karena $\sigma_3 = Ka \, . \, Z \, . \, \gamma$, maka :

$$Ka = \frac{\sigma_3}{z.\gamma} = tg^2 (45 - \varnothing/2) \qquad (2.3)$$

Pada tinjauan tekanan tanah pasif, nilai $\varnothing$ dan $\sigma_3 = z.\gamma$, dalam kondisi ini diperoleh persamaan :

$$\sigma_p = z.\gamma.tg^2 (45° + \varnothing/2) \text{ atau}$$

$$Kp = \frac{\sigma_p}{\sigma_1} = tg^2 (45° + \varnothing/2) \qquad (2.4)$$

2.1.2 Tanah Kohesif

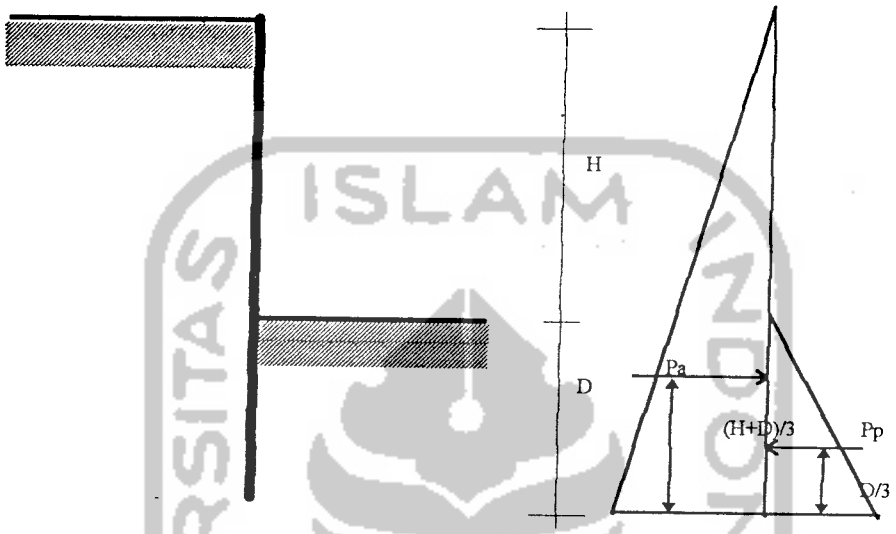
Pada prinsipnya tanah kohesif akan mengurangi tekanan tanah aktif (Pa) atau dengan kata lain dapat menambah tekanan tanah pasif (Pp). Besarnya tekanan tanah aktif untuk tanah kohesif ini adalah :

$$Pa = -2.c.\sqrt{Ka} \qquad (2.5)$$

Sedangkan untuk tanah pasif :

$$Pp = 2.c.\sqrt{Kp} \qquad (2.6)$$

2.1.3 Kestabilan Dinding Penahan Tanah



Gambar 2.2 Diagram Tekanan Tanah aktif dan Pasif

dengan :

H = kedalaman galian

D = kedalaman turap untuk stabilitas

Pa = tekanan tanah aktif total

Pp = tekanan tanah pasif total

Kestabilan dinding penahan tanah ini ditinjau dengan momen terhadap ujung bawah dinding penahan, sehingga :

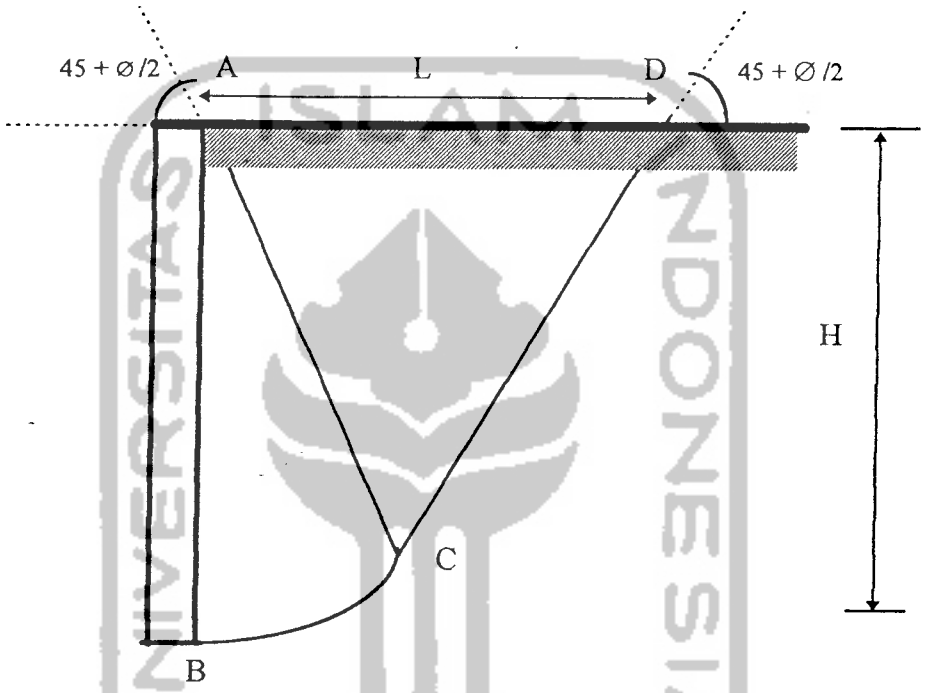
$$Pp \cdot \frac{D}{3} = Pa \cdot \frac{(H+D)}{3}$$, merupakan syarat kestabilan.

Jika Pa < Pp maka Stabil

Pa > Pp maka tidak stabil, perlu untuk memperdalam panjang turap (D).

2.1.4 Bidang Kelongsoran pada Galian Tanah

Pada analisis bidang kelongsoran ini bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh beban lajur berpengaruh pada tekanan tanah aktif. Untuk analisis kelongsoran ini dapat ditunjukkan dengan gambar seperti dibawah ini :

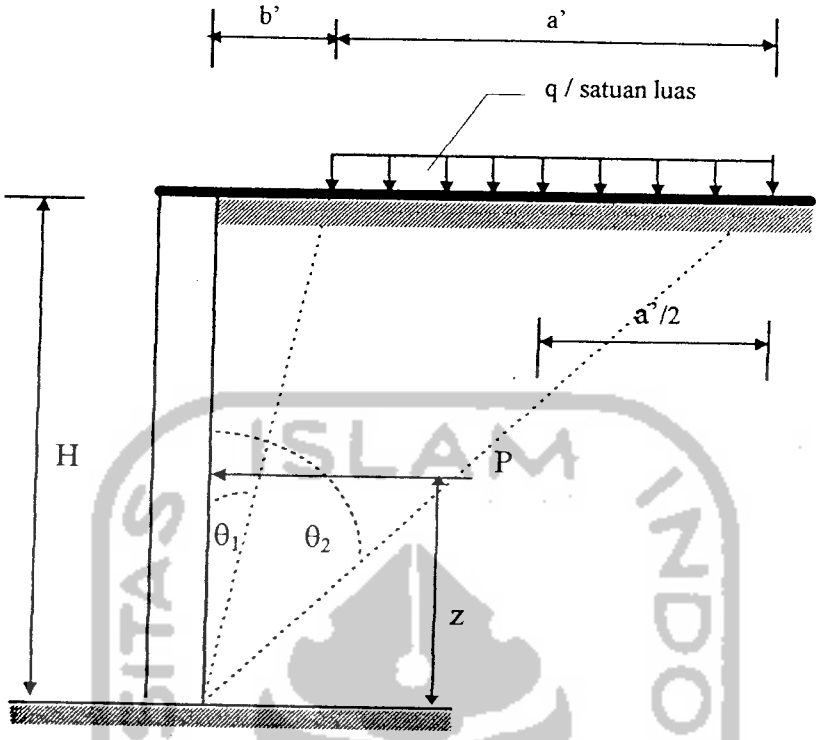


Gambar 2.3 Bidang kelongsoran tanah

Pada gambar diatas dapat terlihat bahwa jarak kemungkinan kelongsoran tanah adalah AD atau L = 2(H.sin(90-(45+ϕ/2))), sehingga dapat ditentukan beban lajur berpengaruh sampai titik D.

2.1.5 Tekanan Lateral Akibat Beban Lajur

Beban lajur yang dimaksud adalah beban bangunan di sekitar lokasi proyek yang mengakibatkan penambahan tekanan lateral yang terjadi pada bore pile.



Gambar 2.4 Resultanse tekanan lateral akibat beban lajur

Gaya total per satuan panjang (P) dan pada lokasi resultan gaya (z), dengan beban lajur q per satuan luas dapat ditulis sebagai berikut (Jarquio, 1981 - Buku Principles of Foundation Engineering karangan Braja M. Das) :

$$P = \frac{q}{90}[H(\theta_2 - \theta_1)] \qquad (2.7)$$

dengan :

$$\theta_1^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b'}{H}\right) \qquad (2.8)$$

$$\theta_2^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b' + a'}{H}\right) \qquad (2.9)$$

$$(H - z) = \frac{H^2.(\theta_2 - \theta_1) - (R - Q) + 57{,}30.a'.H}{2.H.(\theta_2 - \theta_1)} \quad (2.10)$$

$$z = H - (H-z) \quad (2.11)$$

Dimana $R = (a' + b')^2.(90 - \theta_2)$ (2.12)

$$Q = b'^2.(90 - \theta_1) \quad (2.13)$$

dengan : b' = jarak antara dinding penahan dan beban merata

a' = panjang beban merata yang diperhitungkan

θ_1 = sudut yang dibentuk antara b' dan H

θ_2 = sudut yang dibentuk antara (b' + a') dan H

H = kedalaman yang ditinjau

2.2 Kolom Panjang Penampang Bulat

Dengan menganggap kolom tanpa pengaku lateral, maka efek kelangsingan dapat diabaikan dengan syarat apabila memenuhi :

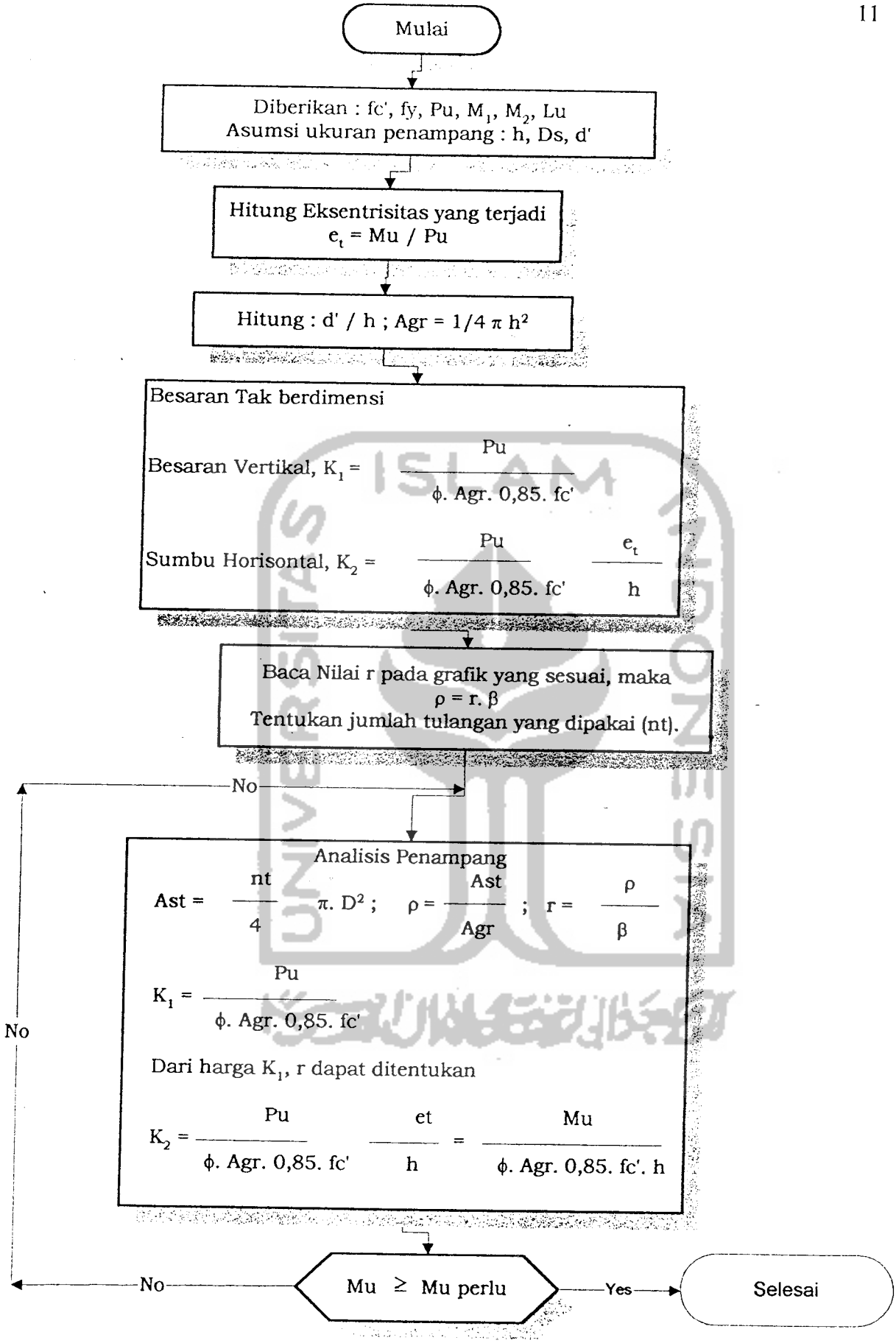
$$\frac{k.l_u}{r} < 34 - 12\,(M_{1b}/M_{2b}) \quad (2.14)$$

dengan : k = faktor panjang efektif

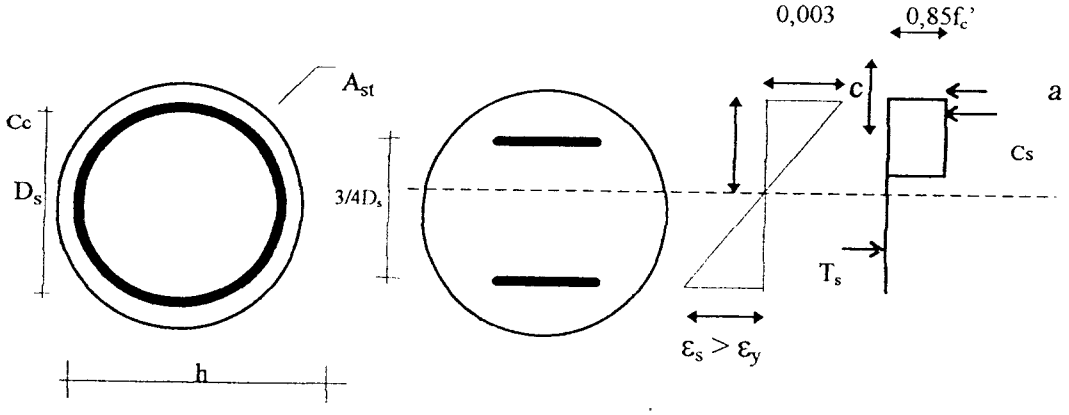
l_u = panjang kolom

r = jari-jari putaran (radius girasi) potongan lintang komponen struktur tekan = $\sqrt{(I/A)}$

Untuk perancangan kolom panjang penampang bulat ini akan lebih mudah dengan memakai flowchart seperti gambar 2.5.



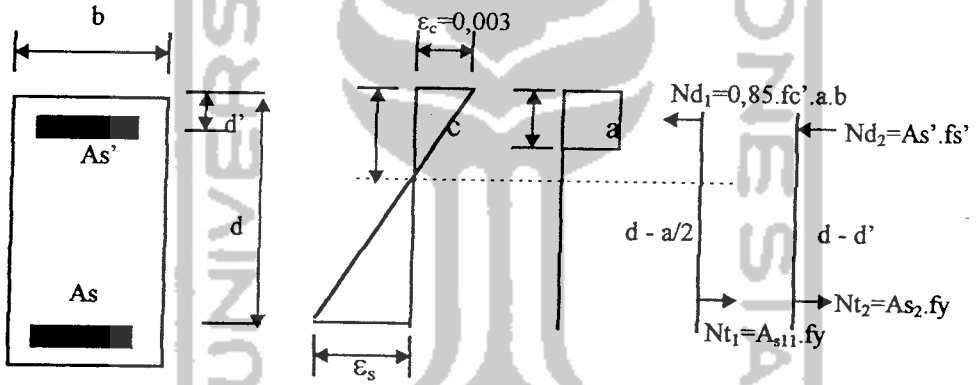
Gambar 2.5 Diagram alir desain kolom bulat



Gambar 2.6 Penampang kolom bulat, penampang ekivalen, regangan dan tegangan

2.3 Balok Tulangan Rangkap

a. Penulangan Lentur



Gambar 2.7 Tampang tulangan rangkap

dengan, b = lebar balok

As' = Luas tulangan tekan

As = Luas tulangan tarik

c = Tinggi garis netral dari tepi atas

$= a/\beta_1$

a = tinggi blok tegangan persegi ekivalen

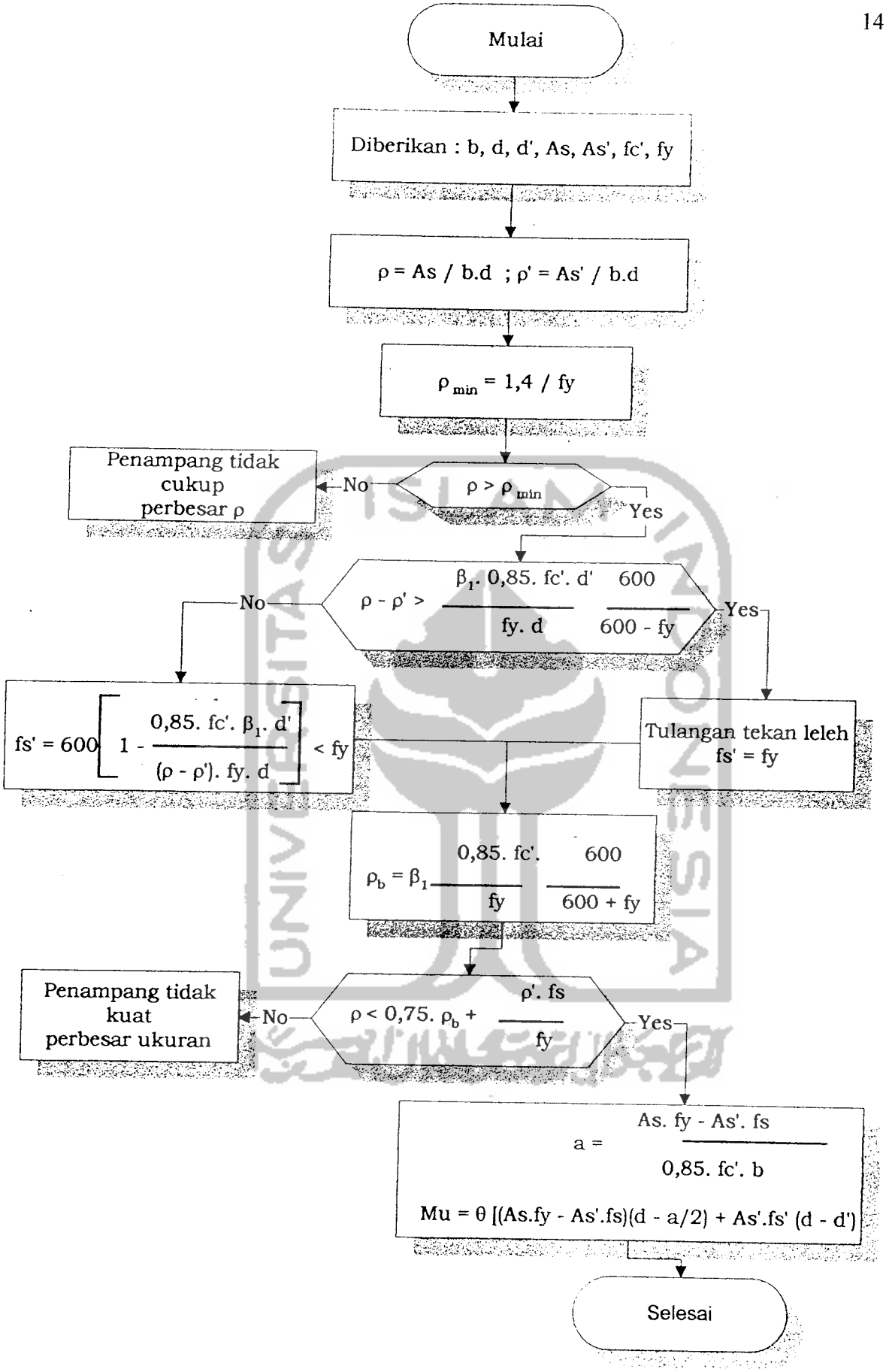
$= As_1.f_y / (0,85.f_c'.b)$

β_1 = faktor kekuatan beton pada serat tekan tegangan persegi ekivalen yang besarnya 0,85 untuk $f_c' < 30$ Mpa

$0,85 - 0,008.f_c'$ untuk $f_c' \geq 30$ Mpa

Agar lebih mudah memahami desain tulangan rangkap ini dapat dibuat flowchartnya seperti gambar 2.8.





Gambar 2.8 Diagram alir desain balok tulangan rangkap

b. Penulangan Geser dan Torsi

Pada analisis struktur tiga dimensi dengan kondisi beban lateral yang berbeda serta letak komponen struktur yang tidak simetris dapat menimbulkan momen torsi ("Axial Torsional"). Pada kasus ini dipakai kombinasi tulangan geser dan torsi.

Adapun langkah-langkah perencanaan tulangan geser dan torsi sebagai berikut ini.

1. Diketahui gaya geser (Vu), momen torsi (Tu), momen lentur(Mu), gaya aksial (Nu).

2. Diketahui penampang material : lebar (bw), tinggi (h), tinggi efektif (d), penutup beton (pb), luas sengkang 2 kaki (Ask), luas tulangan lentur (As), kuat desak beton (fc'), tegangan leleh baja (fy).

3. Dihitung $\phi.(1/24\sqrt{fc'}.\Sigma x^2 y < Tu$ (2.15)

efek torsi diperhitungkan .

dengan $\phi = 0,6$ (faktor reduksi kekuatan geser dan torsi)

x = sisi pendek material

y = sisi panjang material

4. Menghitung kuat momen torsi nominal $Tn = Tu/\phi$ (2.16)

5. Menghitung kuat momen torsi nominal (Tc) yang disumbangkan oleh beton

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2 y}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4Vu}{Ct.\,Tu}\right)^2}} \qquad (2.17)$$

faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2 y} \qquad (2.18)$$

6. Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh oleh tulangan torsi (Ts),

$$Ts = Tn - Tc \qquad (2.19)$$

7. Dihitung nilai

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha_t.x_1.fy} \; mm^2/mm \text{ jarak/satu kaki} \qquad (2.20)$$

dengan diameter sengkang (D), dimensi pusat ke pusat yang pendek dari sengkang (x_1)

$$x_1 = bw - 2.(p_b + D/2) \qquad (2.21)$$

dimensi pusat ke pusat yang panjang dari sengkang (y_1)

$$y_1 = h - 2(p_b + D/2) \qquad (2.22)$$

dengan koefisien $\alpha_t = 1/3.(2 + y_1/x_1)$ (2.23)

8. Merencanakan sengkang geser

Momen modifikasi, $Mm = Mu - Nu.\frac{(4h - d)}{8}$ (2.24)

Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (Vc)

$$Vc = \left[\left(\sqrt{fc'} + 120.\rho_w.\frac{Vu.d}{Mm}\right)/7\right].b_w.d \qquad (2.25)$$

dengan $\rho_w = \dfrac{As}{b_w.d}$ (2.26)

atau

$$Vc = 0{,}3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1+\frac{0{,}3.Nu}{Ag}} \qquad (2.27)$$

pilih Vc yang kecil

Hitung kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (Vs)

$Vs = Vn - Vc = Vu/\phi - Vc$ (2.28)

dihitung nilai $\dfrac{Av}{s} = \dfrac{Vs}{fy.d}$ mm^2/mm jarak/dua kaki (2.29)

9. Merencanakan sengkang gabungan untuk torsi dan geser

dihitung nilai $\dfrac{A_{vt}}{s} = \dfrac{2A_t}{s} + \dfrac{A_v}{s}$ (2.30)

spasi sengkang $s = \dfrac{Ask}{A_{vt}/s}$ (2.31)

spasi sengkang maksimun $s = 1/4.(x1 + y1)$ (2.32)

dari persamaan (2.31) dan (2.32) ambil yang terkecil

10. Merencanakan tulangan torsi memanjang

$$A_l = \frac{2.At}{s}\ (x_1 + y_1) \qquad (2.33)$$

atau

$$A_l = \left\{ \frac{2{,}8.x.s}{f_y} \left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}} \right] - 2A_t \right\} \frac{x_1 + y_1}{s} \qquad (2.34)$$

dengan $2A_t$ dipilih harga yang terbesar dari

$1/3.(bw.s)/fy$ atau $2(A_t/s).s$ (2.35)

harga A_l dipilih yang terbesar dari persamaan (2.33) dan (2.34)

2.4 Daya Dukung Pondasi Tiang

Untuk pondasi tiang bor sebagai penahan tanah kemampuan daya dukungnya dapat dimasukkan atau digolongkan ke dalam "Adhesive Pile".

Daya dukung dari tiang pondasi bor tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{tiang} = \frac{O.\,L.\,f_s}{n} \qquad (2.36)$$

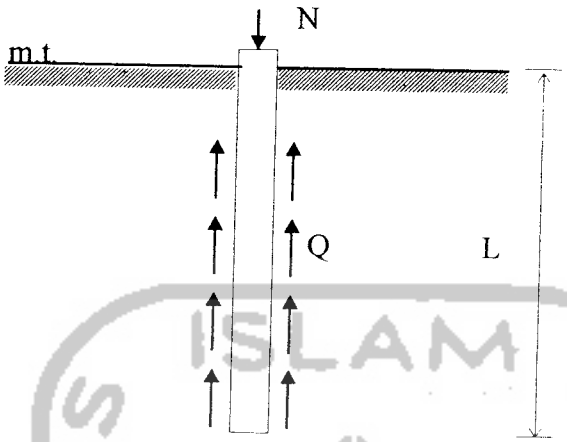
dengan : Q_{tiang} = daya dukung tiang (ton)

O = keliling tiang pondasi (m)

L = panjang tiang pondasi dalam tanah (m)

f_s = nilai cleef/lekatan tanah (ton/m^2)

n = angka keamanan (n = 3 untuk kondisi ujung dan n = 2 untuk geser)



Gambar 2.9 Daya dukung "Adhesive Pile" pada pondasi

2.5 "Dewatering"

Tanah adalah bahan alami yang mempunyai sifat "heterogenitas" yang tinggi, sehingga dalam perhitungan sering digunakan rumus-rumus empiris yang satu dengan yang lain berbeda. Rumus-rumus tersebut didasarkan atas pengalaman, pengamatan serta berbagai percobaan baik di lapangan maupun di laboratorium.

Pada pekerjaan dewatering ini memakai cara pengeringan tertutup ("Deepwell System"), dengan rumus yang dipakai adalah :

$$Q = \frac{1}{G}\frac{2.\pi.k.b.(H-h)}{\ln\frac{R}{r}} \qquad (2.37)$$

$$G = \frac{b_1}{b}\left(1+7\sqrt{\frac{r_w}{2.b_1}}.\cos\frac{\pi.b_1}{2.b}\right) \qquad (2.38)$$

$$\frac{(H-h_2)}{\ln\frac{R}{r_2}} = \frac{(H-h_3)}{\ln\frac{R}{r_3}} \qquad (2.39)$$

$$k = \frac{Q.G.\ln\frac{R}{r}}{2.\pi.b.(H-h)} \qquad (2.40)$$

dengan ,

k = koefisien permeabilitas.

b = tebal lapisan pembawa air (aquifer).

H = tebal lapisan yang mengandung air sebelum dipompa.

h = tebal lapisan yang mengandung air setelah dipompa.

S = (H - h) = penurunan muka air ("drawdown").

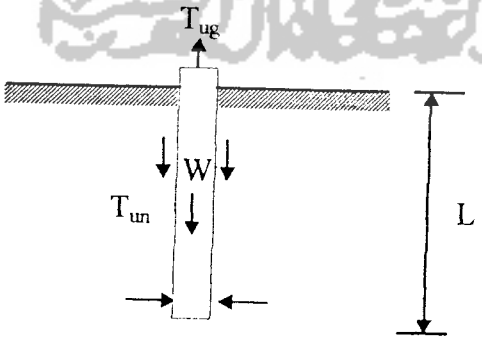
r = radius pengaruh pada jarak r.

R= radius pengaruh dengan penurunan muka air ("Zero Drawdown").

G = faktor koreksi untuk penetrasi sebagian

2.6 "Uplift" (Gaya Angkat)

"Uplift" adalah gaya angkat yang disebabkan oleh tekanan air tanah.



Gambar 2.10 "Uplift"

Dari buku "Principle of Foundation Engineering" oleh Braja M. Das, Gaya Angkat Total dirumuskan :

$$T_{ug} = T_{un} + W \qquad (2.41)$$

dengan, T_{ug} = Kapasitas "uplift" total

T_{un} = Kapasitas "uplift" karena lekatan dengan tanah

W = berat efektif tiang pondasi

Sedangkan untuk T_{un} dirumuskan :

$$T_{un} = L \,.\, p \,.\, \alpha' \,.\, Cu \qquad (2.42)$$

dengan : L = Panjang tiang pondasi

p = keliling pondasi

α' = koefisien adhesi

C_u = nilai kohesi

untuk harga : $\alpha' = 0{,}715 - 0{,}0191.C_u$ (untuk $C_u \leq 27$ kN/m^2)

$\alpha' = 0{,}2$ (untuk $C_u > 27$ kN/m^2)

BAB III

METODE PELAKSANAAN "SEMI TOP DOWN"

3.1 Pelaksanaan Pondasi Tiang Franki

Pondasi ini menggunakan diameter tiang 50 cm dengan kedalaman ± 17 m, sedangkan mutu bahan yang digunakan untuk beton K-225 serta slump ≤ 2,5 cm. Penulangan terdiri dari 6 buah baja tulangan pokok berdiameter 22 mm (BJTD 40), seluruh tulangan pokok tersebut dililit dengan tulangan spiral berdiameter 8 mm (BJTP 24) dengan jarak 20 cm.

Pelaksanaan pondasi tiang Franki di mulai dengan menentukan titik yang akan dipancang kemudian pada titik tersebut diletakkan pipa baja dengan kedua ujung terbuka. Pada ujung bawah pipa di isi dengan batu koral/split dengan mempergunakan skip sampai setinggi 1 hingga 2 meter, selanjutnya split yang ada di dalam pipa tersebut di tumbuk dengan internal drop hammer seberat 3,2 ton agar melekat dengan pipa. Pemancangan dilakukan dengan menumbuk sumbat koral yang telah melekat dengan pipa hingga kedalaman yang telah ditentukan, setelah mencapai kedalaman yang rencanakan pipa diisi dengan beton sebanyak 0,28 m^3, sambil terus ditumbuk pipa ditahan sehingga akan membentuk pembesaran ujung bawah ("enlarged base"). Tahap berikutnya memasukkan tulangan yang telah dirakit kedalam lubang tiang yang telah terbentuk, langkah terakhir adalah menuangkan adukan beton sambil perlahan-lahan pipa ditarik.

3.2 Pelaksanaan "Bentonite Pile"

"Bentonite Pile" adalah lumpur buatan yang terdiri dari bahan bentonite 50 kg, semen 250 kg dan air 1000 liter, digunakan untuk menahan rembesan air tanah dari samping galian basemen. "Bentonite Pile" yang dipasang mempunyai diameter 50 cm.

Pelaksanaan pekerjaan ini diawali dengan menentukan lokasi titik yang akan dibor kemudian dilakukan "pre-boring" pada tititk tersebut sampai kedalaman tertentu, apabila tanah mulai longsor maka "pre-boring" dihentikan. Untuk mencegah tanah longsor maka dipasang casing yang berbentuk pipa. Selanjutnya pengeboran dilanjutkan sampai kedalaman yang telah direncanakan. Apabila pengeboran telah selesai maka pada dasar tanah yang dibor tersebut dibersihkan dengan "bucket cleaning". Tahap berikutnya memasukkan adukan "bentonite" ke dalam lubang yang telah terbentuk dengan menggunakan "tremie". Tahap terakhir tremi dan casing dicabut apabila pengisian "bentonite" telah selesai dilaksanakan.

3.3 Pelaksanaan "Bore Pile"

Pelaksanaan pekerjaan "bore pile" pada tahap awal adalah menentukan letak titik yang akan dibor dengan menggunakan teodholite, setelah didapatkan letak titik tersebut, maka pada as "bore pile" diberi tanda dengan menancapkan patok kayu. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengeboran tepat diatas patok kayu tersebut dengan "boring machine". Pengeboran diawali dengan mengebor tanah sedalam 2 meter kemudian pada lubang tersebut dipasang casing sesuai dengan diameter "bore pile". casing ini diangkat dengan bantuan "service crane", kemudian pemasukan

casing, dilanjutkan dengan menumbuk bagian atas casing memakai elektric hammer sampai seluruh bagian casing ini masuk kedalam tanah. Pengeboran dilanjutkan sampai kedalaman yang telah ditentukan.

Apabila pengeboran telah selesai, maka dilakukan pemasangan tulangan "bore pile" yang telah dirakit. Rangkaian tulangan ini diangkat dan dimasukkan kedalam casing memakai "service crane".

Tahap pekerjaan berikutnya adalah memasukkan tremie sampai ke dasar "bore pile" menggunakan "service crane". Setelah tremie masuk maka dilakukan pengecoran. Adukan beton dituang dari truck mixer ke "concrete pump truck" dan dipompakan menuju "bore pile" yang akan dicor tepat diatas "tremie". Didalam pekerjaan pengecoran ini "tremie" selalu digerakkan naik turun maksudnya supaya adukan beton yang lewat didalamnya dapat keluar dan adukan beton yang sudah berada didalam casing menjadi merata. Pengecoran dihentikan apabila adukan beton sudah sampai pada bagian atas atau permukaan casing.

Tahap terakhir adalah mengangkat casing dengan bantuan "service crane" dan bagian atas casing digetarkan dengan "electric hammer".

3.4 Pelaksanaan Kolom Sementara

Kolom sementara ("King Post") merupakan perpanjangan dari pondasi tiang Franki yang berguna untuk mendukung balok pada struktur "Semi Top Down".

Untuk membuat kolom sementara ini dilakukan penggalian terlebih dahulu pada posisi tiang Franki yang telah di tentukan sedalam ± 2 m. Kemudian pada ujung atas tiang Franki betonnya dipotong sekitar 80 cm dan tulangan pokoknya

disambung pada tulangan pokok kolom sementara. Setelah tulangan pokok dan sengkang selesai di kerjakan maka dilanjutkan dengan pemasangan bekesting kolom untuk selanjutnya dilakukan pengecoran.

3.5 Pelaksanaan "Caping Beam", Balok dan Pelat

"Caping Beam" merupakan balok penutup pada "bore pile" yang berhubungan dengan balok dan pelat lantai.

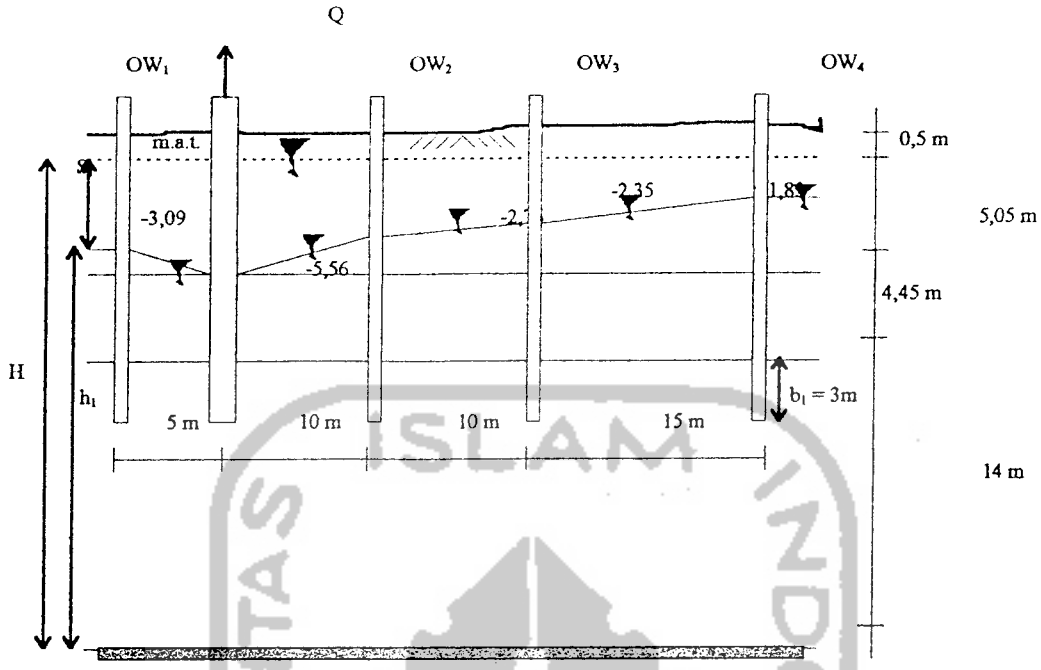
Pelaksanaannya dimulai dengan pemasangan "schaffolding" untuk balok dilanjutkan dengan bekesting bagian bawah balok kemudian tulangan balok dan "caping beam" di rakit dan segera setelah itu bekesting di sisi-sisi samping balok dan "caping beam" dipasang. Tahap berikutnya adalah memasang "schaffolding" dan bekesting untuk pelat dan merakit tulangan pelat.

Pengecoran dilakukan pada ketiga struktur tersebut, pada beberapa tempat dibagian pelat dibuat lubang (tidak dicor terlebih dahulu) dengan ukuran 50 x 50 cm^2 hal ini dilakukan untuk tempat lewatnya pipa pengecoran pada struktur dibawahnya.

3.6 "Dewatering"

"Dewatering" dalam hal ini adalah pekerjaan memompa air dari galian basemen supaya pada waktu dilakukan pekerjaan penggalian pada basemen, air tanah tidak menggenangi lokasi pekerjaan.

Data penurunan air tanah dari hasil pengamatan "Pumping Test" dapat di lihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Penurunan air hasil "Pumping Test"

$$Q = \frac{1}{G} \quad \frac{2.\pi.K.b.(H-h)}{\ln(R/r)}$$

dengan : k = koefisien permeabilitas.

b = tebal lapisan pembawa air (aquifer).

H = tebal lapisan yang mengandung air sebelum dipompa.

h = tebal lapisan yang mengandung air setelah dipompa.

S = (H - h) = penurunan muka air ("drawdown").

r = radius pengaruh pada jarak r.

R = radius pengaruh dengan penurunan muka air sama dengan nol

("Zero Drawdown").

G = faktor koreksi untuk penetrasi sebagian.

Elevasi lapisan kedap air = 0,5+5,05+4,45+14 = 24 m

r_2 = 10 m ; h_2 = 24-2,76 = 21,24 m

r_3 = 20 m ; h_3 = 24-2,35 = 21,65 m

H = 24-0,5 = 23,5 m

Menentukan R

$$\frac{(H-h_2)}{\ln\frac{R}{r_2}} = \frac{(H-h_3)}{\ln\frac{R}{r_3}}$$

$$\frac{23,5-21,24}{\ln\frac{R}{10}} = \frac{23,5-21,65}{\ln\frac{R}{20}} \Rightarrow \frac{2,26}{\ln\frac{R}{10}} = \frac{1,85}{\ln\frac{R}{20}} \Rightarrow 1,85\ln\frac{R}{10} = 2,26\ln\frac{R}{20}$$

$$\ln\frac{R}{10} = \frac{2,26}{1,85}\ln\frac{R}{20} \Rightarrow \ln\frac{R}{10} = 1,22\ln\frac{R}{20} \Rightarrow \ln\frac{R}{10} = \ln\left[\frac{R}{20}\right]^{1,22}$$

$$e^{\ln\frac{R}{10}} = e^{\ln\left[\frac{R}{20}\right]^{1,22}} \Rightarrow \frac{R}{10} = \left[\frac{R}{20}\right]^{1,22} \Rightarrow R^{1,22}.R^{-1} = \frac{20^{1,22}}{10} \Rightarrow R^{0,22} = \frac{20^{1,22}}{10}$$

$$R = \sqrt[0,22]{\frac{20^{1,22}}{10}}$$

Sehingga didapat nilai R = 467,03 meter

Langkah berikutnya adalah menentukan koefisien permeabilitas

$$Q = \frac{1}{G}\frac{2.\pi.k.b.(H-h)}{\ln\frac{R}{r}}$$

$$k = \frac{Q.G.Ln\frac{R}{r}}{2.p.b.(H-h)}$$

$$G = \frac{b_1}{b}\left(1 + 7\sqrt{\frac{r_w}{2.b_1}}.\cos\frac{\pi.b_1}{2.b}\right)$$

dengan Q = 150 lt/menit = 0,0025 m^3/det

b_1 = tebal sumur yang masuk ke dalam lapisan aquifer = 3 m

b = tebal lapisan aquifer = 14 m

r_w = radius pengaruh sumur diambil 5 inchi = 0,127 m

$$G = \frac{3}{14}\left(1 + 7\sqrt{\frac{0,127}{32.3}}\cos\frac{\pi.3}{2.14}\right)$$

G = 0,4325

r_2 = 10 m $\longrightarrow$ H-h = 23,5 - 21,24 = 2,26 m

$$k = \frac{0,0025.0,4325.\ln\frac{467,03}{10}}{2.\pi.14.2,26}$$

$k = 2,09.10^{-5}$ m/det

Kontrol S ("Drawdown") hasil perhitungan dengan hasil "Pumping Test"

$$(H - h) = \frac{G.\ln\frac{R}{r}.Q}{2.\pi.K.b}$$

$$S = \frac{0,4325.\ln\frac{467,03}{r}.0,0025}{2.\pi.2,09.10^{-5}.14}$$

$$S = 0,5881.\ln\frac{467,03}{r}$$

Tabel 3.1 Perbandingan hasil perhitungan "Drawdown" (S)

r (meter)	Hasil Perhitungan (S) (meter)	Hasil "Pumping Test" (meter)
5	3,168	3,09
10	2,70	2,76
20	2,353	2,35
35	2,023	1,83

Rencana "Dewatering"

Elevasi muka air tanah = -0,5 m

Air tanah akan diturunkan menjadi = -10 m

Ketinggian air yang akan di pompa = 10 - 0,5 = 9,5 m

Volume air keseluruhan yang akan di pompa = 9,5 x 82 x21 = 16359 m^3

Digunakan 5 buah pompa, masing-masing mempunya debit Q = 200 lt/menit

Maka waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan air tanah sampai elevasi -10 meter adalah :

$$T = \frac{16359}{5x200.10^{-3}x60x24}$$

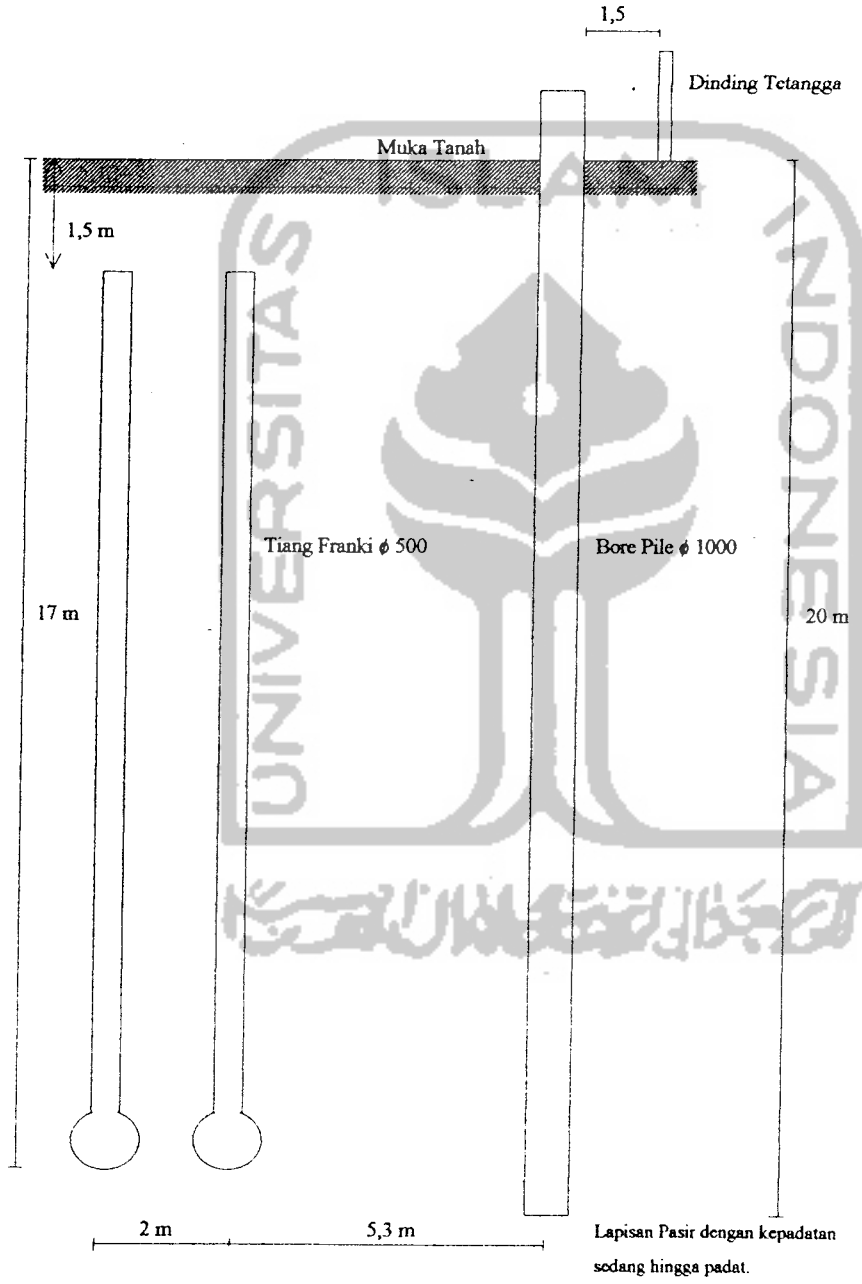
T = 11,36 hari

≈ 12 hari

3.7 Tahap Pelaksanaan Metode "Semi Top Down"

Tahap 1

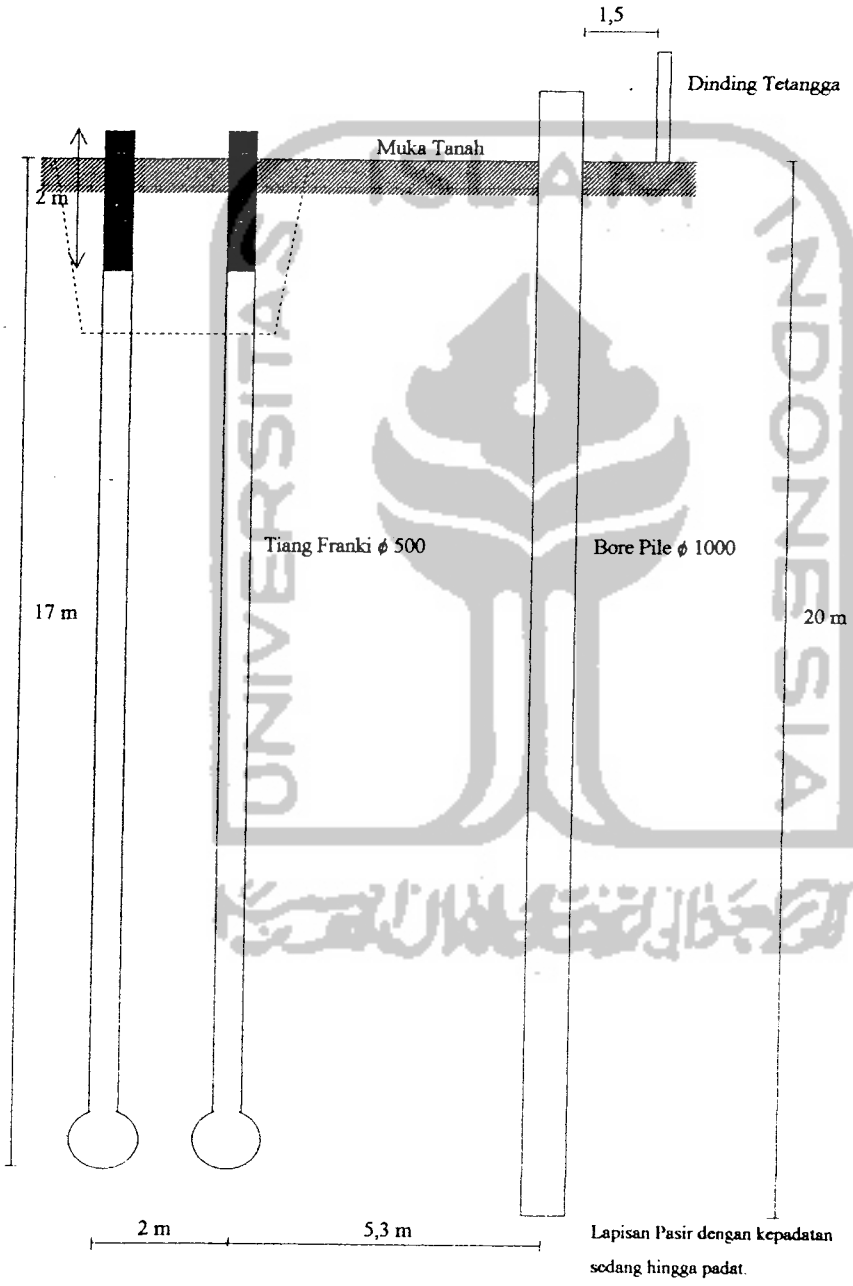
1. Dibuat tiang Franki dengan diameter 500 mm dengan kedalaman 17 dari muka tanah
2. Dibuat "Bore Pile" dengan diameter 1000 mm dengan kedalaman 20 meter dari muka tanah.



Gambar 3.2 Kondisi awal pelaksanaan Metoda "Semi Top Down"

Tahap 2

1. Dibuat sambungan perpanjangan pada ujung tiang Franki sebagai kolom sementara.

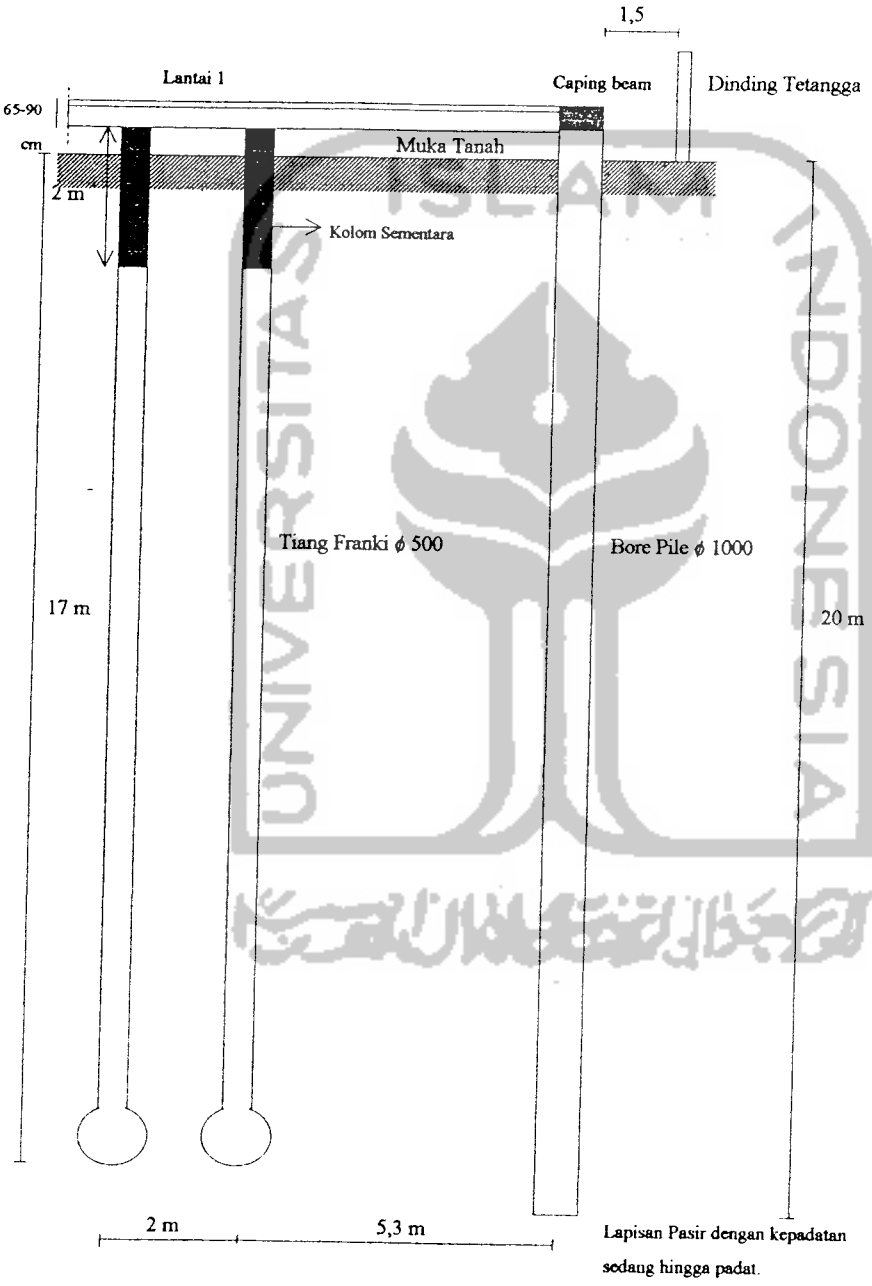


Gambar 3.3. Pelaksanaan Metoda "Semi Top Down" tahap 2

Tahap 3

1. Dibuat "Caping Beam" diatas "bore pile" yang akan dicor bersama lantai 1.

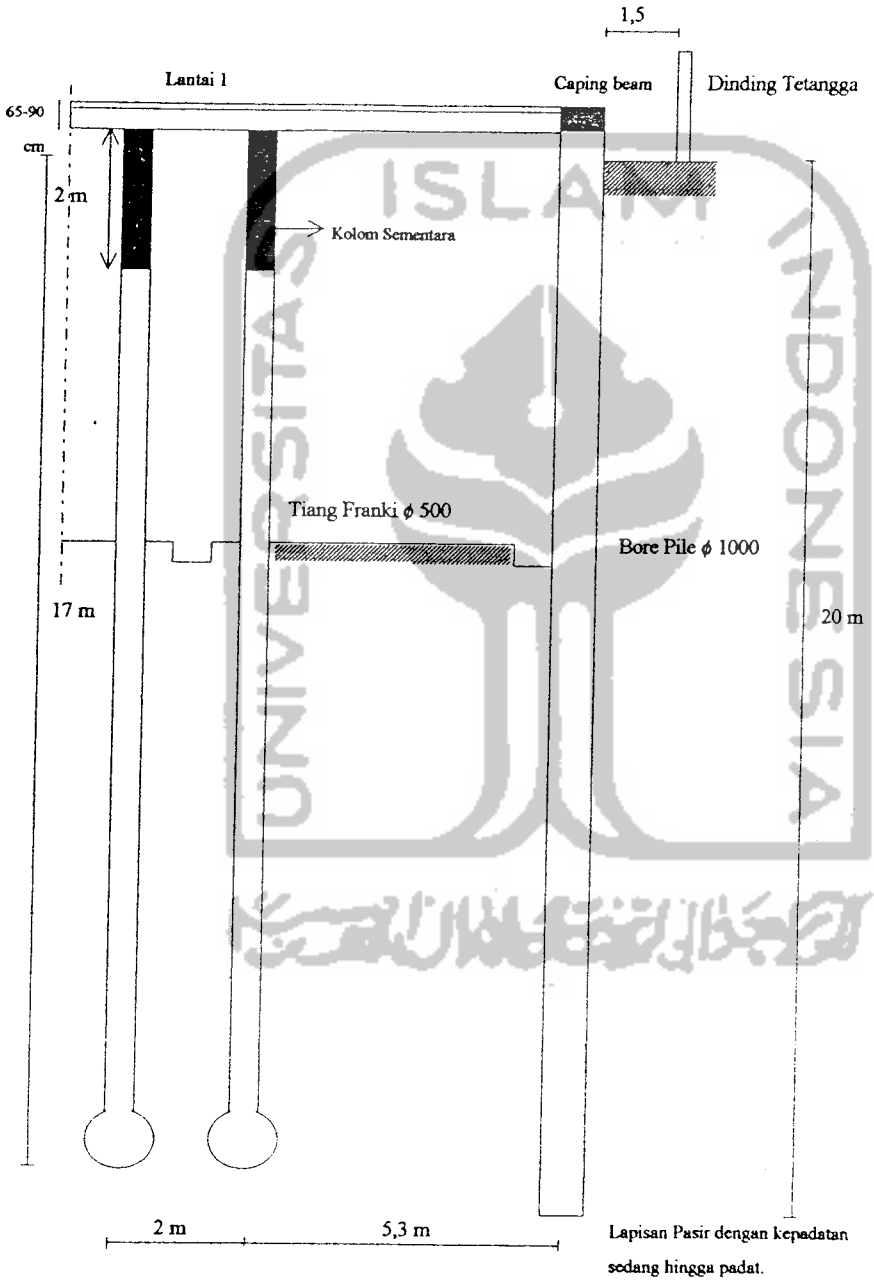
2. Pelat dan balok lantai 1 docor, dalam hal ini tiang Franki berfungsi kolom-kolom penunjang sementara.



Gambar 3.4. Pelaksanaan Metoda "Semi Top Down" tahap 3

Tahap 4

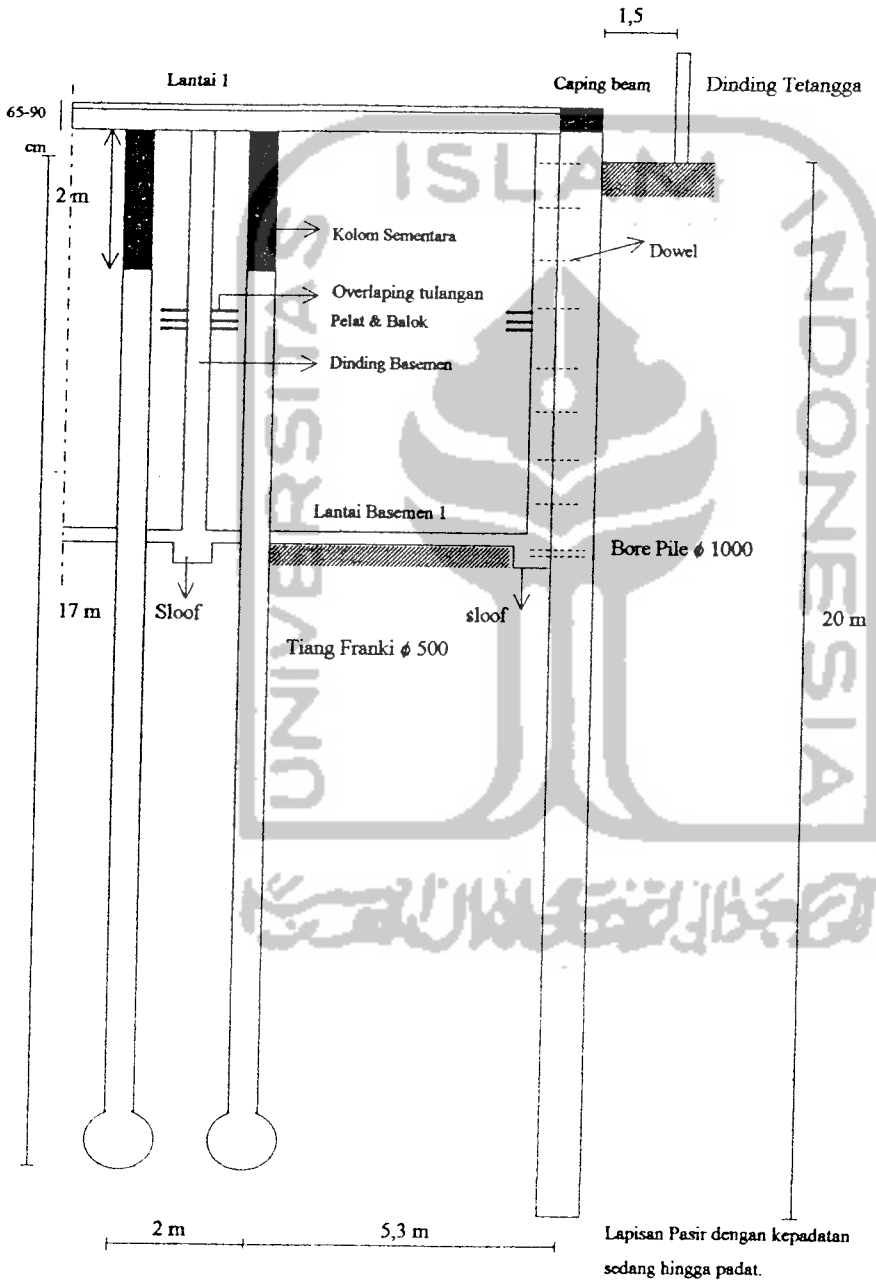
1. Tanah dibawah lantai dasar digali untuk pengecoran lantai basemen "sloff", "pile cap" serta dinding basemen.



Gambar 3.5. Pelaksanaan Metoda "Semi Top Down" tahap 4

Tahap 5

1. "Pile Cap", "sloof", lantai basemen 2 serta dinding basemen dicor serta pada bagian lantai basemen 1 di buat "overlaping" tulangan pelat dan balok.

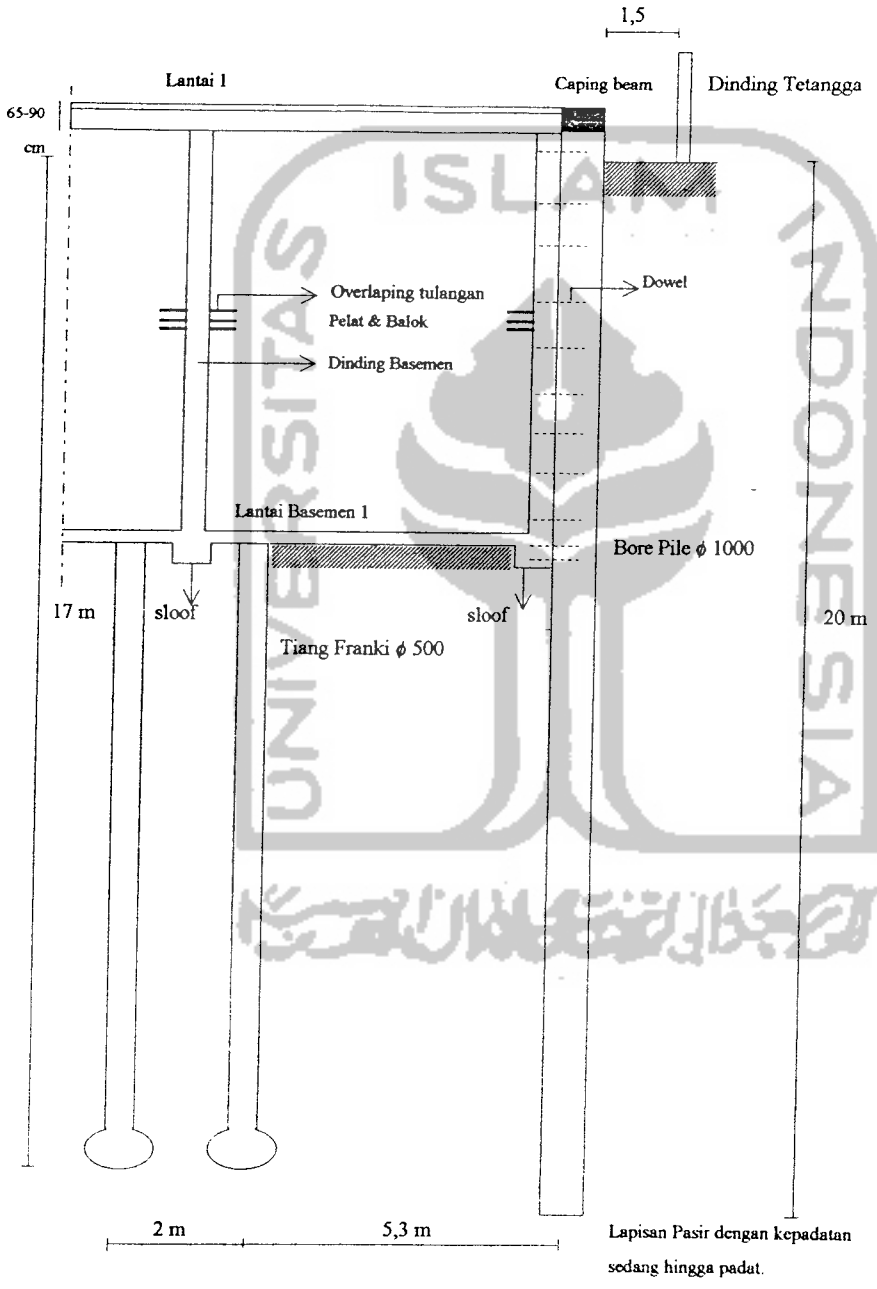


Gambar 3.6. Pelaksanaan Metoda "Semi Top Down" tahap 5

Tahap 6

1.Setelah dinding basemen selesai seluruhnya maka kolom sementara dapat dipotong.

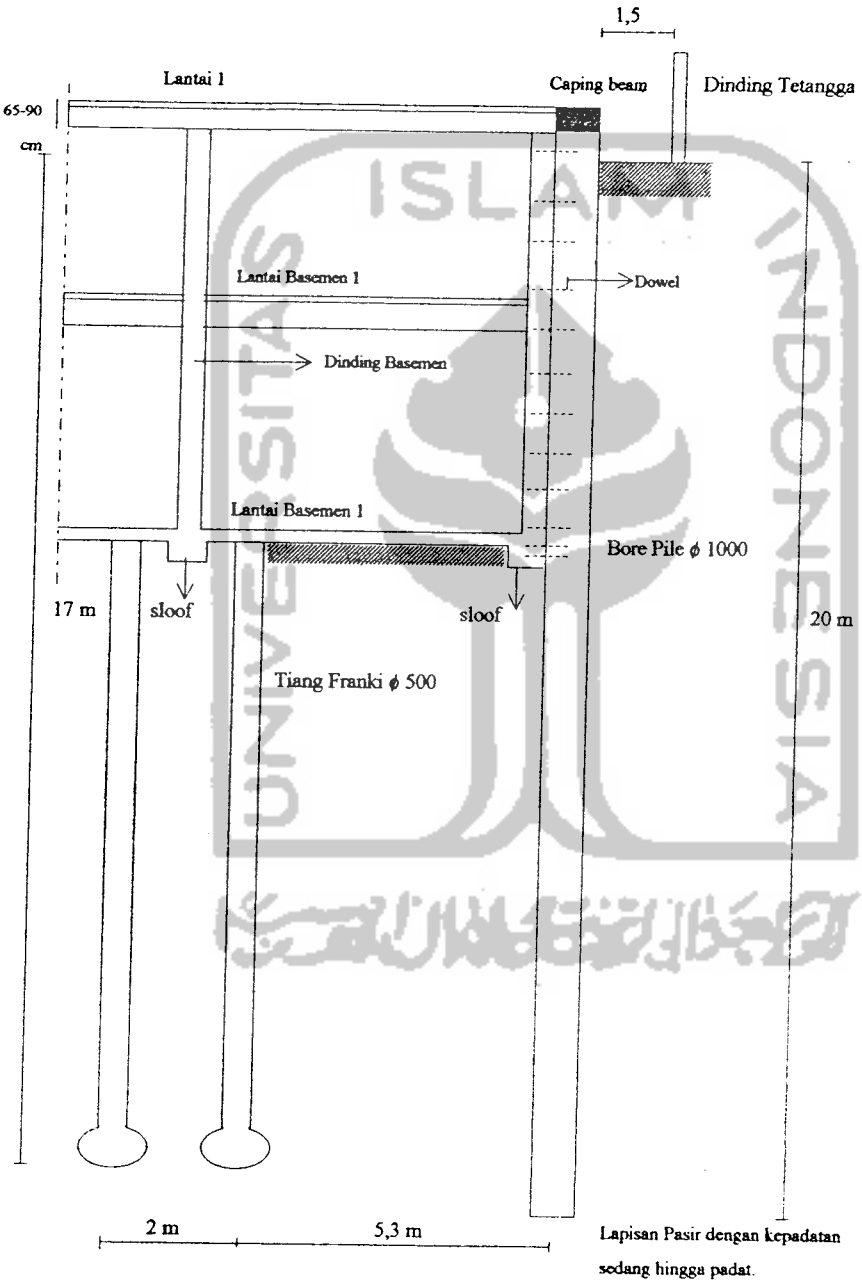
2. Lubang pada basemen 2 dapat dicor dengan memberikan tambah-an tulangan dan "water stop".



Gambar 3.7. Pelaksanaan Metoda "Semi Top Down" tahap 6

Tahap 7

1. Balok dan lantai basemen 1 dapat di kerjakan.



Gambar 3.8 Pelaksanaan Metoda "Semi Top Down" tahap 7

BAB IV

ANALISIS STRUKTUR DAN PERANCANGAN

4.1 Pembebanan

Pembebanan yang akan diperhitungkan dalam analisis struktur ini didasarkan pada beban statis. Untuk beban gempa tidak diperhitungkan. Hal tersebut mengingat basemen merupakan struktur bangunan bawah tanah sehingga keruntuhan akibat beban gempa sangat kecil pengaruhnya.

4.1.1 Beban Akibat Bangunan di Sekitar Proyek

a. Bagian Selatan

Di sebelah Selatan lokasi "Semi Top Down" ini dibatasi oleh bangunan perumahan penduduk berlantai 1, dengan jarak antara "bore pile" dan dinding tetangga (b') 1,5 meter. Adapun beban-bebannya berdasarkan PMI 1970 sebagai berikut:

• Pondasi pasangan batu	0,5 x 2200 / 2	=	550 kg/m^2
• Pasir	0,05 x 1600	=	80 kg/m^2
• Specie	0,02 x 2100	=	42 kg/m^2
• Ubin		=	24 kg/m^2
• Beban hidup		=	200 kg/m^2
• Dinding 1/2 batu		=	250 kg/m^2
• Eternit		=	11 kg/m^2

- Penutup atap genteng = 50 kg/m^2

= 1207 kg/m^2

b. Bagian Utara

Di sebelah Utara dibatasi oleh bangunan sekolahan berlantai 1, dengan jarak antara dinding sekolahan dengan "bore pile" (b') 3 meter, dengan beban sebagai berikut :

- Pondasi pasangan batu 0,5 x 2200 / 2 = 550 kg/m^2
- Pasir 0,05 x 1600 = 80 kg/m^2
- Specie 0,02 x 2100 = 42 kg/m^2
- Ubin = 24 kg/m^2
- Beban hidup = 250 kg/m^2
- Dinding 1/2 batu = 250 kg/m^2
- Eternit = 11 kg/m^2
- Penutup atap genteng = 50 kg/m^2

= 1257 kg/m^2

c. Bagian Timur

Bagian Timur proyek ini dibatasi oleh perumahan penduduk berlantai 1, dengan jarak antara "bore pile" dan dinding rumah penduduk (b') 11,5 meter, dengan asumsi beban sebagai berikut :

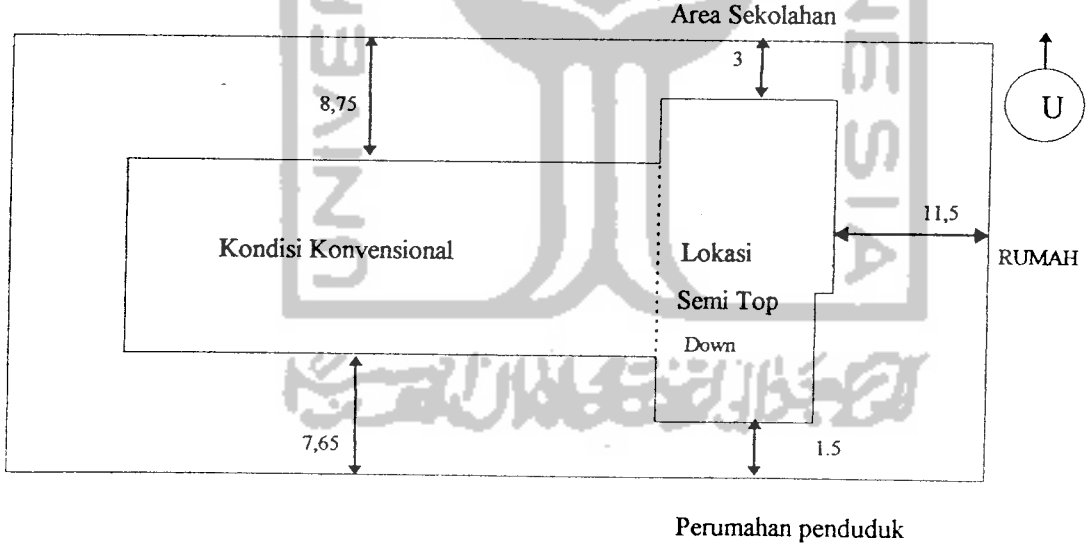
- Pondasi pasangan batu 0,5 x 2200 / 2 = 550 kg/m^2
- Pasir 0,05 x 1600 = 80 kg/m^2
- Specie 0,02 x 2100 = 42 kg/m^2

- Ubin = 24 kg/m^2
- Beban hidup = 200 kg/m^2
- Dinding 1/2 batu = 250 kg/m^2
- Eternit = 11 kg/m^2
- Penutup atap genteng = 50 kg/m^2

= 1207 kg/m^2

4.1.2 Beban Lantai 1 pada Struktur "Semi Top Down"

* Beban mati yang terjadi meliputi berat sendiri struktur yang secara otomatis telah dihitung dalam program SAP-90
* Beban hidup 250 kg/m^2
* Beban berguna 400 kg/m^2



Gambar 4.1 Denah lokasi"Semi Top Down"

4.2 Tekanan Tanah Lateral pada Lokasi "Semi Top Down"

4.2.1 Akibat Pengaruh Beban Lajur

a. Bagian Utara

Beban memanjang yang bekerja q = 1,257 t/m^2

Sudut geser tanah ϕ =7° Panjang bidang kelongsoran dari "bore pile" adalah L= 2.(7 sin (90 - (45+7))) = 8,6192 meter. Sehingga dengan b' = 3 meter, maka a' = L - b' = 8,6192 - 3 = 5,6192 meter.

Untuk perhitungan bagian ini dapat dilihat pada teori sub bab 2.1.5.

Perhitungan :

$\theta_1 = \tan^{-1}(3/7) = 23{,}2°$; $\theta_2 = \tan^{-1}((3+5{,}6192)/7) = 50{,}9°$

Gaya yang bekerja (P)

$$P = \frac{1{,}257}{90}\,[\,7.(50{,}9 - 23{,}2)\,] = 2{,}7081 \text{ t/m}$$

tiap-tiap "bore pile" memikul beban lajur ini sepanjang 1,2 meter, sehingga gaya P = 2,7081 x 1,2 = 3,25 ton

Menghitung letak resultanse P,

$R = (5{,}6192 + 3)^2.(90 - 50{,}9) = 2904{,}8$

$Q = 3^2 . (90 - 23{,}2) = 601{,}2$

$$H - z = \frac{7^2.(50{,}9 - 23{,}2) - (2904{,}8 - 601{,}2) + 57{,}3 . 5{,}6192 . 7}{2 . 7 . (50{,}9 - 23{,}2)} = 3{,}4 \text{ meter}$$

maka, $z = H - 3{,}4 = 7 - 3{,}4 = 3{,}6$ meter

b. Bagian Selatan

Beban memanjang yang bekerja q = 1,207 t/m^2

Sudut geser tanah ϕ =7°

Panjang bidang kelongsoran dari "bore pile" adalah L= 2.(7 sin (90 - (45+7))) = 8,6192 meter. Sehingga dengan b' = 1,5 meter, maka a' = L - b' = 8,6192 -1,5 = 7,1192 meter.

Perhitungan :

$\theta_1 = \tan^{-1}(1,5/7) = 12,1°$; $\theta_2 = \tan^{-1}[(7,1192+1,5) / 7] = 50,9°$

Gaya yang bekerja (P)

$$P = \frac{1,207}{90} [\,7.(50,9 - 12,1)\,] = 3,6424 \text{ t/m}$$

tiap-tiap "bore pile" memikul beban lajur ini sepanjang 1,2 meter, sehingga gaya P = 3,6424 x 1,2 = 4,37 ton

Menghitung letak resultanse P,

$R = (7,1192 + 1,5)^2.(90 - 50,9) = 2904,8$

$Q = 1,5^2 . (90 - 12,1) = 175,3$

$$H - z = \frac{7^2.(50,9 - 12,1) - (2904,8 - 175,3) + 57,3 . 7,1192 . 7}{2 . 7 . (50,9 - 12,1)} = 3,7 \text{ meter}$$

maka, $z = H - 3,4 = 7 - 3,7 = 3,3$ meter

c. Bagian Timur dibatasi oleh perumahan penduduk

Karena bidang kelongsoran sepanjang 8,6192 meter sedangkan jarak dengan perumahan penduduk 11,5 meter, maka beban lajur tidak berpengaruh.

4.2.2 Akibat Pengaruh Tanah

Tekanan yang disebabkan oleh tanah pada lokasi "Semi Top Down", dapat dihitung dengan diagram tekanan tanah aktif dan pasif. Adapun data tanah yang ada yaitu dengan mengambil salah satu sampel pada data Boring Log II yang terletak lokasi struktur "Semi Top Down"

Tabel 4.1 Data Boring Log II (kasus "Semi Top Down")

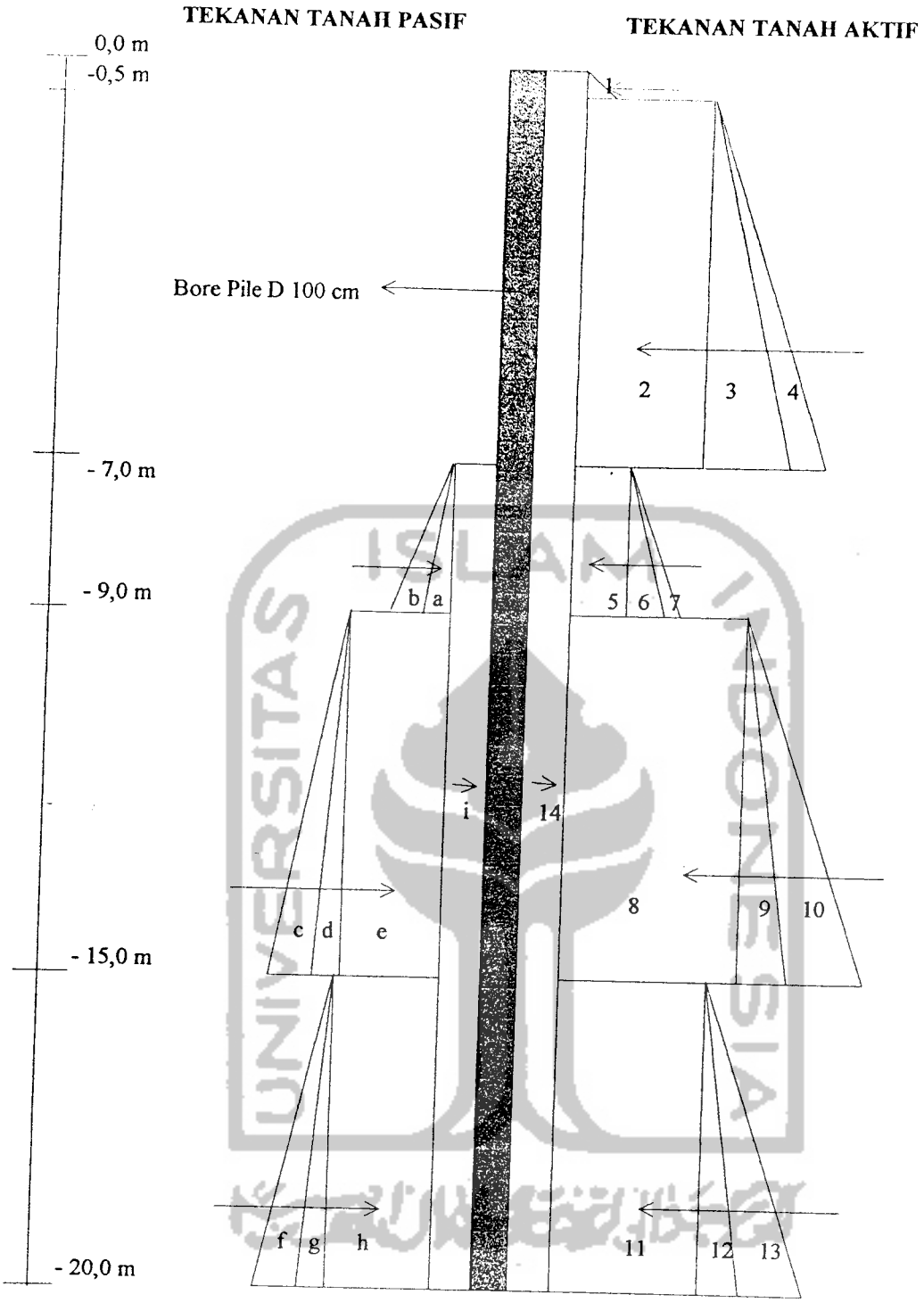
LAP.	DALAM	W (%)	Gs	e_o	c	γ_t	$\gamma_b = \frac{(1+W)}{(1+e)} Gs.\gamma_w$	$\gamma_{sat} = \frac{(Gs+e)}{(1+e)} \gamma_w$	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$
I	0,0 - 0,5	33	2.66	2.46	0.2	1.49	1.0225	1.4798	0.4798
II	0,5 - 7,0	33	2.66	2.46	0.2	1.49	1.0225	1.4798	0.4798
III	7,0 - 9,0	33	2.68	2.46	0.2	1.49	1.0302	1.4855	0.4855
IV	9,0 - 15	33	2.66	2.46	0.2	1.49	1.0225	1.4798	0.4798
V	15 - 20	28	2.72	2.46	0.2	1.49	1.0849	1.4971	0.4971

Perhitungan koefisien tekanan tanah

$\phi = 7^o$

$Ka = \tan^2 (45 - \phi/2) = \tan^2 (45 - 7/2) = 0,783$

$Kp = 1/Ka = 1 / 0,783 = 1,278$



Gambar 4.2 Diagram Tekanan Tanah pada Kasus "Semi Top Down"

Tabel 4.2 Perhitungan tekanan tanah aktif pada kedalaman "bore pile" 20 meter

No	σ_x (x1.2 m) (ton / m)			Ea (ton)			(L) (m)	Ea x L (ton. m)
1	$\gamma_{b1}.h.Ka$	=	0.4802	$\frac{1}{2}.\gamma_{b1}.h^2.Ka$	=	0.1200	19.67	2.3613
2	$\gamma_{b1}.h.Ka$	=	6.2423	$\gamma_{b1}.h^2.Ka$	=	40.5752	16.25	659.3467
3	$\gamma_w.h$	=	7.8000	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	25.3500	15.17	384.5595
4	$\gamma_2'.h.Ka$	=	2.9290	$\frac{1}{2}.\gamma_2'.h^2.Ka$	=	9.5193	15.17	144.4079
5	$(\gamma_{b1}+\gamma_2').h.Ka$	=	2.8220	$(\gamma_{b1}+\gamma_2').h^2.Ka$	=	5.6439	12.00	67.7269
6	$\gamma_3'.h.Ka$	=	0.9121	$\frac{1}{2}.\gamma_3'.h^2.Ka$	=	0.9121	11.67	10.6441
7	$\gamma_w.h$	=	2.4000	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	2.4000	11.67	28.0080
8	$(\gamma_b+\gamma_2'+\gamma_3').h.Ka$	=	11.2021	$(\gamma_b+\gamma_2'+\gamma_3').h^2.Ka$	=	67.2129	8.00	537.7031
9	$\gamma_4'.h.Ka$	=	2.7037	$\frac{1}{2}.\gamma_4'.h^2.Ka$	=	8.1111	7.00	56.7779
10	$\gamma_w.h$	=	7.2000	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	21.6000	7.00	151.2000
11	$(\gamma_b+\gamma_2'+\gamma_3'+\gamma_4').h.Ka$	=	11.5882	$(\gamma_b+\gamma_2'+\gamma_3'+\gamma_4').h^2.Ka$	=	57.9411	2.50	144.8527
12	$\gamma_5'.h.Ka$	=	2.3345	$\frac{1}{2}.\gamma_5'.h^2.Ka$	=	5.8363	1.67	9.7467
13	$\gamma_w.h$	=	6.0000	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	15.0000	1.67	25.0500
14	$-2c\sqrt{}.Ka$	=	-0.4247	$-2c.\sqrt{Ka}.h$	=	-8.4932	10.00	-84.9315
		$\Sigma\sigma x$ =	64.1895		ΣEa =	251.7288	$\Sigma Ea.L$ =	2137.4531

Tabel 4.3 Perhitungan tekanan tanah pasif pada kedalaman "bore pile" 20 m

No	σ_x (x 1.2 m) (ton / m)			Ep (ton)			(L) (m)	Ep x L (ton. m)
a	$\gamma_3'.h.Kp$	=	1.4887	$\frac{1}{2}.\gamma_3'.h^2.Kp$	=	1.4887	11.67	17.3731
b	$\gamma_w.h$	=	2.4000	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	2.4000	11.67	28.0080
c	$\gamma_w.h$	=	7.2000	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	21.6000	7.00	151.2000
d	$\gamma_4'.h.Kp$	=	4.4129	$\frac{1}{2}.\gamma_4'.h^2.Kp$	=	13.2387	7.00	92.6712
e	$\gamma_3'.h.Kp$	=	4.4661	$\gamma_3'.h^2.Kp$	=	26.7965	8.00	214.3719
f	$\gamma_w.h$	=	6.0000	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	15.0000	1.67	25.0500
g	$\gamma_5'.h.Kp$	=	3.8103	$\frac{1}{2}.\gamma_5'.h^2.Kp$	=	9.5259	1.67	15.9082
h	$(\gamma_3'+\gamma_4').h.Kp$	=	7.3992	$(\gamma_3'+\gamma_4').h^2.Kp$	=	36.9958	2.50	92.4895
i	$2c.\sqrt{Kp}$	=	0.5425	$2c.\sqrt{Kp}.h$	=	7.0529	6.50	45.8436
		$\Sigma\sigma x$ =	37.7197		ΣEp =	134.0985	$\Sigma Ep.L$ =	682.9154

$\Sigma Ea.L$ = 2137,4531 tm

* $\Sigma Ep.L$ = 682,9154 tm

Pada hasil hitungan diatas terlihat bahwa momen guling aktif ($\Sigma Ea.L$) lebih besar daripada momen guling pasif ($\Sigma Ep.L$). Akibat dari hal tersebut maka konstruksi penahan tanah dikatakan tidak stabil (terjadi keruntuhan).

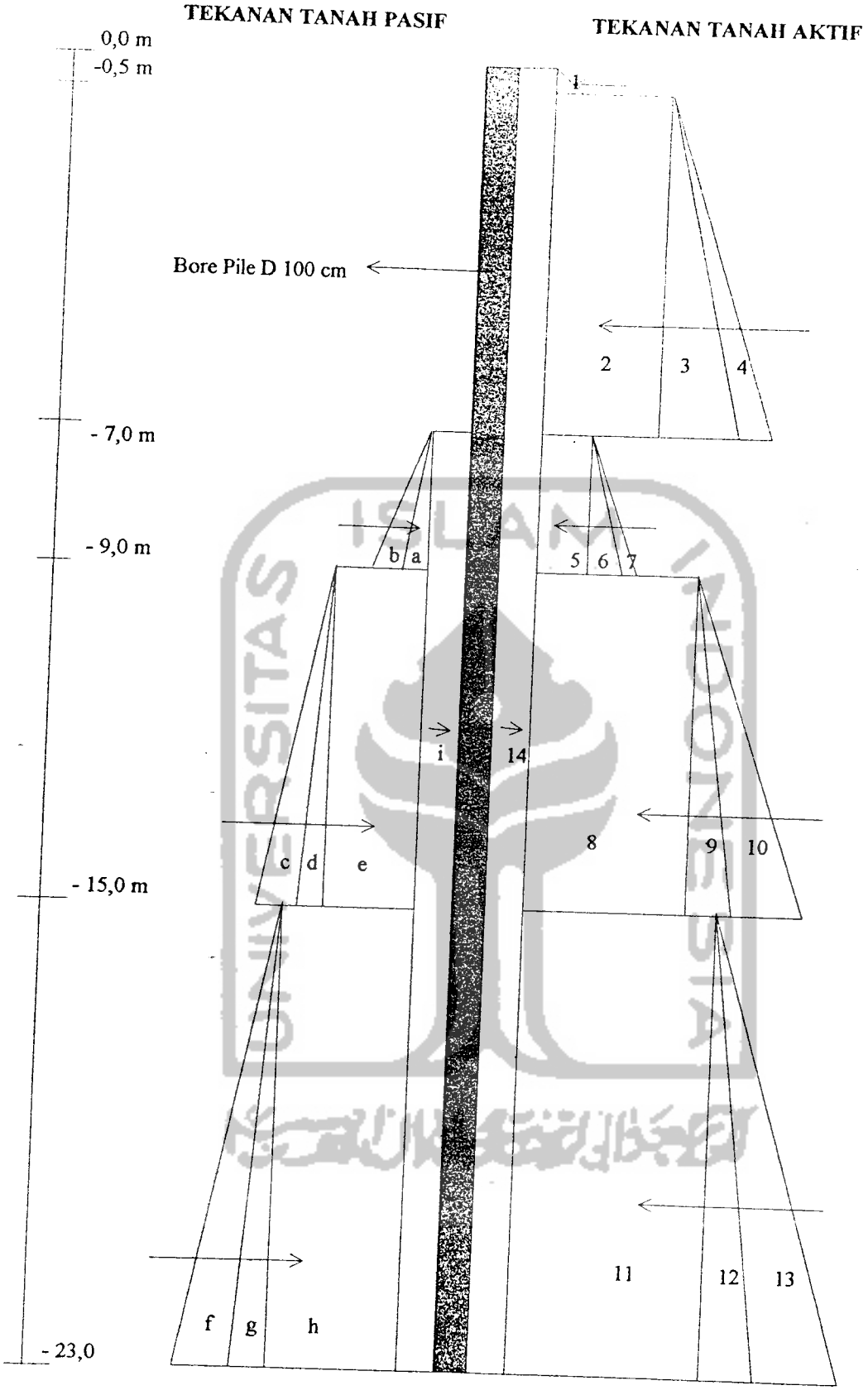
Dengan angka keamanan

$$SF = \frac{\Sigma \text{ Momen penahan}}{\Sigma \text{ Momen pengguling}} = \frac{682,9154}{2137,4531} = 0,3 < 1,5$$

Untuk lebih dapat membuktikan bahwa kondisi tanah pada lokasi Boring Log II ini memang benar-banar lunak (jelek), maka dibawah ini disajikan kontrol analisis keruntuhan dengan cara menambah dan mengurangi kedalaman "bore pile"". Pada kondisi berikut, dicoba dengan menambah kedalaman "bore pile" menjadi 23 m, seperti tampak pada gambar 4.3 dengan hasil hitungan seperti pada tabel 4.4 dan tabel 4.5.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

PERPUSTAKAAN YOGYAKARTA



Gambar 4.3 Diagram Tekanan Tanah pada Kasus "Semi Top Down"

Tabel 4.4 Perhitungan tekanan tanah aktif pada kedalaman "bore pile" 23 meter

No	Ea			Lengan (L)	Ea x Lx1.2m
1	$\frac{1}{2}.\gamma_{b1}.h^2.Ka$	=	0.1000	22.67	2.7214
2	$\gamma_{b1}.h^2.Ka$	=	33.8127	19.25	781.0722
3	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	21.1250	18.17	460.6095
4	$\frac{1}{2}.\gamma_2'.h^2.Ka$	=	7.9328	18.17	172.9658
5	$(\gamma_{b1}+\gamma_2').h^2.Ka$	=	4.7033	15.00	84.6586
6	$\frac{1}{2}.\gamma_3'.h^2.Ka$	=	0.7601	14.67	13.3804
7	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	2.0000	14.67	35.2080
8	$(\gamma_b+\gamma_2'+\gamma_3').h^2.Ka$	=	56.0107	11.00	739.3417
9	$\frac{1}{2}.\gamma_4'.h^2.Ka$	=	6.7593	10.00	81.1112
10	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	18.0000	10.00	216.0000
11	$(\gamma_b+\gamma_2'+\gamma_3'+\gamma_4').h^2.Ka$	=	123.6076	4.00	593.3165
12	$\frac{1}{2}.\gamma_5'.h^2.Ka$	=	12.4508	2.67	39.8924
13	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	32.0000	2.67	102.5280
14	$-2c.\sqrt{Ka}.h$	=	-8.1393	11.50	-112.3219
		ΣEa =	311.1229	ΣEa.L =	3210.4839

Tabel 4.5 Perhitungan tekanan tanah pasif pada kedalaman "bore pile" 23 meter

No	Ep			Lengan (L)	Ep x L x 1.2 m
a	$\frac{1}{2}.\gamma_3'.h^2.Kp$	=	1.2406	14.67	21.8391
b	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	2.0000	14.67	35.2080
c	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	18.0000	10.00	216.0000
d	$\frac{1}{2}.\gamma_4'.h^2.Kp$	=	11.0323	10.00	132.3874
e	$\gamma_3'.h^2.Kp$	=	22.3304	11.00	294.7613
f	$\frac{1}{2}.\gamma_w.h^2$	=	32.0000	2.67	102.5280
g	$\frac{1}{2}.\gamma_5'.h^2.Kp$	=	20.3218	2.67	65.1112
h	$(\gamma_3'+\gamma_4').h^2.Kp$	=	78.9244	4.00	378.8371
I	$2c.\sqrt{Kp}.h$	=	7.2337	8.00	69.4435
		ΣEp =	193.0832	ΣEp.L =	1316.1157

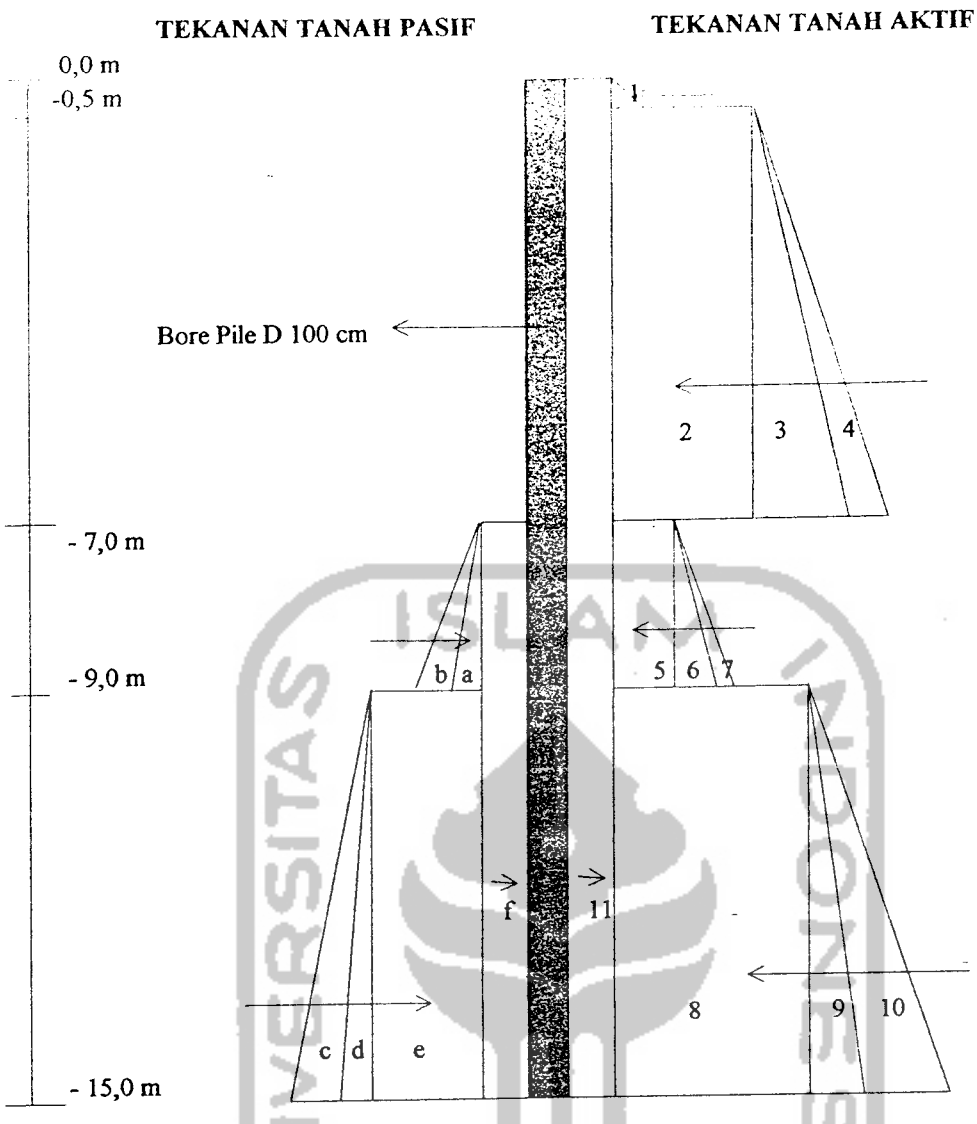
* Ea.L = 3210,4839 tm
* ΣEp.L = 1316,1157 tm

* Dengan angka keamanan

$$SF = \frac{\Sigma \text{ Momen penahan}}{\Sigma \text{ Momen pengguling}} = \frac{1316,1157}{3210,4839} = 0,41 < 1,5$$

Pada kedalaman "bore pile" sama dengan 23 meter, ternyata momen guling aktif (ΣEa.L) masih lebih besar dari pada momen guling pasif (ΣEp.L). Hal ini menunjukkan bahwa walaupun kedalaman ditambah, kondisi tersebut tetap tidak akan dapat memberikan konstruksi yang aman, bahkan jika terus diperdalam akan semakin boros. Hal ini memang karena kondisi tanah yang sangat lunak (nilai ϕ kecil, hanya 7°) sehingga perlu dipikirkanlebih lanjut tentang pelaksanaan pembangunan basemen dengan kasus seperti itu.

Sekarang dicoba dengan memperpendek "bore pile" menjadi 15 m, seperti terlihat pada gambar 4.4, dengan hasil hitungan seperti tampak pada tabel 4.6 dan tabel 4.7.



Gambar 4.4 Diagram Tekanan Tanah pada Kasus "Semi Top Down"

Tabel 4.6 Perhitungan tekanan tanah aktif pada kedalaman "bore pile" 15 meter

No	Ea			Lengan (L)	Ea x L x 1.2 m
1	$1/2.\gamma_{b1}.h^2.Ka$	=	0.1000	14.83	1.7803
2	$\gamma_{b1}.h^2.Ka$	=	33.8127	11.25	456.4708
3	$1/2.\gamma_w.h^2$	=	21.1250	10.67	270.4845
4	$1/2.\gamma_2'.h^2.Ka$	=	7.9328	10.67	101.5710
5	$(\gamma_{b1}+\gamma_2').h^2.Ka$	=	4.7033	7.00	39.5074
6	$1/2.\gamma_3'.h^2.Ka$	=	0.7601	6.67	6.0837
7	$1/2.\gamma_w.h^2$	=	2.0000	6.67	16.0080
8	$(\gamma_b+\gamma_2'+\gamma_3').h^2.Ka$	=	56.0107	3.00	201.6386
9	$1/2.\gamma_4'.h^2.Ka$	=	6.7593	2.00	16.2222
10	$1/2.\gamma_w.h^2$	=	18.0000	2.00	43.2000
11	$-2c.\sqrt{Ka}.h$	=	-5.3082	7.50	-47.7740
		ΣEa =	145.8956	ΣEa.L =	1105.1925

Tabel 4.7 Perhitungan tekanan tanah pasif pada kedalaman "bore pile" 15 meter

No	Ep			Lengan (L)	Ep x L x 1.2 m
a	$1/2.\gamma_3'.h^2.Kp$	=	1.2406	6.67	9.9296
b	$1/2.\gamma_w.h^2$	=	2.0000	6.67	16.0080
c	$1/2.\gamma_w.h^2$	=	18.0000	2.00	43.2000
d	$1/2.\gamma_4'.h^2.Kp$	=	11.0323	2.00	26.4775
e	$\gamma_3'.h^2.Kp$	=	22.3304	3.00	80.3895
I	$2c.\sqrt{Kp}.h$	=	3.6168	4.00	17.3609
		ΣEp =	58.2201	ΣEp.L =	193.3654

* ΣEa.L = 6131.7695 tm
* ΣEp.L = 193.3654 tm
* Dengan angka keamanan

$$SF = \frac{\Sigma \text{ Momen penahan}}{\Sigma \text{ Momen pengguling}} = \frac{193,3654}{1105,1925} = 0,175 < 1,5$$

Terlihat dari hasil hitungan bahwa meskipun "bore pile" diperpendek tetap tidak aman (keruntuhan tetap terjadi). Dari ketiga hitungan yang ada telah dapat menjadi tolak ukur bahwa pada lokasi Boring Log II, maka metoda "Semi Top

Down" dapat digunakan karena dengan metode tersebut keruntuhan tanah serta kestabilan konstruksi dapat diatasi dengan baik.

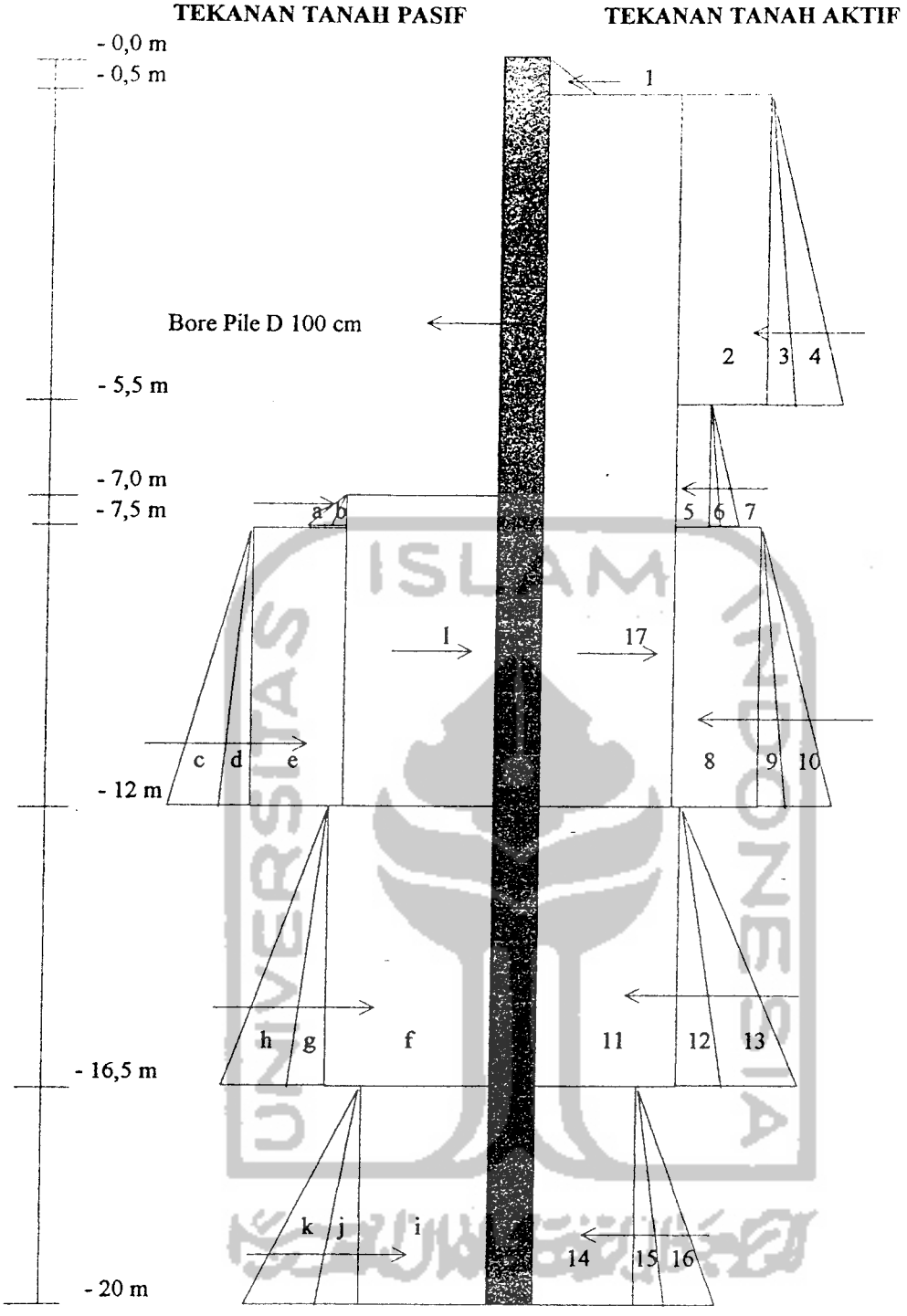
4.3 Tekanan Tanah Lateral Pada Kondisi Konvensional

4.3.1 Akibat Beban Merata

Pada kondisi konvensional, maka beban merata yang ada diatasnya tidak mempengaruhi tekanan tanah lateral. Hal ini disebabkan karena jarak tapak yang relatif jauh sehingga bidang kelongsoran tidak sampai pada beban merata tersebut. Dengan demikian pada tekanan tanah lateral kondisi konvensional ini hanya terdapat beban karena faktor dari tanah sendiri.

4.3.2 Akibat Tekanan Tanah

Tekanan tanah lateral akibat tekanan dari dalam tanah sendiri dapat dihitung dengan diagran tekanan tanah aktif dan pasif. Untuk kasus konvensional ini dipakai data tanah dari Boring Log V yang dapat mewakili terhadap lokasi lain yang sama-sama memakai penahan tanah konvensional seperti terlihat pada gambar 4.4 dengan hasil hitungan seperti tampak pada tabel 4.9 dan tabel 4.10.



Gambar 4.5 Diagram Tekanan Tanah Lateral Pada Kasus Konvensional

Tabel 4.8 Data Boring Log V (kasus Konvensional)

LAP.	DALAM	W (%)	Gs	e_o	ϕ	c	γ_t	$\gamma_b = \frac{(1+W)}{(1+e)} Gs.\gamma_w$	$\gamma_{sat} = \frac{(Gs+e)}{(1+e)} \gamma_w$	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$
I	0,0 - 5,5	23	2.7	2.32	19	0.4	1.51	1.0003	1.5120	0.5120
II	5,5 - 7,5	23	2.66	2.32	19	0.4	1.51	0.9855	1.5000	0.5000
III	7,5 -12	23	2.67	2.32	19	0.4	1.51	0.9892	1.5030	0.5030
IV	12 - 16,5	23	2.68	2.78	19.5	0	1.58	0.8721	1.4444	0.4444
V	16,5 - 20	22	2.71	2.78	19.5	0	1.58	0.8747	1.4524	0.4524

Koefisien tekanan tanah pada kedalaman 0,0 - 12 meter

$Ka = \tan^2 (45 - 19/2) = 0{,}5089$; $Kp = 1 / 0{,}5089 = 1{,}9650$

Koefisien tekanan tanah pada kedalaman 12 - 20 meter

$Ka = \tan^2 (45 - 19{,}5/2) = 0{,}4995$; $Kp = 1 / 0{,}4995 = 2{,}002$

Tabel 4.9 Perhitungan tekanan tanah aktif pada kedalaman "bore pile" 20 meter

No	Ea			Lengan (L)	Ea x L x 1.2 m
1	$1/2.\gamma_{b1}.h^2.Ka$	=	0.0636	19.67	1.5020
2	$\gamma_{b1}.h^2.Ka$	=	12.7263	17.00	259.6172
3	$1/2.\gamma_1'.h^2.Ka$	=	3.2573	16.17	63.2040
4	$1/2.\gamma_w.h^2$	=	12.5000	16.17	242.5500
5	$(\gamma_{b1}+\gamma_1').h^2.Ka$	=	3.0785	13.50	49.8723
6	$1/2.\gamma_2'.h^2.Ka$	=	0.5089	13.17	8.0427
7	$1/2.\gamma_w.h^2$	=	2.0000	13.17	31.6080
8	$(\gamma_b+\gamma_1'+\gamma_2').h^2.Ka$	=	20.7377	10.25	255.0739
9	$1/2.\gamma_3'.h^2.Ka$	=	2.5918	9.50	29.5468
10	$1/2.\gamma_w.h^2$	=	10.1250	9.50	115.4250
11	$(\gamma_b+\gamma_1'+\gamma_2'+\gamma_3').h^2.Ka$	=	25.4426	5.75	175.5537
12	$1/2.\gamma_4'.h^2.Ka$	=	2.2478	5.00	13.4865
13	$1/2.\gamma_w.h^2$	=	10.1250	5.00	60.7500
14	$(\gamma_b+\gamma_1'+\gamma_2'+\gamma_3'+\gamma_4').h^2.Ka$	=	18.1107	1.75	38.0324
15	$1/2.\gamma_5'.h^2.Ka$	=	1.3840	1.17	1.9432
16	$1/2.\gamma_w.h^2$	=	6.1250	1.17	8.5995
17	$-2c.\sqrt{Ka}.h$	=	-68.4837	14.00	-1150.5268
		ΣEa =	62.5405	$\Sigma Ea.L$ =	204.2803

Tabel 4.10 Perhitungan tekanan tanah pasif pada kedalaman "bore pile" 20 meter

No	Ep			Lengan (L)	Ep x Lx1.2 m
a	$½.\gamma_2'.h^2.Kp$	=	0.1228	12.67	1.8672
b	$½.\gamma_w.h^2$	=	0.1250	12.67	1.9005
c	$\gamma_2'.h^2.Kp$	=	19.8956	10.25	244.7162
d	$½.\gamma_3'.h^2.Kp$	=	10.0077	9.50	114.0882
e	$½.\gamma_w.h^2$	=	10.1250	9.50	115.4250
f	$(\gamma_2'+\gamma_3').h^2.Kp$	=	40.6626	5.75	280.5720
g	$½.\gamma_4'.h^2.Kp$	=	9.0090	5.25	56.7567
h	$½.\gamma_w.h^2$	=	10.1250	5.25	63.7875
i	$(\gamma_2'+\gamma_3'+\gamma_4').h^2.Kp$	=	35.4981	1.75	74.5461
j	$½.\gamma_4'.h^2.Kp$	=	5.5472	1.17	7.7883
k	$½.\gamma_w.h^2$	=	6.1250	1.17	8.5995
l	$2c.\sqrt{Kp}.h$	=	50.4642	10.25	620.7102
		ΣEp =	197.7074	ΣEp.L =	1590.7575

* ΣEa.L = 204,2803 tm

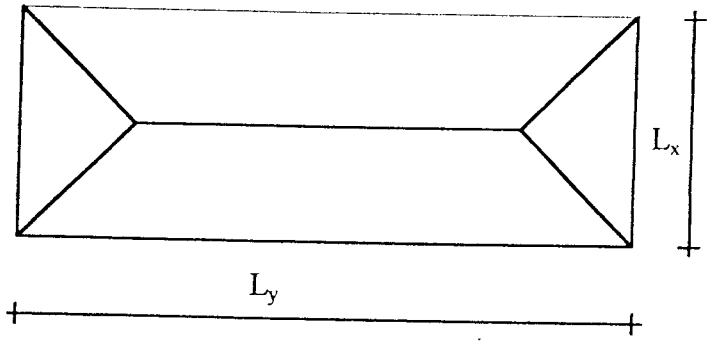
* ΣEp.L = 1590,7575 tm

Dari hasil hitungan tersebut terlihat bahwa ΣEa.L < ΣEp.L, karena momen pengguling aktif lebih kecil dari momen pengguling pasif maka dinding penahan tanah cukup stabil (tidak terjadi keruntuhan).

Dengan angka keamanannya,

$$SF = \frac{\Sigma \text{ Momen penahan}}{\Sigma \text{ Momen pengguling}} = \frac{1590,7575}{204,2803} = 8 > 1,5$$

4.4 Pembebanan Analisis Struktur pada Program SAP90



Gambar 4.6 Beban Amplop pada Lantai

a. Bentuk trapesium

$M = 0{,}0208.q.L_x.(3.L_y^2 - L_x^2)$

$M_{max} = 1/8.q.\ L_y^2$

maka $q = 8.M / L_y^2$

b. Bentuk segitiga

$M = 0{,}0417.q.\ L_x^3$

$M_{max} = 1/8.q.\ L_x^2$

maka $q = 8.M / L_x^2$

Tabel 4.11 Hasil penyetaraan beban amplop menjadi beban merata

SHELL	Lx	Ly	q		Beban Trapesium		Beban Segitiga	
			Hidup	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati
1,6,11	3.2	7.5	0.25	0.4	0.37513	0.6002	0.26688	0.42701
16	2.4	7.5	0.25	0.4	0.2893	0.46287	0.20016	0.32026
2,7,12	3.2	8.1	0.25	0.4	0.37858	0.60573	0.26688	0.42701
17	2.4	8.1	0.25	0.4	0.29075	0.46521	0.20016	0.32026
3,8,13	3.2	7.65	0.25	0.4	0.37607	0.60171	0.26688	0.42701
4,9,14	3.2	7.65	0.25	0.4	0.37607	0.60171	0.26688	0.42701
5,10,15	3.2	6.3	0.25	0.4	0.36502	0.58402	0.26688	0.42701

4.4.1 Beban Lateral pada SAP-90

Tabel 4.12 Beban lateral bagian Utara

Kedalaman (m)	Beban		Jumlah beban (t/m)
	Tanah (t/m)	Kohesi (t/m)	
0	0	-0.4247	-0.4247
0.5	0.4802	-0.4247	0.0555
0.5	6.2423	-0.4247	5.8176
3.4	11.0291	-0.4247	10.6044
7	6.2423	-0.4247	16.5466
7	7.8	-0.4247	16.5466
7	2.929	-0.4247	16.5466

Tabel 4.13 Beban lateral bagian Selatan

Kedalaman (m)	Beban		Jumlah beban (t/m)
	Tanah (t/m)	Kohesi (t/m)	
0	0	-0.4247	-0.4247
0.5	0.4802	-0.4247	0.0555
0.5	6.2423	-0.4247	5.8176
3.7	11.5243	-0.4247	11.0996
7	6.2423	-0.4247	16.5466
7	7.8	-0.4247	16.5466
7	2.929	-0.4247	16.5466

Tabel 4.14 Beban lateral bagian Selatan

Kedalaman (m)	Beban		Jumlah beban (t/m)
	Tanah (t/m)	Kohesi (t/m)	
0	0	-0.4247	-0.4247
0.5	0.4802	-0.4247	0.0555
0.5	6.2423	-0.4247	5.8176
7	6.2423	-0.4247	16.5466
7	7.8	-0.4247	16.5466
7	2.929	-0.4247	16.5466

4.5 Hitungan Portal "Semi Top Down"

PORTAL SEMI TOP DOWN <<Ton - Meter>>
SYSTEM
L=2
JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0
2	X=0	Y=1.2	Z=0
3	X=0	Y=2.4	Z=0
4	X=0	Y=3.6	Z=0
5	X=0	Y=4.8	Z=0
6	X=0	Y=6	Z=0
7	X=0	Y=7.2	Z=0
8	X=0	Y=8.4	Z=0
9	X=0	Y=9.6	Z=0
10	X=0	Y=10.8	Z=0
11	X=0	Y=12	Z=0
12	X=1.2	Y=12	Z=0
13	X=2.4	Y=12	Z=0
14	X=3.6	Y=12	Z=0
15	X=4.8	Y=12	Z=0
16	X=6	Y=12	Z=0
17	X=7.2	Y=12	Z=0
18	X=8.4	Y=12	Z=0
19	X=9.6	Y=12	Z=0
20	X=10.8	Y=12	Z=0
21	X=12	Y=12	Z=0
22	X=13.2	Y=12	Z=0
23	X=14.4	Y=12	Z=0
24	X=15.6	Y=12	Z=0
25	X=15.6	Y=10.8	Z=0
26	X=15.6	Y=9.6	Z=0
27	X=16.8	Y=9.6	Z=0
28	X=18	Y=9.6	Z=0
29	X=19.2	Y=9.6	Z=0
30	X=20.4	Y=9.6	Z=0
31	X=21.6	Y=9.6	Z=0
32	X=22.8	Y=9.6	Z=0
33	X=24	Y=9.6	Z=0
34	X=25.2	Y=9.6	Z=0
35	X=26.4	Y=9.6	Z=0
36	X=27.6	Y=9.6	Z=0
37	X=28.8	Y=9.6	Z=0
38	X=30	Y=9.6	Z=0
39	X=31.2	Y=9.6	Z=0
40	X=32.4	Y=9.6	Z=0
41	X=33.6	Y=9.6	Z=0
42	X=34.8	Y=9.6	Z=0
43	X=36	Y=9.6	Z=0
44	X=37.2	Y=9.6	Z=0
45	X=37.2	Y=8.4	Z=0
46	X=37.2	Y=7.2	Z=0
47	X=37.2	Y=6	Z=0
48	X=37.2	Y=4.8	Z=0

49	X=37.2	Y=3.6	Z=0
50	X=37.2	Y=2.4	Z=0
51	X=37.2	Y=1.2	Z=0
52	X=37.2	Y=0	Z=0
53	X=31.9	Y=0	Z=0
54	X=29.9	Y=0	Z=0
55	X=26.25	Y=0	Z=0
56	X=24.25	Y=0	Z=0
57	X=16.6	Y=0	Z=0
58	X=14.6	Y=0	Z=0
59	X=8.5	Y=0	Z=0
60	X=6.5	Y=0	Z=0
61	X=6.5	Y=3.2	Z=0
62	X=8.5	Y=3.2	Z=0
63	X=14.6	Y=3.2	Z=0
64	X=16.6	Y=3.2	Z=0
65	X=24.25	Y=3.2	Z=0
66	X=26.25	Y=3.2	Z=0
67	X=29.9	Y=3.2	Z=0
68	X=31.9	Y=3.2	Z=0
69	X=31.9	Y=6.4	Z=0
70	X=29.9	Y=6.4	Z=0
71	X=26.25	Y=6.4	Z=0
72	X=24.25	Y=6.4	Z=0
73	X=16.6	Y=6.4	Z=0
74	X=14.6	Y=6.4	Z=0
75	X=8.5	Y=6.4	Z=0
76	X=6.5	Y=6.4	Z=0
77	X=6.5	Y=9.6	Z=0
78	X=8.5	Y=9.6	Z=0
79	X=0	Y=0	Z=3.6
80	X=0	Y=1.2	Z=3.6
81	X=0	Y=2.4	Z=3.6
82	X=0	Y=3.6	Z=3.6
83	X=0	Y=4.8	Z=3.6
84	X=0	Y=6	Z=3.6
85	X=0	Y=7.2	Z=3.6
86	X=0	Y=8.4	Z=3.6
87	X=0	Y=9.6	Z=3.6
88	X=0	Y=10.8	Z=3.6
89	X=0	Y=12	Z=3.6
90	X=37.2	Y=9.6	Z=3.3
91	X=37.2	Y=8.4	Z=3.3
92	X=37.2	Y=7.2	Z=3.3
93	X=37.2	Y=6	Z=3.3
94	X=37.2	Y=4.8	Z=3.3
95	X=37.2	Y=3.6	Z=3.3
96	X=37.2	Y=2.4	Z=3.3
97	X=37.2	Y=1.2	Z=3.3
98	X=37.2	Y=0	Z=3.3
99	X=0	Y=0	Z=7
100	X=0	Y=1.2	Z=7
101	X=0	Y=2.4	Z=7
102	X=0	Y=3.2	Z=7

103	X=0	Y=3.6	Z=7
104	X=0	Y=4.8	Z=7
105	X=0	Y=6	Z=7
106	X=0	Y=6.4	Z=7
107	X=0	Y=7.2	Z=7
108	X=0	Y=8.4	Z=7
109	X=0	Y=9.6	Z=7
110	X=0	Y=10.8	Z=7
111	X=0	Y=12	Z=7
112	X=1.2	Y=12	Z=7
113	X=2.4	Y=12	Z=7
114	X=3.6	Y=12	Z=7
115	X=4.8	Y=12	Z=7
116	X=6	Y=12	Z=7
117	X=7.2	Y=12	Z=7
118	X=7.5	Y=12	Z=7
119	X=8.4	Y=12	Z=7
120	X=9.6	Y=12	Z=7
121	X=10.8	Y=12	Z=7
122	X=12	Y=12	Z=7
123	X=13.2	Y=12	Z=7
124	X=14.4	Y=12	Z=7
125	X=15.6	Y=12	Z=7
126	X=15.6	Y=10.8	Z=7
127	X=15.6	Y=9.6	Z=7
128	X=16.8	Y=9.6	Z=7
129	X=18	Y=9.6	Z=7
130	X=19.2	Y=9.6	Z=7
131	X=20.4	Y=9.6	Z=7
132	X=21.6	Y=9.6	Z=7
133	X=22.8	Y=9.6	Z=7
134	X=23.25	Y=9.6	Z=7
135	X=24	Y=9.6	Z=7
136	X=25.2	Y=9.6	Z=7
137	X=26.4	Y=9.6	Z=7
138	X=27.6	Y=9.6	Z=7
139	X=28.8	Y=9.6	Z=7
140	X=30	Y=9.6	Z=7
141	X=30.9	Y=9.6	Z=7
142	X=31.2	Y=9.6	Z=7
143	X=32.4	Y=9.6	Z=7
144	X=33.6	Y=9.6	Z=7
145	X=34.8	Y=9.6	Z=7
146	X=36	Y=9.6	Z=7
147	X=37.2	Y=9.6	Z=7
148	X=37.2	Y=8.4	Z=7
149	X=37.2	Y=7.2	Z=7
150	X=37.2	Y=6	Z=7
151	X=37.2	Y=4.8	Z=7
152	X=37.2	Y=3.6	Z=7
153	X=37.2	Y=2.4	Z=7
154	X=37.2	Y=1.2	Z=7
155	X=37.2	Y=0	Z=7
156	X=31.9	Y=0	Z=7

```
157    X=30.9      Y=0       Z=7
158    X=29.9      Y=0       Z=7
159    X=26.25     Y=0       Z=7
160    X=24.25     Y=0       Z=7
161    X=23.25     Y=0       Z=7
162    X=16.6      Y=0       Z=7
163    X=15.6      Y=0       Z=7
164    X=14.6      Y=0       Z=7
165    X=8.5       Y=0       Z=7
166    X=7.5       Y=0       Z=7
167    X=6.5       Y=0       Z=7
168    X=6.5       Y=3.2     Z=7
169    X=7.5       Y=3.2     Z=7
170    X=8.5       Y=3.2     Z=7
171    X=14.6      Y=3.2     Z=7
172    X=15.6      Y=3.2     Z=7
173    X=16.6      Y=3.2     Z=7
174    X=23.25     Y=3.2     Z=7
175    X=24.25     Y=3.2     Z=7
176    X=26.25     Y=3.2     Z=7
177    X=29.9      Y=3.2     Z=7
178    X=30.9      Y=3.2     Z=7
179    X=31.9      Y=3.2     Z=7
180    X=37.2      Y=3.2     Z=7
181    X=37.2      Y=6.4     Z=7
182    X=31.9      Y=6.4     Z=7
183    X=30.9      Y=6.4     Z=7
184    X=29.9      Y=6.4     Z=7
185    X=26.25     Y=6.4     Z=7
186    X=24.25     Y=6.4     Z=7
187    X=23.25     Y=6.4     Z=7
188    X=16.6      Y=6.4     Z=7
189    X=15.6      Y=6.4     Z=7
190    X=14.6      Y=6.4     Z=7
191    X=8.5       Y=6.4     Z=7
192    X=7.5       Y=6.4     Z=7
193    X=6.5       Y=6.4     Z=7
194    X=6.5       Y=9.6     Z=7
195    X=7.5       Y=9.6     Z=7
196    X=8.5       Y=9.6     Z=7
:
RESTRAINTS
1 78 1   R=1,1,1,1,1,1
:
SHELL
C CONTROL INFORMATION
NM=1 Z=-1
C MATERIAL PROPERTIES
1    E=1.79E6   U=0.2  W=2.4
C LOCATION DATA
1 JQ=99,102,166,169     ETYPE=0     TH=0.12
2 JQ=166,169,163,172    ETYPE=0     TH=0.12
3 JQ=163,172,161,174    ETYPE=0     TH=0.12
4 JQ=161,174,157,178    ETYPE=0     TH=0.12
```

```
 5 JQ=157,178,155,180   ETYPE=0      TH=0.12
 6 JQ=102,106,169,192   ETYPE=0      TH=0.12
 7 JQ=169,192,172,189   ETYPE=0      TH=0.12
 8 JQ=172,189,174,187   ETYPE=0      TH=0.12
 9 JQ=174,187,178,183   ETYPE=0      TH=0.12
10 JQ=178,183,180,181   ETYPE=0      TH=0.12
11 JQ=106,109,192,195   ETYPE=0      TH=0.12
12 JQ=192,195,189,127   ETYPE=0      TH=0.12
13 JQ=189,127,187,134   ETYPE=0      TH=0.12
14 JQ=187,134,183,141   ETYPE=0      TH=0.12
15 JQ=183,141,181,147   ETYPE=0      TH=0.12
16 JQ=109,111,195,118   ETYPE=0      TH=0.12
17 JQ=195,118,127,125   ETYPE=0      TH=0.12
:
LOADS
79 89 1   L=1   F=3.25,0,0
90 98 1   L=1   F=-4.37,0,0
:
FRAME
NM=9  NL=46  NSEC=5  Z=-1
C MATERIAL
1 SH=P   T=1,0.5       E=1.6E6   W=3.14*0.5*0.5*2.4     :KOLOM 1/72
2 SH=P   T=0.5,0.25    E=1.44E6  W=3.14*0.25*0.25*2.4   :KOLOM 73/98
3 SH=R   T=0.7,1       E=1.79E6  W=0.7*1*2.4            :CAPING BEAM 99/156
4 SH=R   T=0.65,0.3    E=1.79E6  W=0.65*0.3*2.4         :BALOK 157/158,181/184
5 SH=R   T=0.75,0.3    E=1.79E6  W=0.75*0.3*2.4         :BALOK 159/164,175/180,185/190
6 SH=R   T=0.85,0.3    E=1.79E6  W=0.85*0.3*2.4         :BALOK 165/167,172/174,191/193,198/199
7 SH=R   T=0.7,0.3     E=1.79E6  W=0.7*0.3*2.4          :BALOK 168/169,170/171,194/197
8 SH=R   T=0.6,0.3     E=1.79E6  W=0.6*0.3*2.4          :BALOK 200/206,210/212
9 SH=R   T=0.9,0.4     E=1.79E6  W=0.9*0.4*2.4          :BALOK 207/209
C SPAIN LOADING
1 TRAP=0,-16.5466,0,3.6,-10.6044,0                                                                  :KOLOM 1/19 + 2
2 TRAP=0,-10.6044,0,2.9,-5.8176,0,2.9,-0.0555,0,3.4,0.4247,0                                        :KOLOM 2/20 +2
3 TRAP=0,-16.5466,0,3.3,-11.0996,0                                                                  :KOLOM 57/71 + 2
4 TRAP=0,-11.0996,0,3.2,-5.8176,0,3.2,-0.0555,0,3.7,0.4247,0                                        :KOLOM 58/72 +2
5 TRAP=0,-16.5466,0,6.5,-5.8176,0,6.5,-0.0555,0,7,0.4247,0                                          :KOLOM 23/34,36,38/54
6 TRAP=0,-16.5466,-16.5466,6.5,-5.8176,-5.8176,6.5,-0.0555,-0.0555,7,0.4247,0.4247                  :KOLOM 35
7 TRAP=0,-16.5466,16.5466,3.6,-10.6044,10.6044                                                      :KOLOM 21
8 TRAP=0,-10.6044,10.6044,2.9,-5.8176,5.8176,2.9,-0.0555,0.0555,3.4,0.4247,-0.4247                  :KOLOM 22
9 TRAP=0,-16.5466,-16.5466,3.3,-11.0996,-11.0996                                                    :KOLOM 55
10 TRAP=0,-11.0996,-11.0996,3.2,-5.8176,-5.8176,3.2,-0.0555,-0.0555,3.7,0.4247,0.4247               :KOLOM 56
11 WG=0,0,-0.2669          :ST HIDUP  99/108
12 WG=0,0,-0.2002          :ST HIDUP  109/110,125/126
13 WG=0,0,-0.4270          :ST MATI   99/108
14 WG=0,0,-0.3751          :TR HIDUP  168/169
15 WG=0,0,-0.2893          :TR HIDUP  111/117
16 WG=0,0,-0.3786          :TR HIDUP  165/167
17 WG=0,0,-0.2908          :TR HIDUP  118/124
18 WG=0,0,-0.3761          :TR HIDUP  163/164,127/133
19 WG=0,0,-0.3761          :TR HIDUP  159/162,134/140
20 WG=0,0,-0.3650          :TR HIDUP  157/158,141/146
21 WG=0,0,-0.6002          :TR MATI   168/169
22 WG=0,0,-0.4629          :TR MATI   111/117
23 WG=0,0,-0.6057          :TR MATI   165/167
```

```
24 WG=0,0,-0.4652          :TR MATI   118/124
25 WG=0,0,-0.6017          :TR MATI   163/164,127/133
26 WG=0,0,-0.6017          :TR MATI   159/162,134/140
27 WG=0,0,-0.5840          :TR MATI   157/158,141,146
28 WG=0,0,-0.7512          :TR HIDUP  170/171,194/195
29 WG=0,0,-1.2004          :TR MATI   ----
30 WG=0,0,-0.7572          :TR HIDUP  172/174,191/193
31 WG=0,0,-1.2114          :TR MATI   ----
32 WG=0,0,-0.7522          :TR HIDUP  175/176,189/190
33 WG=0,0,-1.2034          :TR MATI   ----
34 WG=0,0,-0.7622          :TR HIDUP  177/180,185/188
35 WG=0,0,-1.2196          :TR MATI   ----
36 WG=0,0,-0.7300          :TR HIDUP  181/184
37 WG=0,0,-1.1680          :TR MATI   ----
38 WG=0,0,-0.6644          :TR HIDUP  196/197
39 WG=0,0,-1.0631          :TR MATI   ----
40 WG=0,0,-0.6694          :TR HIDUP  198/199
41 WG=0,0,-1.0709          :TR MATI   ----
42 WG=0,0,-0.3203          :ST MATI   109/110,125/126
43 WG=0,0,-0.5338          :ST HIDUP  200/202,204/212
44 WG=0,0,-0.8540          :ST MATI   ----
45 WG=0,0,-0.4004          :ST HIDUP  203
46 WG=0,0,-0.6406          :ST MATI   ----
C ELEMEN KOLOM
1     1     79    M=1  NSL=1          G=9,2,1,1    LP=-2,0
2     79    99    M=1  NSL=2          G=2,2,1,1
8     82    103   M=1  NSL=2          G=2,2,1,1
14    85    107   M=1  NSL=2          G=3,2,1,1
21    11    89    M=1  NSL=7
22    89    111   M=1  NSL=8                       LP=-2,0
23    12    112   M=1  NSL=5          G=5,1,1,1    LP=-3,0
29    18    119   M=1  NSL=5          G=5,1,1,1
35    24    125   M=1  NSL=6                       LP=2,0
36    25    126   M=1  NSL=5
37    26    127   M=1  NSL=0
38    27    128   M=1  NSL=5          G=5,1,1,1    LP=-3,0
44    33    135   M=1  NSL=5          G=5,1,1,1
50    39    142   M=1  NSL=5          G=4,1,1,1
55    44    90    M=1  NSL=9                       LP=2,0
56    90    147   M=1  NSL=10
57    45    91    M=1  NSL=3          G=7,2,1,1
58    91    148   M=1  NSL=4          G=1,2,1,1
62    93    150   M=1  NSL=4          G=2,2,1,1
68    96    153   M=1  NSL=4          G=2,2,1,1
73    53    156   M=2  NSL=0
74    54    158   M=2  NSL=0
75    55    159   M=2  NSL=0          G=1,1,1,1
77    57    162   M=2  NSL=0
78    58    164   M=2  NSL=0
79    59    165   M=2  NSL=0
80    60    167   M=2  NSL=0
81    61    168   M=2  NSL=0
82    62    170   M=2  NSL=0
83    63    171   M=2  NSL=0
```

84	64	173	M=2	NSL=0		
85	65	175	M=2	NSL=0		
86	66	176	M=2	NSL=0		
87	67	177	M=2	NSL=0		
88	68	179	M=2	NSL=0		
89	69	182	M=2	NSL=0		
90	70	184	M=2	NSL=0		
91	71	185	M=2	NSL=0		
92	72	186	M=2	NSL=0		
93	73	188	M=2	NSL=0		
94	74	190	M=2	NSL=0		
95	75	191	M=2	NSL=0		
96	76	193	M=2	NSL=0		
97	77	194	M=2	NSL=0		
98	78	196	M=2	NSL=0		
C ELEMEN BALOK						
99	99	100	M=3	NSL=13,11	G=9,1,1,1	LP=3,0
109	109	110	M=3	NSL=42,12	G=1,1,1,1	
111	111	112	M=3	NSL=22,15	G=6,1,1,1	LP=-2,0
118	118	119	M=3	NSL=24,17	G=6,1,1,1	
125	125	126	M=3	NSL=42,12	G=1,1,1,1	LP=-3,0
127	127	128	M=3	NSL=25,18	G=6,1,1,1	LP=-2,0
134	134	135	M=3	NSL=26,19	G=6,1,1,1	
141	141	142	M=3	NSL=27,20	G=5,1,1,1	
147	147	148	M=3	NSL=13,11	G=1,1,1,1	LP=-3,0
149	149	181	M=3	NSL=13,11		
150	181	150	M=3	NSL=13,11		
151	150	151	M=3	NSL=13,11	G=1,1,1,1	
153	152	180	M=3	NSL=13,11		
154	180	153	M=3	NSL=13,11		
155	153	154	M=3	NSL=13,11	G=1,1,1,1	
157	155	156	M=4	NSL=27,20	G=1,1,1,1	LP=2,0
159	157	158	M=5	NSL=26,19	G=3,1,1,1	
163	161	162	M=5	NSL=25,18	G=1,1,1,1	
165	163	164	M=6	NSL=23,16	G=2,1,1,1	
168	166	167	M=7	NSL=21,14		
169	99	167	M=7	NSL=21,14		LP=-2,0
170	102	168	M=7	NSL=29,28		
171	168	169	M=7	NSL=29,28		
172	169	170	M=6	NSL=31,30		
173	170	171	M=6	NSL=31,30		
174	171	172	M=6	NSL=31,30		
175	172	173	M=5	NSL=33,32		
176	173	174	M=5	NSL=33,32		
177	174	175	M=5	NSL=35,34		
178	175	176	M=5	NSL=35,34		
179	176	177	M=5	NSL=35,34		
180	177	178	M=5	NSL=35,34		
181	178	179	M=4	NSL=37,36		
182	179	180	M=4	NSL=37,36		
183	181	182	M=4	NSL=37,36		LP=2,0
184	182	183	M=4	NSL=37,36		LP=2,0
185	183	184	M=5	NSL=35,34		
186	184	185	M=5	NSL=35,34		

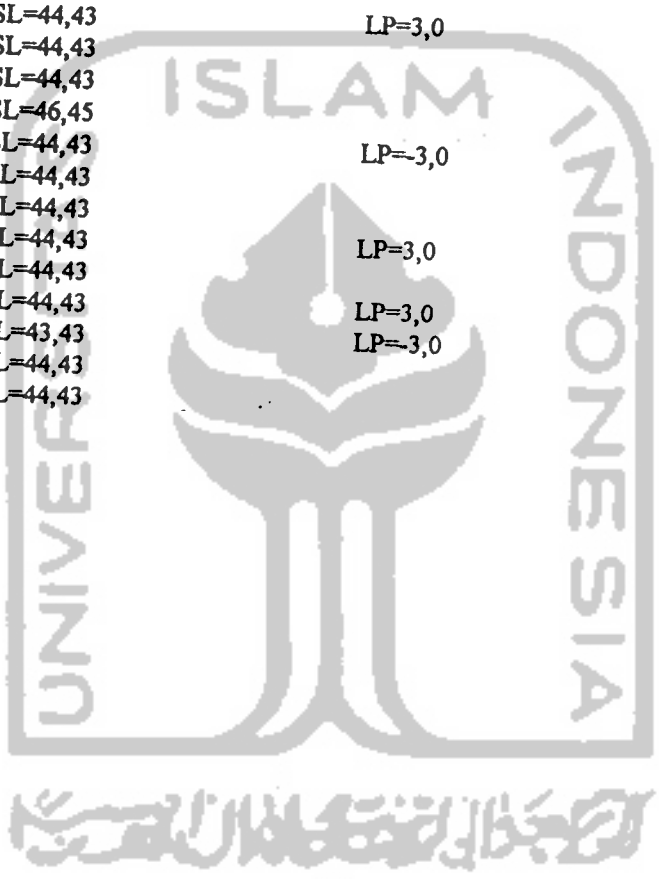
187	185	186	M=5	NSL=35,34	
188	186	187	M=5	NSL=35,34	
189	187	188	M=5	NSL=33,32	
190	188	189	M=5	NSL=33,32	
191	189	190	M=6	NSL=31,30	
192	190	191	M=6	NSL=31,30	
193	191	192	M=6	NSL=31,30	
194	192	193	M=7	NSL=29,28	
195	193	106	M=7	NSL=29,28	
196	109	194	M=7	NSL=39,38	
197	194	195	M=7	NSL=39,38	LP=-2,0
198	195	196	M=6	NSL=41,40	
199	196	127	M=6	NSL=41,40	
200	166	169	M=8	NSL=44,43	
201	169	192	M=8	NSL=44,43	LP=3,0
202	192	195	M=8	NSL=44,43	
203	195	118	M=8	NSL=46,45	
204	127	189	M=8	NSL=44,43	
205	189	172	M=8	NSL=44,43	LP=-3,0
206	172	163	M=8	NSL=44,43	
207	161	174	M=9	NSL=44,43	
208	174	187	M=9	NSL=44,43	LP=3,0
209	187	134	M=9	NSL=44,43	
210	141	183	M=8	NSL=43,43	LP=3,0
211	183	178	M=8	NSL=44,43	LP=-3,0
212	178	157	M=8	NSL=44,43	

:

COMBO

1 C=1.2

2 C=1.2,1.6



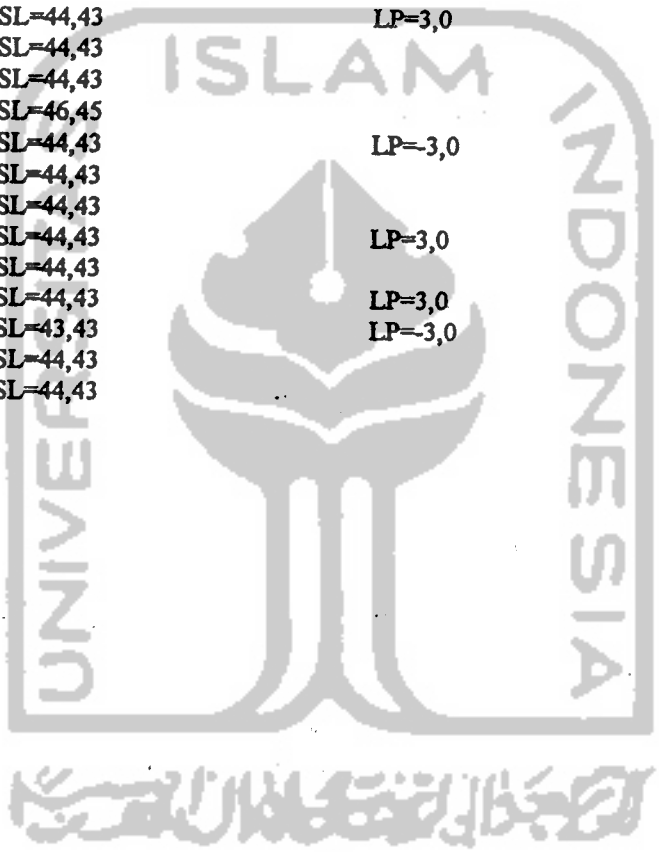
187	185	186	M=5	NSL=35,34	
188	186	187	M=5	NSL=35,34	
189	187	188	M=5	NSL=33,32	
190	188	189	M=5	NSL=33,32	
191	189	190	M=6	NSL=31,30	
192	190	191	M=6	NSL=31,30	
193	191	192	M=6	NSL=31,30	
194	192	193	M=7	NSL=29,28	
195	193	106	M=7	NSL=29,28	
196	109	194	M=7	NSL=39,38	LP=-2,0
197	194	195	M=7	NSL=39,38	
198	195	196	M=6	NSL=41,40	
199	196	127	M=6	NSL=41,40	
200	166	169	M=8	NSL=44,43	LP=3,0
201	169	192	M=8	NSL=44,43	
202	192	195	M=8	NSL=44,43	
203	195	118	M=8	NSL=46,45	
204	127	189	M=8	NSL=44,43	LP=-3,0
205	189	172	M=8	NSL=44,43	
206	172	163	M=8	NSL=44,43	
207	161	174	M=9	NSL=44,43	LP=3,0
208	174	187	M=9	NSL=44,43	
209	187	134	M=9	NSL=44,43	LP=3,0
210	141	183	M=8	NSL=43,43	LP=-3,0
211	183	178	M=8	NSL=44,43	
212	178	157	M=8	NSL=44,43	

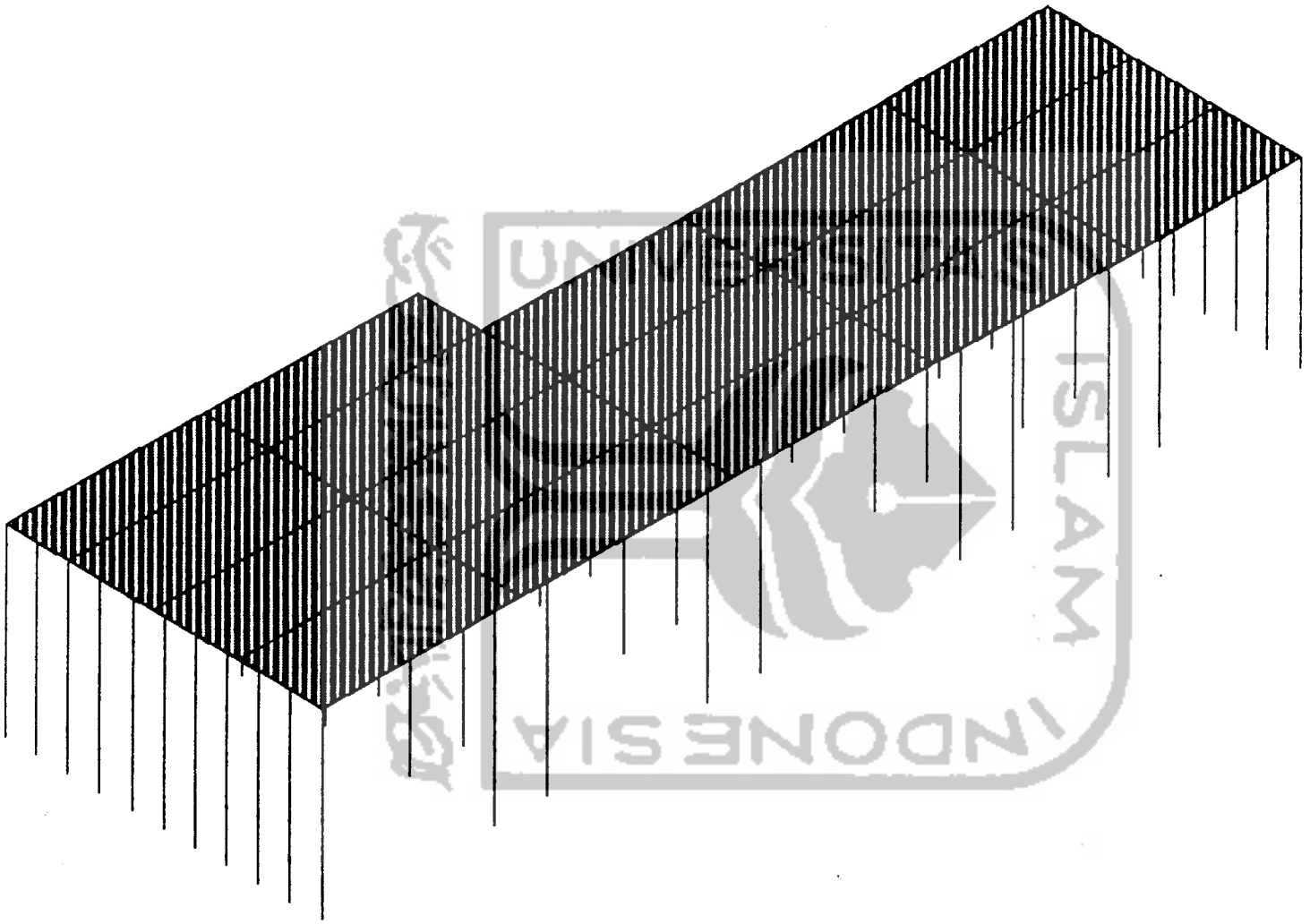
:

COMBO

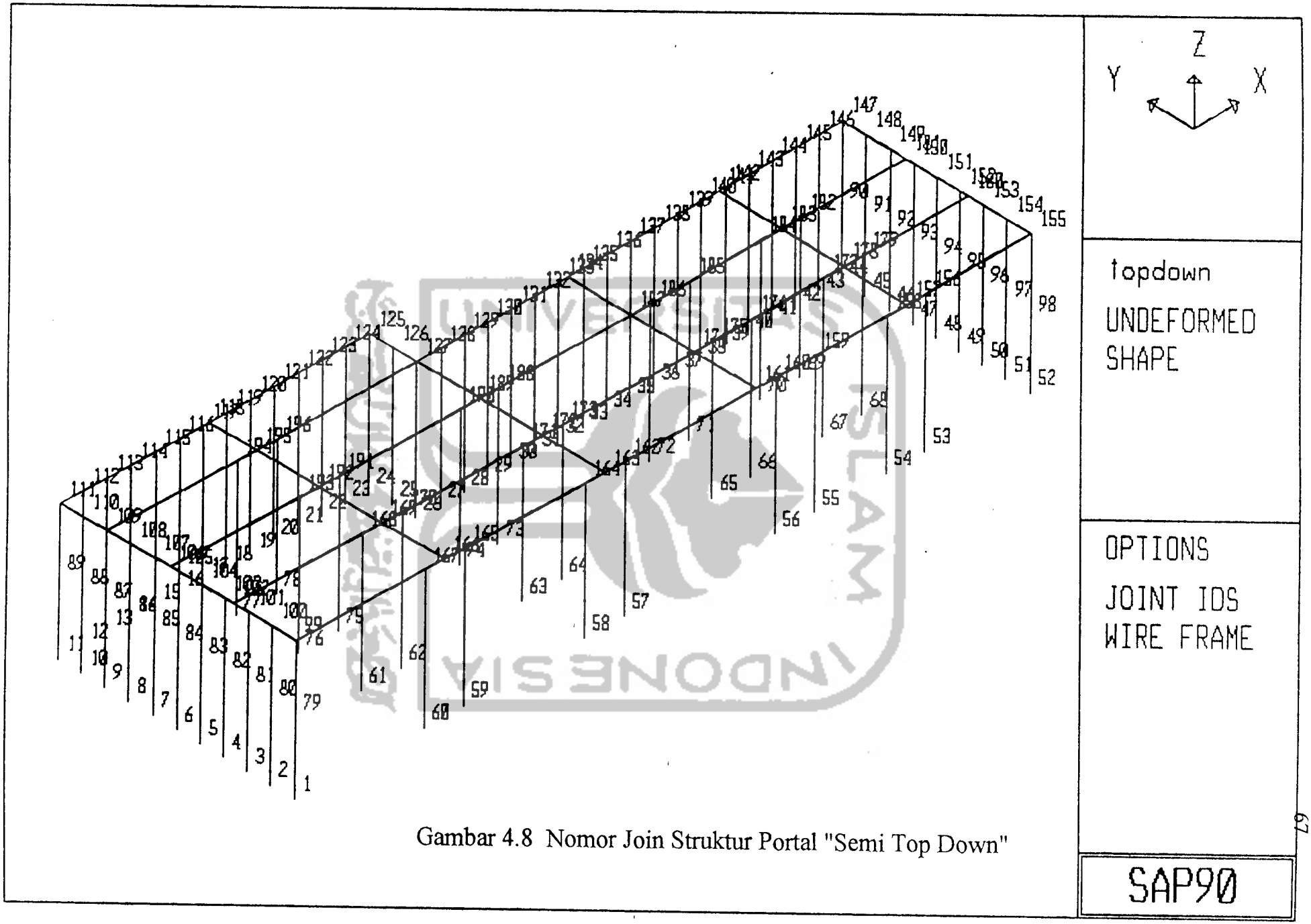
1 C=1.2

2 C=1.2,1.6

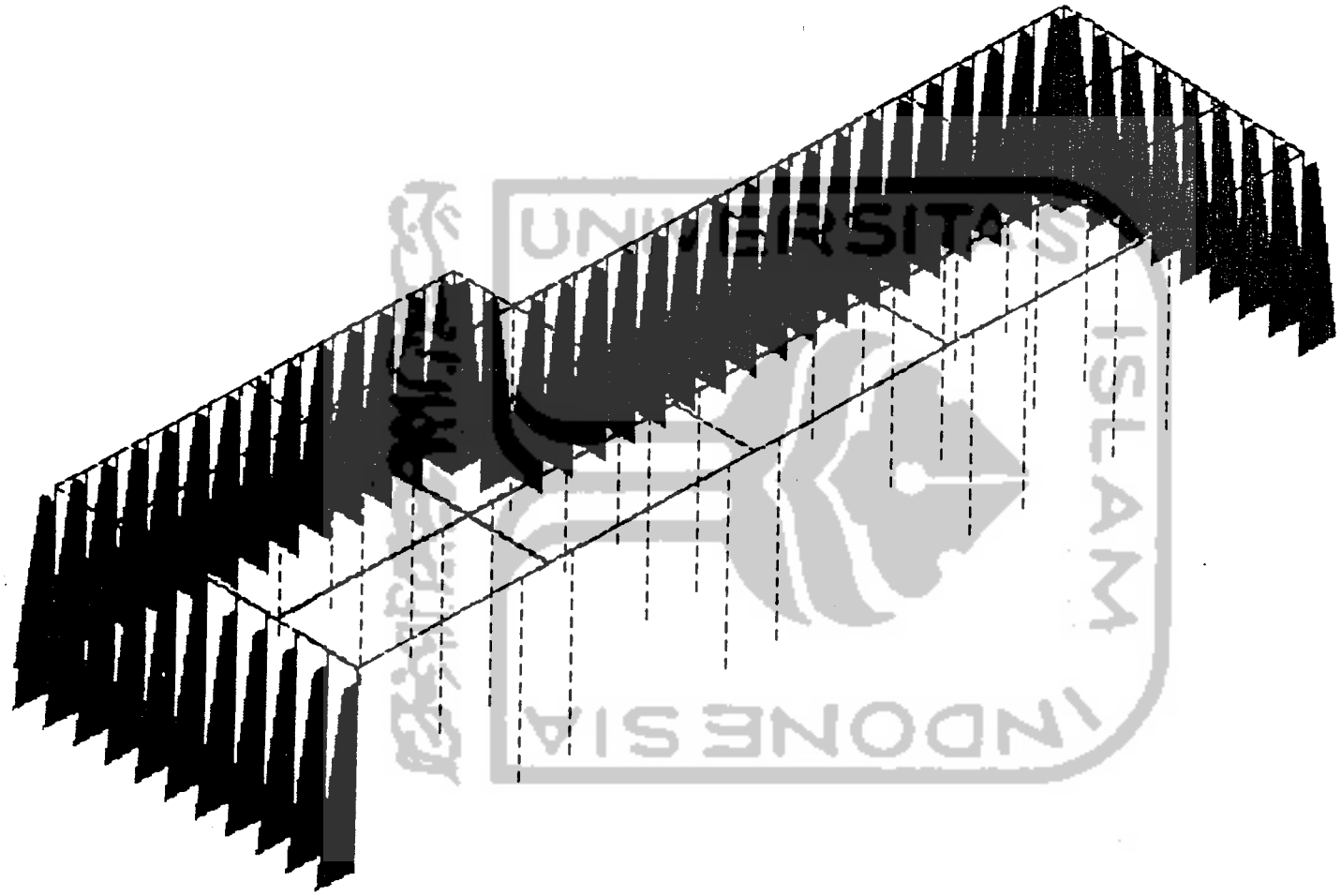




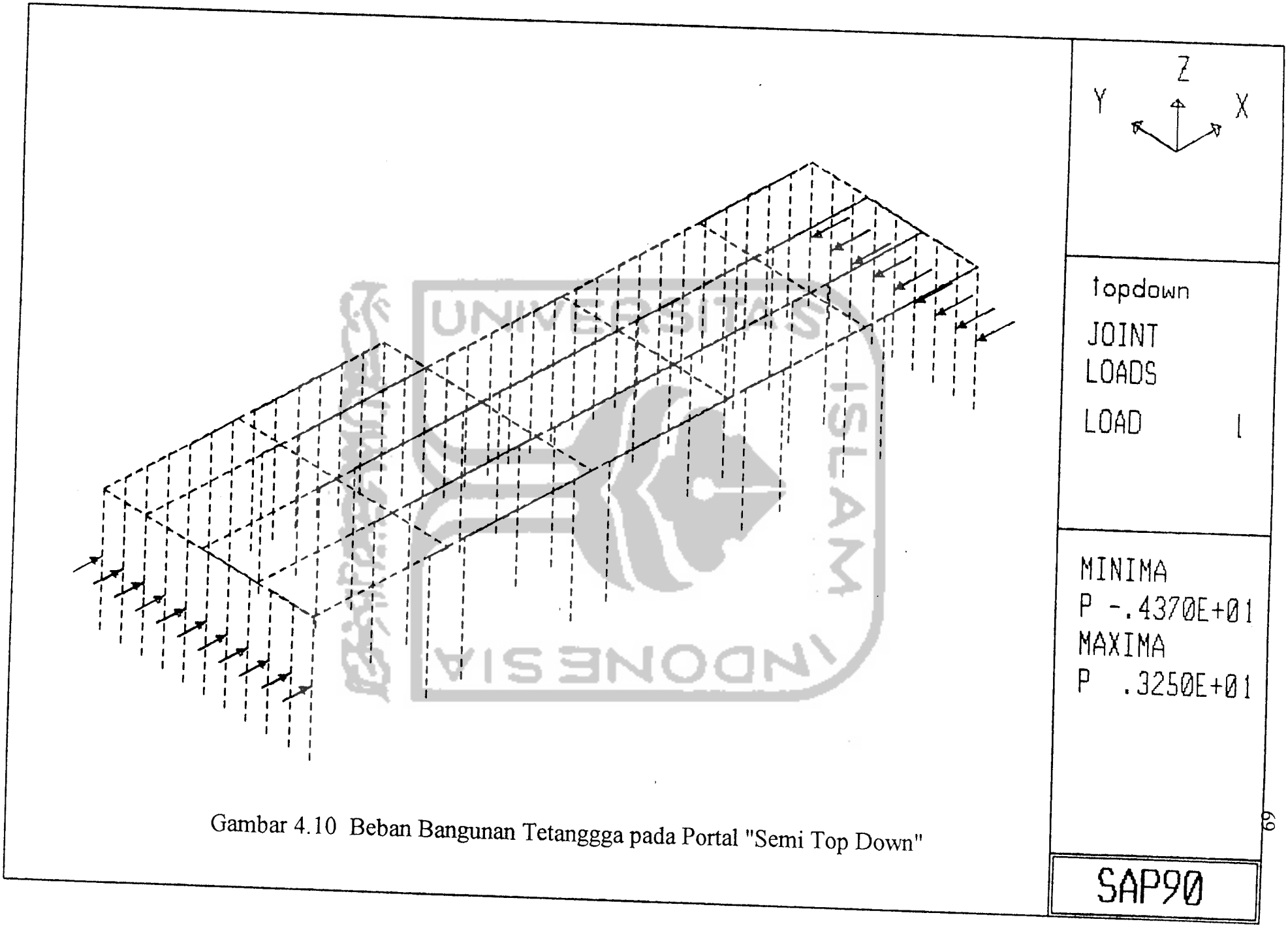
Gambar 4.7 Struktur Portal "Semi Top Down"



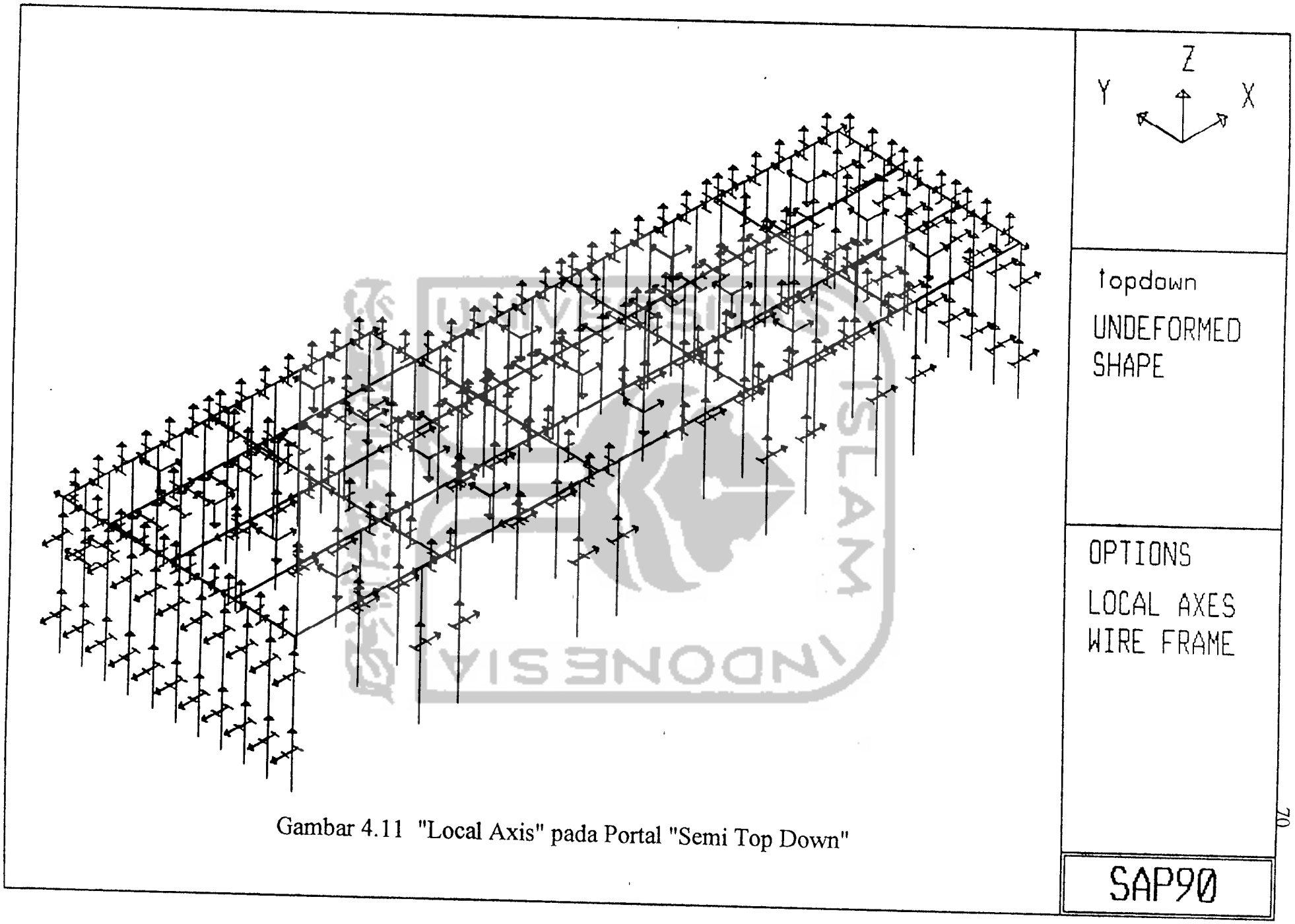
Gambar 4.8 Nomor Join Struktur Portal "Semi Top Down"



Gambar 4.9 Beban Tanah dan Beban Merata Portal "Semi Top Down"



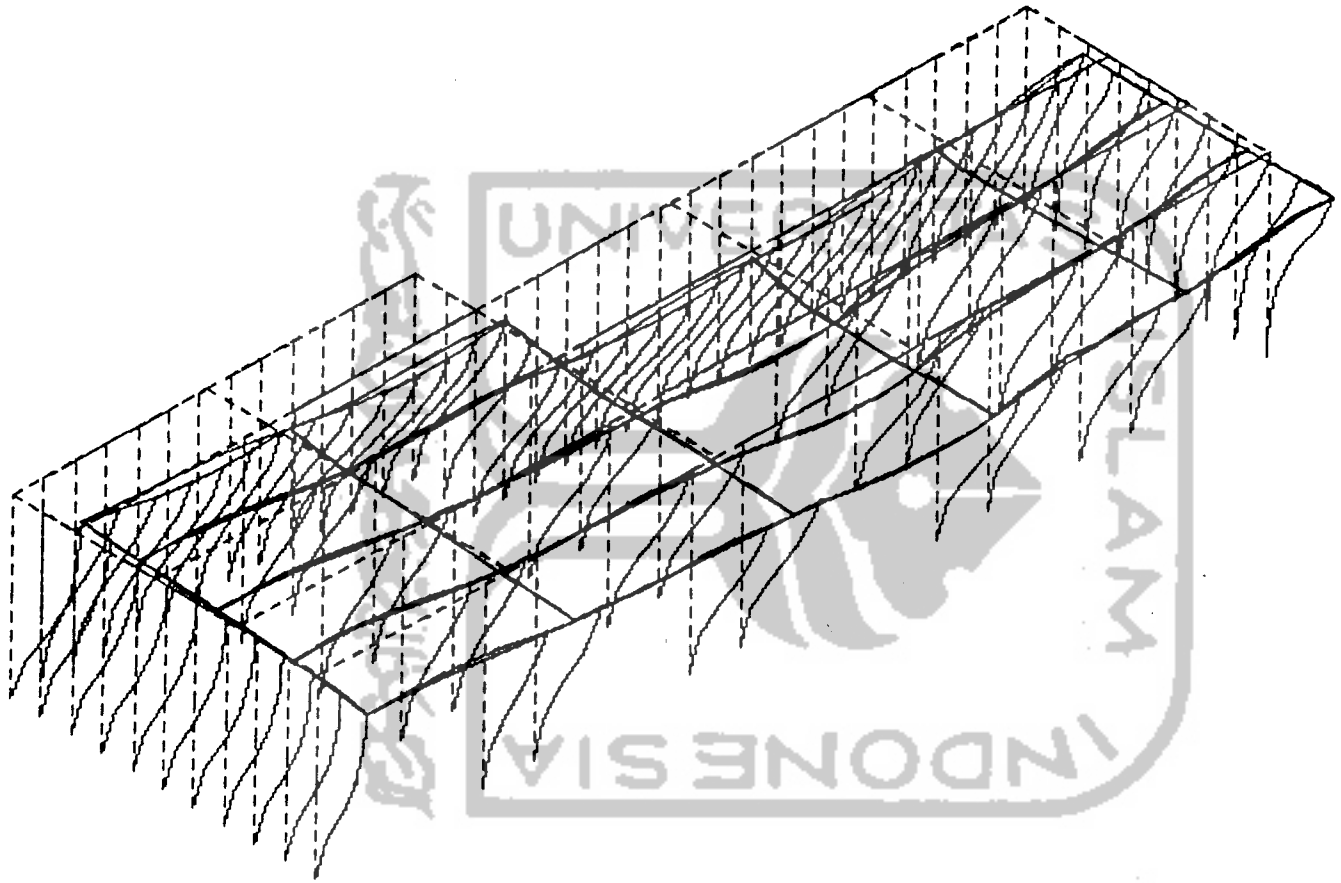
Gambar 4.10 Beban Bangunan Tetanggga pada Portal "Semi Top Down"



Gambar 4.11 "Local Axis" pada Portal "Semi Top Down"



Gambar 4.12 Diagram Momen pada Portal "Semi Top Down"



Gambar 4.13 "Diplacement" pada Portal "Semi Top Down"

4.5.1 "Frame Element Force" Material 1 ("Bore Pile")

ELT ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1 -2 PLANE		1 -3 PLANE		AXIAL TORQ	AXIAL FORCE COMBO 1
				SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT		
1									
	1	-84.91						-3.32	-84.91
			0	63.99	-74.48	-14.65	58.5		
			0.9	46.92	-24.69	-14.65	45.31		
			1.8	31.46	10.46	-14.65	32.12		
			2.7	17.6	32.41	-14.65	18.94		
			3.6	5.34	42.62	-14.65	5.75		
	2	-86.9						-3.33	
			0	63.67	-73.8	-14.67	58.6		
			0.9	46.6	-24.3	-14.67	45.4		
			1.8	31.13	10.56	-14.67	32.2		
			2.7	17.27	32.22	-14.67	18.99		
			3.6	5.02	42.13	-14.67	5.79		
2									
	1	-69.08						-3.32	-69.08
			0	1.44	42.62	-14.65	5.75		
			0.9	-8.66	39.45	-14.65	-6.71		
			1.7	-17.33	28.31	-14.65	-19.16		
			2.6	-24.57	10.4	-14.65	-31.62		
			3.4	-27.02	-12.2	-14.65	-44.07		
	2	-71.08						-3.33	
			0	1.12	42.13	-14.67	5.79		
			0.9	-8.98	38.69	-14.67	-6.68		
			1.7	-17.65	27.27	-14.67	-19.15		
			2.6	-24.89	9.08	-14.67	-31.61		
			3.4	-27.34	-13.79	-14.67	-44.08		
3									
	1	-31.56						-2.77	-31.56
			0	65.81	-80.18	-17.28	64.36		
			0.9	48.74	-28.75	-17.28	48.81		
			1.8	33.28	8.04	-17.28	33.26		
			2.7	19.42	31.63	-17.28	17.71		
			3.6	7.17	43.48	-17.28	2.16		
	2	-32.71						-2.78	
			0	65.62	-79.81	-17.32	64.52		
			0.9	48.55	-28.55	-17.32	48.93		
			1.8	33.09	8.07	-17.32	33.35		
			2.7	19.23	31.49	-17.32	17.76		
			3.6	6.98	43.16	-17.32	2.17		
4									
	1	-15.73						-2.77	-15.73
			0	3.27	43.48	-17.28	2.16		
			0.9	-6.83	41.86	-17.28	-12.52		
			1.7	-15.5	32.26	-17.28	-27.21		
			2.6	-22.74	15.91	-17.28	-41.9		
			3.4	-25.2	-5.15	-17.28	-56.58		
	2	-16.89						-2.78	
			0	3.08	43.16	-17.32	2.17		
			0.9	-7.03	41.38	-17.32	-12.56		

			5.3	-2.45	22.1	2.57	4.89		
			7	-12.61	5.95	2.57	9.39		
34									
	1	11.59						2.03	11.59
			0	75.63	-144.47	2.8	-8.87		
			1.8	43.92	-40.75	2.8	-3.97		
			3.5	18.27	12.78	2.8	0.92		
			5.3	-1.32	26.73	2.8	5.82		
			7	-11.48	12.56	2.8	10.72		
	2	11.03						2.01	
			0	75.65	-144.6	2.84	-9		
			1.8	43.94	-40.85	2.84	-4.03		
			3.5	18.29	12.71	2.84	0.93		
			5.3	-1.3	26.69	2.84	5.89		
			7	-11.46	12.56	2.84	10.85		
35									
	1	24.93						-0.69	24.93
			0	56.1	-58.46	80.06	-153.61		
			1.8	24.38	11.07	48.34	-42.15		
			3.5	-1.27	30.41	22.7	19.13		
			5.3	-20.85	10.17	3.11	40.83		
			7	-31.01	-38.18	-7.05	34.41		
	2	*24.92*						*-0.71*	
			0	*56.03*	*-58.26*	*80.08*	*-153.77*		
			1.8	*24.31*	*11.15*	*48.37*	*-42.26*		
			3.5	*-1.34*	*30.36*	*22.72*	*19.05*		
			5.3	*-20.92*	*10*	*3.13*	*40.79*		
			7	*-31.08*	*-38.48*	*-7.03*	*34.41*		
36									
	1	-17.12						-2.58	-17.12
			0	58.41	-64.77	25.82	-96.86		
			1.8	26.7	8.82	25.82	-51.66		
			3.5	1.05	32.22	25.82	-6.47		
			5.3	-18.53	16.03	25.82	38.72		
			7	-28.7	-28.26	25.82	83.91		
	2	-18.67						-2.59	
			0	58.26	-64.4	25.8	-96.89		
			1.8	26.55	8.92	25.8	-51.75		
			3.5	0.9	32.05	25.8	-6.61		
			5.3	-18.68	15.61	25.8	38.53		
			7	-28.85	-28.96	25.8	83.67		
37									
	1	-93.86						-3.13	-93.86
			0	-0.71	1.62	22.23	-88.82		
			1.8	-0.71	0.38	22.23	-49.92		
			3.5	-0.71	-0.86	22.23	-11.02		
			5.3	-0.71	-2.1	22.23	27.87		
			7	-0.71	-3.33	22.23	66.77		
	2	-99.72						-3.14	
			0	-1.11	2.55	22.12	-88.68		
			1.8	-1.11	0.6	22.12	-49.97		
			3.5	-1.11	-1.34	22.12	-11.26		
			5.3	-1.11	-3.28	22.12	27.45		
			7	-1.11	-5.23	22.12	66.16		

			0.8	50.96	-35.52	17.67	-55.92		
			1.7	36.6	0.51	17.67	-41.34		
			2.5	23.59	25.24	17.67	-26.76		
			3.3	11.92	39.79	17.67	-12.18		
	2	-96.91						2.97	
			0	66.43	-83.42	17.7	-70.64		
			0.8	50.73	-35.18	17.7	-56.04		
			1.7	36.37	0.65	17.7	-41.43		
			2.5	23.36	25.19	17.7	-26.83		
			3.3	11.69	39.56	17.7	-12.23		
72									
	1	-79.38						2.96	-79.38
			0	6.68	39.79	17.67	-12.18		
			0.9	-4.79	40.54	17.67	4.17		
			1.9	-14.57	31.45	17.67	20.51		
			2.8	-22.66	14.1	17.67	36.86		
			3.7	-25.69	-9.09	17.67	53.2		
	2	-81.09						2.97	
			0	6.45	39.56	17.7	-12.23		
			0.9	-5.02	40.09	17.7	4.15		
			1.9	-14.8	30.79	17.7	20.52		
			2.8	-22.88	13.23	17.7	36.9		
			3.7	-25.92	-10.18	17.7	53.27		
		24.93		*75.65*	*43.48*	*80.08*	*125.02*	*4.38*	*24.93*
		-99.72		*-31.08*	*-147.02*	*-72.97*	*-153.77*	*-6.34*	*-95.2*

4.5.2 "Frame Element Force" Material 2 (Tiang Franki)

ELT ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1 -2 PLANE SHEAR	1 -2 PLANE MOMENT	1 -3 PLANE SHEAR	1 -3 PLANE MOMENT	AXIAL TORQ	AXIAL FORCE COMBO 1
73									
	1	-10.87						0.15	-10.87
			0	-0.04	0.05	1.06	-4.47		
			1.8	-0.04	-0.02	1.06	-2.61		
			3.5	-0.04	-0.08	1.06	-0.76		
			5.3	-0.04	-0.15	1.06	1.09		
			7	-0.04	-0.21	1.06	2.94		
	2	-13.73						0.15	
			0	-0.02	0.01	1.08	-4.52		
			1.8	-0.02	-0.03	1.08	-2.63		
			3.5	-0.02	-0.06	1.08	-0.74		
			5.3	-0.02	-0.09	1.08	1.15		
			7	-0.02	-0.13	1.08	3.04		
74									
	1	-12.32						-0.03	-12.32
			0	0.07	-0.21	1.08	-4.57		
			1.8	0.07	-0.08	1.08	-2.68		
			3.5	0.07	0.04	1.08	-0.8		
			5.3	0.07	0.17	1.08	1.09		
			7	0.07	0.3	1.08	2.97		
	2	-14.33						-0.03	
			0	0.07	-0.21	1.1	-4.63		
			1.8	0.07	-0.08	1.1	-2.7		
			3.5	0.07	0.05	1.1	-0.77		
			5.3	0.07	0.18	1.1	1.15		
			7	0.07	0.3	1.1	3.08		
75									
	1	-5.07						0.12	-5.07
			0	0.05	-0.18	0.79	-3.91		
			1.8	0.05	-0.1	0.79	-2.53		
			3.5	0.05	-0.01	0.79	-1.15		
			5.3	0.05	0.07	0.79	0.24		
			7	0.05	0.16	0.79	1.62		
	2	-5.83						0.12	
			0	0.05	-0.19	0.81	-3.95		
			1.8	0.05	-0.1	0.81	-2.54		
			3.5	0.05	-0.01	0.81	-1.13		
			5.3	0.05	0.07	0.81	0.28		
			7	0.05	0.16	0.81	1.69		
76									
	1	-22.59						0.18	-22.59
			0	-0.23	0.44	1.24	-5.09		
			1.8	-0.23	0.04	1.24	-2.92		
			3.5	-0.23	-0.36	1.24	-0.75		
			5.3	-0.23	-0.76	1.24	1.42		
			7	-0.23	-1.16	1.24	3.59		
	2	-28.1						0.19	
			0	-0.32	0.66	1.27	-5.17		

			5.3	0.19	0.34	1	1.13		
			7	0.19	0.67	1	2.88		
81									
	1	-15.85						-0.17	-15.85
			0	0.09	-0.28	1.04	-4.24		
			1.8	0.09	-0.12	1.04	-2.41		
			3.5	0.09	0.03	1.04	-0.59		
			5.3	0.09	0.18	1.04	1.24		
			7	0.09	0.33	1.04	3.06		
	2	-22.28						-0.17	
			0	0.03	-0.13	1.04	-4.25		
			1.8	0.03	-0.09	1.04	-2.42		
			3.5	0.03	-0.04	1.04	-0.59		
			5.3	0.03	0	1.04	1.24		
			7	0.03	0.05	1.04	3.07		
82									
	1	-20.05						-0.04	-20.05
			0	0.11	-0.35	1.11	-4.47		
			1.8	0.11	-0.15	1.11	-2.53		
			3.5	0.11	0.05	1.11	-0.58		
			5.3	0.11	0.24	1.11	1.36		
			7	0.11	0.44	1.11	3.31		
	2	-26.27						-0.04	
			0	0.15	-0.43	1.11	-4.48		
			1.8	0.15	-0.17	1.11	-2.53		
			3.5	0.15	0.09	1.11	-0.58		
			5.3	0.15	0.35	1.11	1.37		
			7	0.15	0.61	1.11	3.31		
83									
	1	-16.82						-0.16	-16.82
			0	0.05	-0.22	1.25	-5.03		
			1.8	0.05	-0.13	1.25	-2.84		
			3.5	0.05	-0.04	1.25	-0.65		
			5.3	0.05	0.05	1.25	1.54		
			7	0.05	0.14	1.25	3.73		
	2	-22.37						-0.16	
			0	0.02	-0.14	1.25	-5.04		
			1.8	0.02	-0.11	1.25	-2.85		
			3.5	0.02	-0.08	1.25	-0.65		
			5.3	0.02	-0.05	1.25	1.54		
			7	0.02	-0.02	1.25	3.74		
84									
	1	-24.02						-0.02	-24.02
			0	0.3	-0.81	1.29	-5.2		
			1.8	0.3	-0.28	1.29	-2.94		
			3.5	0.3	0.25	1.29	-0.67		
			5.3	0.3	0.78	1.29	1.59		
			7	0.3	1.31	1.29	3.85		
	2	*-32.45*						*-0.02*	
			0	*0.41*	*-1.05*	*1.3*	*-5.22*		
			1.8	*0.41*	*-0.33*	*1.3*	*-2.95*		
			3.5	*0.41*	*0.38*	*1.3*	*-0.67*		
			5.3	*0.41*	*1.09*	*1.3*	*1.6*		
			7	*0.41*	*1.81*	*1.3*	*3.87*		

			7	-0.07	-0.2	1.05	3.09		
	2	-22.13						-0.17	
			0	-0.13	0.44	1.04	-4.25		
			1.8	-0.13	0.22	1.04	-2.43		
			3.5	-0.13	-0.01	1.04	-0.61		
			5.3	-0.13	-0.23	1.04	1.21		
			7	-0.13	-0.46	1.04	3.04		
98									
	1	-23.31						-0.03	-23.31
			0	-0.04	0.22	1.13	-4.51		
			1.8	-0.04	0.14	1.13	-2.54		
			3.5	-0.04	0.07	1.13	-0.57		
			5.3	-0.04	0	1.13	1.41		
			7	-0.04	-0.07	1.13	3.38		
	2	-29						-0.03	
			0	0	0.11	1.12	-4.49		
			1.8	0	0.12	1.12	-2.54		
			3.5	0	0.13	1.12	-0.59		
			5.3	0	0.14	1.12	1.37		
			7	0	0.15	1.12	3.32		
		-5.07		*0.41*	*1.81*	*1.31*	*3.98*	*0.2*	*-5.07*
		-42.27		*-0.49*	*-2.43*	*0.77*	*-5.22*	*-0.19*	*-34.76*

4.5.3 "Frame Element Force" Material 3 ("Caping Beam")

ELT ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1 -2 PLANE SHEAR	1 -2 PLANE MOMENT	1 -3 PLANE SHEAR	1 -3 PLANE MOMENT	AXIAL TORQ	
99									
	1	6.04						-2.24	6.04
			0	52.62	-43.6	-18.87	5.78		
			0.3	51.86	-27.93	-18.87	0.12		
			0.6	51.11	-12.48	-18.87	-5.54		
			0.9	50.35	2.73	-18.87	-11.2		
			1.2	49.59	17.73	-18.87	-16.86		
	2	6.1						-2.78	
			0	52.59	-43.61	-19.04	5.86		
			0.3	51.7	-27.96	-19.04	0.15		
			0.6	50.82	-12.59	-19.04	-5.56		
			0.9	49.93	2.52	-19.04	-11.27		
			1.2	49.04	17.37	-19.04	-16.98		
100									
	1	-11.24						2.91	-11.24
			0	57.64	-38.86	6.33	-14.1		
			0.3	56.88	-21.68	6.33	-12.2		
			0.6	56.12	-4.73	6.33	-10.3		
			0.9	55.36	11.99	6.33	-8.4		
			1.2	54.6	28.48	6.33	-6.51		
	2	-11.22						3.33	
			0	58.24	-39.35	6.35	-14.2		
			0.3	57.36	-22.01	6.35	-12.3		
			0.6	56.47	-4.94	6.35	-10.39		
			0.9	55.58	11.87	6.35	-8.49		
			1.2	54.7	28.41	6.35	-6.58		
101									
	1	-29.56						8.82	-29.56
			0	58.77	-33.05	31.49	-4.76		
			0.2	58.27	-21.35	31.49	1.54		
			0.4	57.76	-9.74	31.49	7.84		
			0.6	57.26	1.76	31.49	14.13		
			0.8	56.75	13.16	31.49	20.43		
	2	-29.64						10.68	
			0	60.77	-33.5	31.81	-4.83		
			0.2	60.18	-21.4	31.81	1.53		
			0.4	59.59	-9.42	31.81	7.89		
			0.6	59	2.44	31.81	14.25		
			0.8	58.41	14.18	31.81	20.61		
102									
	1	7.08						-7.73	7.08
			0	44.01	13.26	-34.74	10.38		
			0.1	43.76	17.64	-34.74	6.9		
			0.2	43.51	22.01	-34.74	3.43		
			0.3	43.25	26.34	-34.74	-0.04		
			0.4	43	30.66	-34.74	-3.52		
	2	7.06				-		10.22	
			0	41.59	14.27	-35.24	10.59		

	2	-66.52	1.2	-12.62	-4.95	22.59	8.96	-8.51	
			0	-9.28	8.34	22.57	-18.08		
			0.3	-10.19	5.42	22.57	-11.31		
			0.6	-11.1	2.23	22.57	-4.54		
			0.9	-12.01	-1.24	22.57	2.23		
			1.2	-12.92	-4.98	22.57	9		
124									
	1	-63.54					-	21.09	-63.54
			0	-40.04	5.76	34.07	6.94		
			0.3	-40.81	-6.37	34.07	17.16		
			0.6	-41.58	-18.72	34.07	27.38		
			0.9	-42.36	-31.32	34.07	37.6		
			1.2	-43.13	-44.14	34.07	47.82		
	2	-63.68					-	21.07	
			0	-39.78	5.88	34.03	6.99		
			0.3	-40.7	-6.2	34.03	17.2		
			0.6	-41.61	-18.54	34.03	27.41		
			0.9	-42.52	-31.16	34.03	37.61		
			1.2	-43.43	-44.05	34.03	47.82		
125									
	1	-19.61						-5.99	-19.61
			0	-84.53	54.2	-27.7	35.66		
			0.3	-85.25	28.73	-27.7	27.35		
			0.6	-85.97	3.05	-27.7	19.04		
			0.9	-86.69	-22.85	-27.7	10.73		
			1.2	-87.41	-48.96	-27.7	2.42		
	2	-19.55						-5.62	
			0	-84.82	54.2	-27.82	35.69		
			0.3	-85.63	28.63	-27.82	27.34		
			0.6	-86.45	2.82	-27.82	19		
			0.9	-87.27	-23.24	-27.82	10.65		
			1.2	-88.08	-49.54	-27.82	2.3		
126									
	1	*6.21*						*22.27*	*6.21*
			0	*-86.12*	*34.95*	*0.99*	*4.99*		
			0.3	*-86.84*	*9.01*	*0.99*	*5.29*		
			0.6	*-87.56*	*-17.15*	*0.99*	*5.59*		
			0.9	*-88.28*	*-43.53*	*0.99*	*5.88*		
			1.2	*-89*	*-70.12*	*0.99*	*6.18*		
	2	6.24						23.34	
			0	-85.24	34.13	1.03	4.9		
			0.3	-86.05	8.44	1.03	5.21		
			0.6	-86.87	-17.5	1.03	5.51		
			0.9	-87.69	-43.68	1.03	5.82		
			1.2	-88.5	-70.11	1.03	6.13		
127									
	1	-126.4						15.92	-126.4
			0	-22.15	17.45	-32.29	34.25		
			0.3	-22.97	10.68	-32.29	24.56		
			0.6	-23.79	3.66	-32.29	14.87		
			0.9	-24.61	-3.6	-32.29	5.19		
			1.2	-25.43	-11.1	-32.29	-4.5		
	2	-127.08						15.6	

0.3	-61.2	3.43	17.06	-11.86		
0.6	-62.09	-15.06	17.06	-6.74		
0.9	-62.98	-33.82	17.06	-1.62		
1.2	-63.86	-52.85	17.06	3.5		
11.3	*63.17*	*54.2*	*48.81*	*57.72*	*23.34*	*11.27*
-130.84	*-89*	*-70.12*	*-45.15*	*-31.72*	*-8.81*	*-130.25*



4.5.4 "Frame Element Force" Material 4

ELT ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1 -2 PLANE SHEAR	1 -2 PLANE MOMENT	1 -3 PLANE SHEAR	1 -3 PLANE MOMENT	AXIAL TORQ	AXIAL FORCE COMBO 1
157									
	1	-5.67						-0.23	-5.67
			0	5.14	-10.18	-0.03	0.11		
			1.3	3.47	-4.47	-0.03	0.06		
			2.7	1.8	-0.98	-0.03	0.02		
			4	0.13	0.3	-0.03	-0.03		
			5.3	-1.55	-0.64	-0.03	-0.07		
	2	-5.79						-0.22	
			0	6.78	-11.63	-0.04	0.11		
			1.3	4.33	-4.27	-0.04	0.06		
			2.7	1.88	-0.15	-0.04	0.02		
			4	-0.56	0.72	-0.04	-0.03		
			5.3	-3.01	-1.64	-0.04	-0.08		
158									
	1	-5.7						2.71	-5.7
			0	5.37	-0.86	1.02	-0.22		
			0.3	5.05	0.45	1.02	0.03		
			0.5	4.74	1.67	1.02	0.29		
			0.8	4.42	2.81	1.02	0.55		
			1	4.1	3.88	1.02	0.8		
	2	-5.81						2.83	
			0	6.76	-1.77	1.05	-0.23		
			0.3	6.3	-0.14	1.05	0.03		
			0.5	5.84	1.38	1.05	0.29		
			0.8	5.38	2.78	1.05	0.56		
			1	4.91	4.07	1.05	0.82		
181									
	1	-15.83						2.73	-15.83
			0	-5.19	4.54	1.14	-0.93		
			0.3	-5.69	3.18	1.14	-0.65		
			0.5	-6.18	1.7	1.14	-0.36		
			0.8	-6.67	0.09	1.14	-0.08		
			1	-7.16	-1.63	1.14	0.21		
	2	-15.97						2.74	
			0	-7.04	5.11	1.14	-0.93		
			0.3	-7.83	3.25	1.14	-0.65		
			0.5	-8.61	1.19	1.14	-0.36		
			0.8	-9.39	-1.06	1.14	-0.08		
			1	-10.17	-3.5	1.14	0.21		
182									
	1	-15.88						-0.53	-15.88
			0	3.33	-1.74	0.01	0.04		
			1.3	0.73	0.95	0.01	0.05		
			2.7	-1.87	0.19	0.01	0.07		
			4	-4.47	-4.02	0.01	0.08		
			5.3	-7.08	-11.67	0.01	0.09		
	2	*-16.06*						*-0.53*	
			0	*6.25*	*-3.77*	*0.01*	*0.04*		

			1.3	*2.1*	*1.77*	*0.01*	*0.05*		
			2.7	*-2.05*	*1.81*	*0.01*	*0.07*		
			4	*-6.19*	*-3.65*	*0.01*	*0.08*		
			5.3	*-10.34*	*-14.61*	*0.01*	*0.09*		
183									
	1	-18.49						-0.51	-18.49
			0	6.79	-10.77	0.04	-0.21		
			1.3	4.19	-3.5	0.04	-0.15		
			2.7	1.58	0.32	0.04	-0.1		
			4	-1.02	0.7	0.04	-0.04		
			5.3	-3.62	-2.37	0.04	0.02		
	2	-18.66						-0.52	
			0	10.06	-13.72	0.04	-0.21		
			1.3	5.91	-3.14	0.04	-0.15		
			2.7	1.76	1.95	0.04	-0.1		
			4	-2.38	1.54	0.04	-0.04		
			5.3	-6.53	-4.37	0.04	0.02		
184									
	1	-18.4						2.85	-18.4
			0	9.53	-2.17	1.19	-0.15		
			0.3	9.03	0.15	1.19	0.15		
			0.5	8.54	2.35	1.19	0.44		
			0.8	8.05	4.42	1.19	0.74		
			1	7.56	6.37	1.19	1.04		
	2	-18.54						2.82	
			0	12.26	-3.99	1.19	-0.15		
			0.3	11.48	-1.03	1.19	0.15		
			0.5	10.7	1.75	1.19	0.44		
			0.8	9.92	4.32	1.19	0.74		
			1	9.13	6.71	1.19	1.04		
		-5.67		*12.26*	*6.71*	*1.19*	*1.04*	*2.85*	*-5.67*
		-18.66		*-10.34*	*-14.61*	*-0.04*	*-0.93*	*-0.53*	*-18.49*

4.5.5 "Frame Element Force" Material 5

ELT ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1 -2 PLANE SHEAR	1 -2 PLANE MOMENT	1 -3 PLANE SHEAR	1 -3 PLANE MOMENT	AXIAL TORQ	AXIAL FORCE COMBO 1
159									
	1	17.62						-3.5	17.62
			0	-4.87	3.95	-1.3	1.42		
			0.3	-5.21	2.69	-1.3	1.09		
			0.5	-5.55	1.34	-1.3	0.77		
			0.8	-5.89	-0.09	-1.3	0.45		
			1	-6.24	-1.6	-1.3	0.12		
	2	17.58						-3.62	
			0	-5.26	4.12	-1.32	1.45		
			0.3	-5.75	2.74	-1.32	1.12		
			0.5	-6.25	1.24	-1.32	0.78		
			0.8	-6.74	-0.38	-1.32	0.45		
			1	-7.23	-2.13	-1.32	0.12		
160									
	1	17.69						-0.53	17.69
			0	2.12	-1.3	-0.22	0.15		
			0.9	0.87	0.06	-0.22	-0.05		
			1.8	-0.38	0.29	-0.22	-0.25		
			2.7	-1.63	-0.62	-0.22	-0.45		
			3.6	-2.88	-2.68	-0.22	-0.65		
	2	17.66						-0.54	
			0	3.14	-1.83	-0.22	0.15		
			0.9	1.34	0.22	-0.22	-0.05		
			1.8	-0.46	0.62	-0.22	-0.26		
			2.7	-2.26	-0.62	-0.22	-0.46		
			3.6	-4.06	-3.5	-0.22	-0.67		
161									
	1	17.74						1.09	17.74
			0	-1.76	-2.52	0.57	-0.77		
			0.5	-2.45	-3.57	0.57	-0.49		
			1	-3.13	-4.97	0.57	-0.2		
			1.5	-3.82	-6.7	0.57	0.09		
			2	-4.5	-8.78	0.57	0.37		
	2	17.71						1.15	
			0	-2.18	-3.34	0.58	-0.79		
			0.5	-3.17	-4.68	0.58	-0.5		
			1	-4.15	-6.51	0.58	-0.21		
			1.5	-5.14	-8.83	0.58	0.08		
			2	-6.13	-11.65	0.58	0.37		
162									
	1	17.51						4.68	17.51
			0	14.13	-9.95	1.81	0.19		
			0.3	13.79	-6.46	1.81	0.64		
			0.5	13.45	-3.05	1.81	1.09		
			0.8	13.1	0.26	1.81	1.54		
			1	12.76	3.5	1.81	2		
	2	17.38						4.88	
			0	18.02	-13.24	1.85	0.19		

			5	-2.09	12.9	-0.05	-0.14		
			6.6	-7.57	4.87	-0.05	-0.23		
177									
	1	-4.83						4.6	-4.83
			0	-20.05	6.75	1.79	-1.91		
			0.3	-20.57	1.67	1.79	-1.46		
			0.5	-21.1	-3.54	1.79	-1.01		
			0.8	-21.63	-8.88	1.79	-0.56		
			1	-22.16	-14.35	1.79	-0.12		
	2	*-5.06*						*4.66*	
			0	*-25.69*	*7.62*	*1.8*	*-1.92*		
			0.3	*-26.53*	*1.09*	*1.8*	*-1.47*		
			0.5	*-27.36*	*-5.64*	*1.8*	*-1.02*		
			0.8	*-28.19*	*-12.59*	*1.8*	*-0.57*		
			1	*-29.02*	*-19.74*	*1.8*	*-0.12*		
178									
	1	-4.49						1.05	-4.49
			0	6.49	-12.62	0.56	-0.31		
			0.5	5.44	-9.63	0.56	-0.04		
			1	4.38	-7.18	0.56	0.24		
			1.5	3.33	-5.25	0.56	0.52		
			2	2.27	-3.85	0.56	0.8		
	2	-4.57						1.07	
			0	9.29	-17.31	0.56	-0.32		
			0.5	7.62	-13.08	0.56	-0.04		
			1	5.95	-9.69	0.56	0.25		
			1.5	4.29	-7.13	0.56	0.53		
			2	2.62	-5.4	0.56	0.81		
179									
	1	-4.57						-0.58	-4.57
			0	4.48	-4.12	-0.23	0.68		
			0.9	2.56	-0.9	-0.23	0.47		
			1.8	0.63	0.55	-0.23	0.26		
			2.7	-1.3	0.25	-0.23	0.04		
			3.6	-3.22	-1.81	-0.23	-0.17		
	2	-4.66						-0.58	
			0	6.83	-5.68	-0.24	0.69		
			0.9	3.79	-0.84	-0.24	0.47		
			1.8	0.75	1.23	-0.24	0.26		
			2.7	-2.29	0.53	-0.24	0.04		
			3.6	-5.33	-2.95	-0.24	-0.17		
180									
	1	-4.72						-3.73	-4.72
			0	8.17	-2.39	-1.35	-0.14		
			0.3	7.64	-0.42	-1.35	-0.48		
			0.5	7.11	1.43	-1.35	-0.81		
			0.8	6.58	3.14	-1.35	-1.15		
			1	6.06	4.72	-1.35	-1.49		
	2	-4.81						-3.74	
			0	10.49	-3.55	-1.35	-0.14		
			0.3	9.66	-1.03	-1.35	-0.48		
			0.5	8.82	1.28	-1.35	-0.82		
			0.8	7.99	3.38	-1.35	-1.16		
			1	7.16	5.28	-1.35	-1.5		

			0	4.29	5.06	-0.1	0.28		
			1.7	0.81	9.3	-0.1	0.11		
			3.3	-2.67	7.76	-0.1	-0.05		
			5	-6.14	0.44	-0.1	-0.22		
			6.6	-9.62	-12.67	-0.1	-0.39		
	2	-20.72						-0.36	
			0	7.71	4.01	-0.1	0.28		
			1.7	2.23	12.27	-0.1	0.11		
			3.3	-3.25	11.42	-0.1	-0.05		
			5	-8.73	1.46	-0.1	-0.22		
			6.6	-14.21	-17.6	-0.1	-0.39		
190									
	1	-20.27						3.48	-20.27
			0	13.42	-11.57	1.2	-0.43		
			0.3	12.9	-8.28	1.2	-0.14		
			0.5	12.38	-5.12	1.2	0.16		
			0.8	11.85	-2.09	1.2	0.46		
			1	11.33	0.8	1.2	0.76		
	2	-20.37						3.5	
			0	16.64	-16.06	1.19	-0.43		
			0.3	15.81	-12	1.19	-0.14		
			0.5	14.99	-8.15	1.19	0.16		
			0.8	14.17	-4.51	1.19	0.46		
			1	13.34	-1.07	1.19	0.76		
		23.88		*29.33*	*12.9*	*1.85*	*2.04*	*4.88*	*23.88*
		-20.82		*-29.02*	*-19.74*	*-1.35*	*-1.92*	*-3.89*	*-20.59*

4.5.6 "Frame Element Force" Material 6

ELT ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1 -2 PLANE		1 -3 PLANE		AXIAL TORQ	AXIAL FORCE COMBO 1
				SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT		
165									
	1	11.47						-3.48	11.47
			0	-3.49	-0.56	-1.25	1.19		
			0.3	-3.85	-1.47	-1.25	0.88		
			0.5	-4.22	-2.48	-1.25	0.57		
			0.8	-4.59	-3.58	-1.25	0.26		
			1	-4.95	-4.78	-1.25	-0.06		
	2	11.3						-3.6	
			0	-3.52	-1.8	-1.28	1.22		
			0.3	-4.04	-2.75	-1.28	0.9		
			0.5	-4.56	-3.82	-1.28	0.58		
			0.8	-5.07	-5.02	-1.28	0.26		
			1	-5.59	-6.36	-1.28	-0.06		
166									
	1	11.6						0.08	11.6
			0	4.51	-4.35	-0.03	0.05		
			1.5	2.29	0.84	-0.03	0.01		
			3.1	0.06	2.63	-0.03	-0.04		
			4.6	-2.17	1.02	-0.03	-0.09		
			6.1	-4.4	-3.99	-0.03	-0.14		
	2	11.42						0.08	
			0	6.39	-6.01	-0.03	0.05		
			1.5	3.24	1.34	-0.03	0		
			3.1	0.09	3.87	-0.03	-0.04		
			4.6	-3.06	1.61	-0.03	-0.09		
			6.1	-6.22	-5.47	-0.03	-0.14		
167									
	1	11.79						3.23	11.79
			0	6.94	-3.28	1.05	-0.06		
			0.3	6.57	-1.59	1.05	0.2		
			0.5	6.21	0	1.05	0.46		
			0.8	5.84	1.51	1.05	0.72		
			1	5.48	2.93	1.05	0.99		
	2	11.63						3.35	
			0	8.11	-4.67	1.08	-0.07		
			0.3	7.59	-2.71	1.08	0.2		
			0.5	7.08	-0.88	1.08	0.47		
			0.8	6.56	0.83	1.08	0.74		
			1	6.04	2.4	1.08	1.01		
172									
	1	-6.85						3.38	-6.85
			0	-7.36	3.17	1.1	-0.98		
			0.3	-7.91	1.26	1.1	-0.7		
			0.5	-8.46	-0.79	1.1	-0.43		
			0.8	-9.01	-2.97	1.1	-0.15		
			1	-9.55	-5.29	1.1	0.12		
	2	-7.02						3.39	
			0	-8.74	2.31	1.11	-0.98		

			4.6	-4.93	2.76	-0.06	-0.09		
			6.1	-10.11	-8.71	-0.06	-0.18		
193									
	1	-25.85						3.29	-25.85
			0	10.12	-5.56	1.05	-0.09		
			0.3	9.57	-3.1	1.05	0.17		
			0.5	9.02	-0.78	1.05	0.43		
			0.8	8.48	1.41	1.05	0.7		
			1	7.93	3.46	1.05	0.96		
	2	-26.08						3.31	
			0	12.71	-8.41	1.05	-0.09		
			0.3	11.86	-5.34	1.05	0.17		
			0.5	11.01	-2.48	1.05	0.43		
			0.8	10.16	0.16	1.05	0.7		
			1	9.31	2.6	1.05	0.96		
198									
	1	-42.29						3.43	-42.29
			0	-10.33	4.09	1.12	-0.97		
			0.3	-10.84	1.45	1.12	-0.69		
			0.5	-11.34	-1.32	1.12	-0.41		
			0.8	-11.85	-4.22	1.12	-0.13		
			1	-12.35	-7.25	1.12	0.15		
	2	-42.58						3.36	
			0	-11.39	2.79	1.11	-0.96		
			0.3	-12.16	-0.15	1.11	-0.68		
			0.5	-12.93	-3.29	1.11	-0.41		
			0.8	-13.7	-6.62	1.11	-0.13		
			1	-14.48	-10.14	1.11	0.15		
199									
	1	-42.25						0.05	-42.25
			0	7.01	-7.17	-0.01	0.18		
			1.8	3.42	2.08	-0.01	0.16		
			3.6	-0.16	4.98	-0.01	0.15		
			5.3	-3.75	1.51	-0.01	0.13		
			7.1	-7.33	-8.33	-0.01	0.11		
	2	*-42.58*						*0.04*	
			0	*10.56*	*-10.29*	*-0.01*	*0.18*		
			1.8	*5.08*	*3.6*	*-0.01*	*0.16*		
			3.6	*-0.41*	*7.74*	*-0.01*	*0.15*		
			5.3	*-5.89*	*2.15*	*-0.01*	*0.13*		
			7.1	*-11.38*	*-13.18*	*-0.01*	*0.11*		
		11.79		*12.71*	*7.74*	*1.12*	*1.45*	*3.43*	*11.79*
		-42.58		*-14.48*	*-13.18*	*-1.37*	*-0.99*	*-3.97*	*-42.29*

4.5.7 "Frame Element Force" Material 7

ELT ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1 -2 PLANE		1 -3 PLANE		AXIAL TORQ	AXIAL FORCE COMBO 1
				SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT		
168									
	1	-9.44						-2.59	-9.44
			0	-3.78	2.83	-0.95	0.66		
			0.3	-4.11	1.84	-0.95	0.43		
			0.5	-4.44	0.77	-0.95	0.19		
			0.8	-4.77	-0.38	-0.95	-0.04		
			1	-5.1	-1.62	-0.95	-0.28		
	2	-9.63						-2.71	
			0	-4.43	2.31	-0.97	0.68		
			0.3	-4.91	1.14	-0.97	0.44		
			0.5	-5.39	-0.15	-0.97	0.2		
			0.8	-5.88	-1.56	-0.97	-0.04		
			1	-6.36	-3.09	-0.97	-0.29		
169									
	1	-9.22						0.19	-9.22
			0	6.36	-14.17	0.04	-0.13		
			1.6	4.21	-5.58	0.04	-0.07		
			3.3	2.06	-0.48	0.04	-0.01		
			4.9	-0.1	1.11	0.04	0.05		
			6.5	-2.25	-0.79	0.04	0.11		
	2	-9.45						0.17	
			0	8.39	-16.31	0.04	-0.14		
			1.6	5.27	-5.21	0.04	-0.07		
			3.3	2.14	0.81	0.04	-0.01		
			4.9	-0.99	1.74	0.04	0.05		
			6.5	-4.12	-2.41	0.04	0.11		
170									
	1	-18.41						0.42	-18.41
			0	8.67	-16.09	-0.02	0.09		
			1.6	5.35	-4.7	-0.02	0.06		
			3.3	2.02	1.29	-0.02	0.04		
			4.9	-1.3	1.88	-0.02	0.01		
			6.5	-4.62	-2.93	-0.02	-0.02		
	2	*-18.69*						*0.42*	
			0	*12.75*	*-20.46*	*-0.02*	*0.09*		
			1.6	*7.48*	*-4.03*	*-0.02*	*0.06*		
			3.3	*2.2*	*3.84*	*-0.02*	*0.04*		
			4.9	*-3.08*	*3.13*	*-0.02*	*0.01*		
			6.5	*-8.35*	*-6.16*	*-0.02*	*-0.02*		
171									
	1	-18.5						-2.64	-18.5
			0	7.27	-3.26	-1.06	0.14		
			0.3	6.76	-1.51	-1.06	-0.12		
			0.5	6.24	0.12	-1.06	-0.39		
			0.8	5.73	1.62	-1.06	-0.65		
			1	5.22	2.99	-1.06	-0.92		
	2	-18.72						-2.65	
			0	9.97	-6.21	-1.06	0.15		

0.8	8.08	0.88	-1.09	-0.73		
1	7.34	2.8	-1.09	-1.01		
-9.22	*12.75*	*4.13*	*0.04*	*0.75*	*0.43*	*-9.22*
-21.99	*-12.51*	*-20.46*	*-1.1*	*-1.01*	*-2.76*	*-21.7*

4.5.8 "Frame Element Force" Material 8

ELT ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1 -2 PLANE SHEAR	1 -2 PLANE MOMENT	1 -3 PLANE SHEAR	1 -3 PLANE MOMENT	AXIAL TORQ	AXIAL FORCE COMBO 1
200									
	1	0.37						0	0.37
			0	4.46	-4.86	0.06	-0.16		
			0.8	3.23	-1.78	0.06	-0.11		
			1.6	1.99	0.3	0.06	-0.06		
			2.4	0.76	1.4	0.06	-0.01		
			3.2	-0.48	1.52	0.06	0.04		
	2	0.41						0.01	
			0	5.7	-5.17	0.06	-0.16		
			0.8	3.78	-1.38	0.06	-0.11		
			1.6	1.87	0.89	0.06	-0.06		
			2.4	-0.05	1.61	0.06	-0.01		
			3.2	-1.97	0.8	0.06	0.04		
201									
	1	-0.22						0	-0.22
			0	3.83	-3.32	0.18	-0.22		
			0.8	2.59	-0.76	0.18	-0.07		
			1.6	1.36	0.82	0.18	0.07		
			2.4	0.12	1.41	0.18	0.21		
			3.2	-1.11	1.02	0.18	0.36		
	2	-0.16						0	
			0	5.18	-4.05	0.18	-0.22		
			0.8	3.27	-0.67	0.18	-0.07		
			1.6	1.35	1.18	0.18	0.07		
			2.4	-0.57	1.49	0.18	0.21		
			3.2	-2.49	0.27	0.18	0.36		
202									
	1	-4.16						0.02	-4.16
			0	3.76	-3.66	0.13	-0.29		
			0.8	2.53	-1.14	0.13	-0.19		
			1.6	1.29	0.39	0.13	-0.09		
			2.4	0.06	0.93	0.13	0.01		
			3.2	-1.18	0.48	0.13	0.11		
	2	-4.08						0.03	
			0	5.25	-4.43	0.13	-0.29		
			0.8	3.33	-1	0.13	-0.19		
			1.6	1.41	0.9	0.13	-0.09		
			2.4	-0.51	1.26	0.13	0.01		
			3.2	-2.43	0.08	0.13	0.11		
203									
	1	-10.21						-0.05	-10.21
			0	7.21	-3.54	0.13	-0.09		
			0.6	6.44	0.55	0.13	-0.01		
			1.2	5.66	4.18	0.13	0.07		
			1.8	4.89	7.35	0.13	0.14		
			2.4	4.12	10.05	0.13	0.22		
	2	-10.15						-0.06	
			0	7.81	-3.78	0.13	-0.09		

			0.6	6.66	0.56	0.13	-0.01		
			1.2	5.5	4.21	0.13	0.07		
			1.8	4.34	7.16	0.13	0.14		
			2.4	3.19	9.42	0.13	0.22		
204									
	1	1.42						-0.13	1.42
			0	-2.34	9.32	0.16	-0.56		
			0.8	-3.57	6.96	0.16	-0.43		
			1.6	-4.81	3.61	0.16	-0.3		
			2.4	-6.04	-0.73	0.16	-0.18		
			3.2	-7.27	-6.05	0.16	-0.05		
	2	1.43						-0.18	
			0	-0.88	8.46	0.16	-0.56		
			0.8	-2.8	6.99	0.16	-0.43		
			1.6	-4.71	3.98	0.16	-0.3		
			2.4	-6.63	-0.55	0.16	-0.18		
			3.2	-8.55	-6.63	0.16	-0.05		
205									
	1	-0.37						0	-0.37
			0	1.32	0.11	0.02	0.16		
			0.8	0.09	0.67	0.02	0.18		
			1.6	-1.15	0.25	0.02	0.2		
			2.4	-2.38	-1.16	0.02	0.22		
			3.2	-3.62	-3.56	0.02	0.24		
	2	-0.36						0	
			0	2.63	-0.47	0.02	0.16		
			0.8	0.71	0.87	0.02	0.18		
			1.6	-1.21	0.67	0.02	0.2		
			2.4	-3.12	-1.06	0.02	0.22		
			3.2	-5.04	-4.32	0.02	0.24		
206									
	1	-1.89						0.02	-1.89
			0	0.06	2.14	0.06	-0.22		
			0.8	-1.18	1.69	0.06	-0.17		
			1.6	-2.41	0.26	0.06	-0.12		
			2.4	-3.65	-2.17	0.06	-0.08		
			3.2	-4.88	-5.58	0.06	-0.03		
	2	-1.88						0.03	
			0	1.57	1.39	0.06	-0.22		
			0.8	-0.35	1.88	0.06	-0.17		
			1.6	-2.27	0.83	0.06	-0.12		
			2.4	-4.19	-1.75	0.06	-0.08		
			3.2	-6.11	-5.87	0.06	-0.03		
210									
	1	*-8.16*						*-0.03*	*-8.16*
			0	*-2.98*	*10.29*	*-0.21*	*0.37*		
			0.8	*-3.91*	*7.53*	*-0.21*	*0.2*		
			1.6	*-4.84*	*4.03*	*-0.21*	*0.04*		
			2.4	*-5.76*	*-0.21*	*-0.21*	*-0.13*		
			3.2	*-6.69*	*-5.19*	*-0.21*	*-0.29*		
	2	-8.14						-0.05	
			0	-1.46	9.3	-0.21	0.37		
			0.8	-3.07	7.49	-0.21	0.21		
			1.6	-4.68	4.39	-0.21	0.04		

			2.4	-6.29	0	-0.21	-0.13		
			3.2	-7.9	-5.68	-0.21	-0.3		
211									
	1	-3.59						0.01	-3.59
			0	1.22	0.47	-0.21	0.31		
			0.8	-0.02	0.94	-0.21	0.14		
			1.6	-1.25	0.44	-0.21	-0.02		
			2.4	-2.49	-1.06	-0.21	-0.19		
			3.2	-3.72	-3.54	-0.21	-0.36		
	2	-3.57						0.01	
			0	2.51	-0.06	-0.21	0.31		
			0.8	0.59	1.18	-0.21	0.14		
			1.6	-1.32	0.89	-0.21	-0.02		
			2.4	-3.24	-0.94	-0.21	-0.19		
			3.2	-5.16	-4.3	-0.21	-0.36		
212									
	1	-0.95						0.01	-0.95
			0	0.2	1.91	-0.09	0.15		
			0.8	-1.04	1.57	-0.09	0.08		
			1.6	-2.27	0.25	-0.09	0.01		
			2.4	-3.51	-2.06	-0.09	-0.07		
			3.2	-4.74	-5.36	-0.09	-0.14		
	2	-0.94						0.01	
			0	1.7	1.17	-0.09	0.15		
			0.8	-0.22	1.77	-0.09	0.08		
			1.6	-2.13	0.82	-0.09	0.01		
			2.4	-4.05	-1.65	-0.09	-0.07		
			3.2	-5.97	-5.66	-0.09	-0.14		
		1.43		*7.81*	*10.29*	*0.18*	*0.37*	*0.03*	*1.42*
		-10.21		*-8.55*	*-6.63*	*-0.21*	*-0.56*	*-0.18*	*-10.21*

4.5.9 "Frame Element Force" Material 9

ELT ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1 -2 PLANE		1 -3 PLANE		AXIAL TORQ	AXIAL FORCE COMBO 1
				SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT		
207									
	1	-5.38						-0.87	-5.38
			0	5.59	-4.91	-0.08	-0.01		
			0.8	3.94	-1.1	-0.08	-0.07		
			1.6	2.29	1.39	-0.08	-0.14		
			2.4	0.64	2.56	-0.08	-0.21		
			3.2	-1.01	2.42	-0.08	-0.27		
	2	-5.4						-1.3	
			0	7.4	-5.2	-0.08	-0.01		
			0.8	5.07	-0.21	-0.08	-0.07		
			1.6	2.74	2.91	-0.08	-0.14		
			2.4	0.41	4.17	-0.08	-0.21		
			3.2	-1.93	3.56	-0.08	-0.27		
208									
	1	-8.4						0.04	-8.4
			0	6.36	-2.15	-0.03	0.3		
			0.8	4.71	2.27	-0.03	0.28		
			1.6	3.06	5.38	-0.03	0.26		
			2.4	1.41	7.17	-0.03	0.23		
			3.2	-0.24	7.63	-0.03	0.21		
	2	-8.5						0.24	
			0	7.91	-1.07	-0.03	0.3		
			0.8	5.58	4.32	-0.03	0.28		
			1.6	3.25	7.85	-0.03	0.26		
			2.4	0.91	9.52	-0.03	0.24		
			3.2	-1.42	9.32	-0.03	0.21		
209									
	1	*-13.17*						*2.96*	*-13.17*
			0	*9*	*3.91*	*-0.12*	*-0.09*		
			0.8	*7.35*	*10.44*	*-0.12*	*-0.19*		
			1.6	*5.7*	*15.66*	*-0.12*	*-0.29*		
			2.4	*4.05*	*19.56*	*-0.12*	*-0.39*		
			3.2	*2.4*	*22.14*	*-0.12*	*-0.48*		
	2	-13.35						3.91	
			0	8.28	5.82	-0.12	-0.09		
			0.8	5.95	11.52	-0.12	-0.19		
			1.6	3.62	15.34	-0.12	-0.29		
			2.4	1.28	17.3	-0.12	-0.39		
			3.2	-1.05	17.4	-0.12	-0.48		
		-5.38		*9*	*22.14*	*-0.03*	*0.3*	*3.91*	*-5.38*
		-13.35		*-1.93*	*-5.2*	*-0.12*	*-0.48*	*-1.3*	*-13.17*

4.5.10 Reaksi Dukungan Portal "Semi Top Down"

REAKSI DUKUNGAN COMBO 1 PADA BORE PILE						
JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
1	-63.9903	14.6525	93.0488	-58.4977	-74.4817	3.3152
2	-65.8121	17.2777	39.6977	-64.3608	-80.1829	2.7656
3	-65.8445	18.3253	35.8242	-66.7425	-81.1717	1.7438
4	-65.7005	18.2026	39.584	-66.5207	-81.6631	2.3754
5	-66.6019	18.2894	37.7966	-66.7495	-84.723	1.7009
6	-66.0865	18.4438	40.9724	-67.1857	-84.0776	1.5254
7	-66.6563	18.2548	39.5764	-66.8186	-86.2824	1.9711
8	-66.9683	18.4638	38.3703	-67.3538	-87.6466	0.9695
9	-65.8329	18.4055	40.9925	-67.347	-85.3068	1.4109
10	-65.9847	17.9997	30.7448	-66.4969	-86.3918	1.8985
11	-63.8891	72.9572	11.9645	-124.928	-82.6683	4.0007
12	-2.949	71.8649	9.4423	-125.353	-11.5772	6.3424
13	-2.8922	72.1199	28.5097	-128.894	-11.2214	5.3943
14	-3.0962	72.4426	35.0069	-131.601	-11.4589	2.8617
15	-3.0636	72.4363	35.5867	-132.222	-11.1755	0.2584
16	-2.9459	72.1805	34.9244	-131.233	-10.711	-0.9276
17	-2.7979	72.2729	33.9018	-130.969	-10.1877	0.9476
18	-2.5828	72.4201	34.4544	-132.934	-9.4795	4.9089
19	-2.4283	73.0535	35.2494	-137.05	-8.9006	5.2777
20	-2.2831	73.7229	35.7996	-140.709	-8.3499	3.3815
21	-2.2462	74.1355	35.3963	-142.578	-8.0488	0.6653
22	-2.5413	74.4793	28.4289	-143.007	-8.4985	-1.5715
23	-2.7978	75.6312	4.232	-144.469	-8.8696	-2.0269
24	56.0951	80.0591	-9.1069	-153.615	58.4592	0.6887
25	58.414	25.8246	32.9408	-96.8578	64.7702	2.5771
26	-0.7071	22.2265	109.6825	-88.8153	-1.6163	3.1312
27	-1.1302	74.9416	59.5775	-144.284	-2.1762	4.6065
28	0.1217	74.672	37.7428	-145.751	1.0131	3.4192
29	0.7755	74.7023	34.4855	-146.892	2.8629	0.9158
30	1.1073	74.5626	35.2613	-146.344	3.9937	-1.6734
31	1.383	74.3353	36.2508	-144.525	5.002	-3.12
32	1.5902	74.7183	36.9039	-143.808	5.8613	-2.0606
33	1.8515	74.4064	35.3854	-143.082	6.8141	1.379
34	2.1467	74.1314	35.3658	-143.555	7.829	1.867
35	2.4009	74.2155	35.5855	-144.389	8.7587	0.2041
36	2.6573	74.0833	35.6702	-143.643	9.7006	-2.235
37	2.9214	73.6456	35.6781	-141.061	10.668	-4.1495
38	3.1931	73.2135	35.6386	-137.875	11.6614	-4.153
39	3.4418	73.1791	35.6349	-136.329	12.5621	-1.2491
40	3.583	72.9128	35.8822	-135.665	13.0793	-0.5403
41	3.6224	72.9393	35.3578	-135.323	13.3796	-1.8566
42	3.3773	72.944	28.634	-134.043	13.0538	-3.6405
43	3.288	73.3429	6.9436	-132.884	13.0871	-4.3826
44	65.1439	75.7357	1.5004	-136.256	85.5533	-2.4941
45	67.7441	21.5019	29.5732	-79.426	91.0094	-0.9293
46	68.2198	21.874	39.0956	-80.1911	91.6191	-1.337
47	68.0931	22.1658	40.7209	-80.7877	90.768	-0.7684
48	68.6455	22.0325	37.4449	-80.3886	91.829	-1.0185
49	68.0013	21.9595	38.2581	-80.1922	89.6377	-1.8445
50	68.1189	22.0153	34.4037	-80.2537	89.305	-1.2788

51	68.1079	20.8171	39.7556	-77.5239	88.5867	-2.2917
52	66.6632	17.671	102.6644	-70.4939	83.9428	-2.9579
	68.6455	*80.0591*	*109.6825*	*-58.4977*	*91.829*	*6.3424*
	-66.9683	*14.6525*	*-9.1069*	*-153.615*	*-87.6466*	*-4.3826*

REAKSI DUKUNGAN COMBO 2 PADA BORE PILE						
JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
1	-63.6652	14.6691	95.0408	-58.6005	-73.7998	3.3276
2	-65.6216	17.321	40.853	-64.5234	-79.8099	2.7763
3	-65.5546	18.4174	37.7271	-67.0142	-80.5786	1.7456
4	-65.3139	18.2155	42.0517	-66.6153	-80.8547	2.3842
5	-66.361	18.3359	39.3236	-66.9192	-84.2455	1.7042
6	-65.6977	18.5252	43.4401	-67.4339	-83.2673	1.5236
7	-66.3573	18.2625	41.561	-66.9018	-85.6751	1.9753
8	-66.7487	18.5246	39.8877	-67.5565	-87.2172	0.9637
9	-65.4239	18.4459	43.48	-67.5042	-84.4475	1.4056
10	-65.8528	18.0016	31.8412	-66.5679	-86.1507	1.8909
11	-63.8696	72.968	12.051	-125.019	-82.6746	3.9953
12	-2.9769	71.8766	10.0935	-125.444	-11.6889	6.3404
13	-2.9286	72.1316	29.1317	-128.985	-11.3513	5.3963
14	-3.1311	72.4533	35.5702	-131.692	-11.5845	2.8671
15	-3.0947	72.4435	36.1498	-132.308	-11.2922	0.2658
16	-2.9697	72.1757	35.6177	-131.296	-10.8107	-0.9207
17	-2.8216	72.2323	34.9497	-130.955	-10.2867	0.9514
18	-2.6267	72.4012	35.3187	-132.97	-9.6229	4.9102
19	-2.4648	73.0569	35.8622	-137.135	-9.0264	5.2788
20	-2.3143	73.7341	36.3545	-140.813	-8.463	3.3849
21	-2.2753	74.1499	35.9639	-142.691	-8.1564	0.6731
22	-2.5704	74.4958	29.0297	-143.129	-8.6056	-1.5585
23	-2.8358	75.6501	4.7916	-144.604	-8.9959	-2.0091
24	56.0252	80.0813	-9.09	-153.766	58.2618	0.7092
25	58.2619	25.7953	34.4966	-96.8942	64.3986	2.5935
26	-1.1107	22.1205	115.5503	-88.68	-2.5463	3.1403
27	-1.2307	74.9164	60.317	-144.336	-2.425	4.6189
28	0.1084	74.6736	38.0544	-145.868	0.9614	3.4312
29	0.7692	74.705	35.0466	-147.017	2.8287	0.9251
30	1.1062	74.5394	36.0185	-146.415	3.9728	-1.6696
31	1.4057	74.2283	37.5585	-144.408	5.0363	-3.1239
32	1.6012	74.3733	39.4854	-143.153	5.871	-2.0675
33	1.7903	74.1394	37.1664	-142.602	6.664	1.3831
34	2.1204	74.0518	36.2243	-143.497	7.759	1.8664
35	2.3921	74.2011	36.2626	-144.474	8.7295	0.1964
36	2.6538	74.087	36.3613	-143.765	9.6852	-2.2473
37	2.9258	73.6437	36.4787	-141.163	10.6719	-4.1637
38	3.2095	73.1778	36.8372	-137.895	11.6938	-4.1666
39	3.4268	73.1097	37.1426	-136.268	12.5256	-1.2593
40	3.5668	72.8995	36.8183	-135.725	13.0409	-0.5507
41	3.6179	72.9458	36.083	-135.422	13.3682	-1.8658
42	3.3766	72.9582	29.3483	-134.156	13.0513	-3.6465
43	3.2816	73.3631	7.6262	-133.009	13.0726	-4.3843
44	65.1176	75.7673	1.8114	-136.406	85.4947	-2.492
45	67.6798	21.5362	30.3271	-79.5824	90.8683	-0.9255
46	68.0424	21.8894	40.7392	-80.3052	91.2256	-1.3379

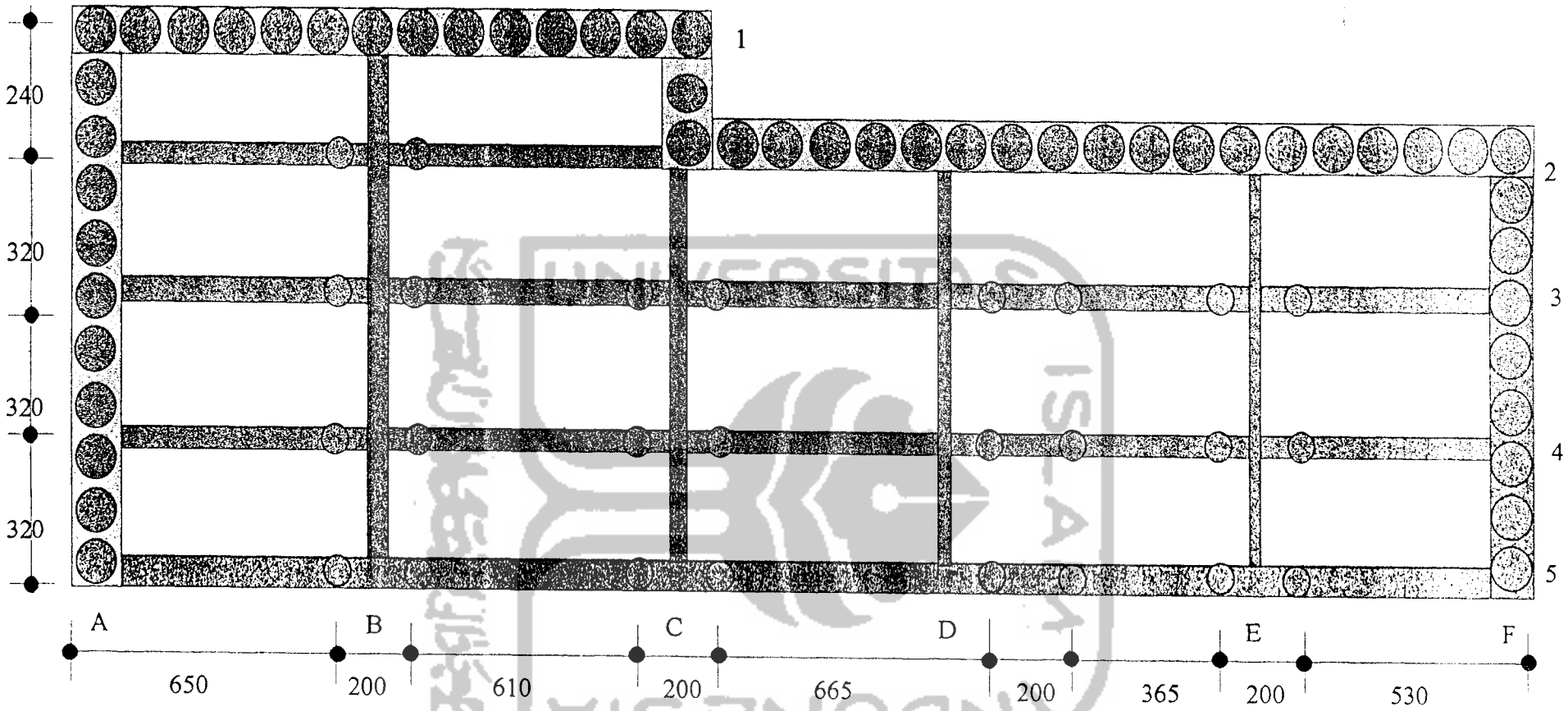
47	67.8338	22.2492	42.832	-81.054	90.1907	-0.7665
48	68.4793	22.0893	38.7865	-80.5951	91.4616	-1.0206
49	67.7344	21.9892	40.3421	-80.338	89.0415	-1.8517
50	67.9159	22.1083	36.0297	-80.5411	88.8504	-1.2814
51	67.9709	20.8706	40.7801	-77.723	88.2778	-2.301
52	66.4337	17.7016	104.3754	-70.6418	83.4204	-2.9695
	68.4793	*80.0813*	*115.5503*	*-58.6005*	*91.4616*	*6.3404*
	-66.7487	*14.6691*	*-9.09*	*-153.766*	*-87.2172*	*-4.3843*

REAKSI DUKUNGAN COMBO 1 PADA FRANKI PILE						
JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
53	-0.0372	1.0587	14.8254	-4.4663	-0.0481	-0.15
54	0.0729	1.0765	16.2743	-4.5652	0.2112	0.0273
55	0.049	0.7905	9.0267	-3.9133	0.185	-0.1201
56	-0.2295	1.2392	26.5456	-5.0875	-0.4426	-0.1845
57	0.2731	1.2416	22.0034	-5.0563	0.7968	-0.0174
58	0.1305	1.2197	17.3777	-4.9778	0.4824	0.1102
59	0.1965	1.081	19.2497	-4.4174	0.6628	0.0739
60	0.2202	0.9825	15.265	-4.0919	0.7177	0.1723
61	0.0868	1.0423	19.8026	-4.2369	0.2759	0.1667
62	0.1124	1.1114	24.0033	-4.4732	0.3464	0.0398
63	0.0511	1.2506	20.7797	-5.0288	0.2215	0.1594
64	0.3022	1.293	27.9805	-5.2002	0.8056	0.0241
65	-0.3446	1.2303	36.5634	-5.0647	-0.6776	-0.1971
66	0.0819	0.7917	10.1275	-3.9105	0.3118	-0.1189
67	0.1518	1.1143	19.3032	-4.654	0.4805	0.0311
68	0.053	1.1249	18.3993	-4.6163	0.2627	-0.167
69	0.0874	1.1484	21.0567	-4.6794	0.4095	-0.1672
70	0.2252	1.1318	21.7468	-4.6987	0.709	0.028
71	0.1024	0.7768	10.1873	-3.9009	0.3921	-0.1281
72	-0.3474	1.1562	38.7153	-4.9144	-0.6651	-0.1733
73	0.2477	1.2961	30.959	-5.1718	0.6392	-0.0454
74	0.0271	1.3128	23.722	-5.2093	0.1104	0.0891
75	0.0251	1.109	24.487	-4.4851	0.0435	0.0845
76	-0.0061	1.0204	20.4921	-4.1746	-0.0492	0.1874
77	-0.0731	1.0502	20.9901	-4.265	-0.3138	0.1673
78	-0.0412	1.1274	27.2707	-4.5135	-0.2154	0.0294
	0.3022	*1.3128*	*38.7153*	*-3.9009*	*0.8056*	*0.1874*
	-0.3474	*0.7768*	*9.0267*	*-5.2093*	*-0.6776*	*-0.1971*

REAKSI DUKUNGAN COMBO 2 PADA FRANKI PILE						
JOINT	F(X)	F(Y)	F(Z)	M(X)	M(Y)	M(Z)
53	-0.0189	1.0803	17.6818	-4.5214	-0.0066	-0.1512
54	0.074	1.1008	18.2841	-4.6262	0.2128	0.0296
55	0.0495	0.8055	9.7897	-3.9511	0.1851	-0.1215
56	-0.3214	1.2725	32.0554	-5.1697	-0.6559	-0.1881
57	0.334	1.27	26.3222	-5.1275	0.9361	-0.0183
58	0.1122	1.2464	19.8972	-5.0448	0.4388	0.1118
59	0.2141	1.1071	22.2372	-4.4821	0.7019	0.0729
60	0.1877	1.0043	18.3888	-4.1464	0.6407	0.1735
61	0.0262	1.0448	26.2398	-4.247	0.1334	0.1671

62	0.1475	1.1141	30.2294	-4.4841	0.4256	0.0399
63	0.0165	1.2546	26.3295	-5.0436	0.1403	0.1599
64	0.4078	1.2983	36.4109	-5.2183	1.0482	0.0241
65	-0.4931	1.2408	46.2225	-5.095	-1.0214	-0.1982
66	0.086	0.7963	12.1183	-3.9263	0.3205	-0.1194
67	0.1557	1.1185	23.7328	-4.6691	0.489	0.0314
68	0.0864	1.1287	24.3397	-4.6304	0.3395	-0.1675
69	0.1237	1.145	26.7104	-4.6769	0.4929	-0.1674
70	0.2249	1.1264	25.9965	-4.6922	0.7078	0.0263
71	0.1119	0.7674	12.4224	-3.887	0.4133	-0.128
72	-0.461	1.1265	46.1771	-4.8528	-0.9283	-0.1711
73	0.3432	1.289	38.7599	-5.1613	0.8585	-0.045
74	-0.0101	1.3108	29.2349	-5.2105	0.0229	0.0892
75	0.0607	1.1119	30.7369	-4.4964	0.1234	0.0849
76	-0.0669	1.0235	26.9186	-4.1862	-0.1922	0.1879
77	-0.1288	1.0402	26.0855	-4.2463	-0.4449	0.1672
78	0.0049	1.1155	32.9531	-4.4906	-0.1113	0.0302
	0.4078	*1.3108*	*46.2225*	*-3.887*	*1.0482*	*0.1879*
	-0.4931	*0.7674*	*9.7897*	*-5.2183*	*-1.0214*	*-0.1982*

4.5.11 Denah Material Balok dan Kolom "Semi Top Down"



Material 1 BorePile
Material 2 Tiang Franki
Material 3 as A1 - as A5, as A1 - as C1, as C1 - as C2, as C2 - as F2, as F2 - as F5
Material 4 as E3 - as F3, as E4 - as F4, as E5 - as F5
Material 5 as C3 - as E3, as C4 - as E4, as C5 - as E5
Material 6 as B2 - as C2, as B3 - as C3, as B4 - as C4, as B5 - as C5
Material 7 as A2 - as B2, as A3 - as B3, as A4 - as B4, as A5 - as B5
Material 8 as B1 - as B5, as C2 - as C5, as E2 - as E5
Material 9 as D2 - as D5

4.6 Perhitungan Dimensi dan Penulangan Kolom dan Balok

4.6.1 Perhitungan Dimensi Kolom pada "Bore Pile" (Material 1)

Data beban :

P_u = 24,92 ton = 244381,67 N

M_{1b} = 34,41 ton-m = 337446760,5 N-mm

M_{2b} = 153,77 ton-m = 1507968276 N-mm

Data tampang :

K-275 ⟶ f_c' = 27,5 MPa

U-40 ⟶ f_y = 400 MPa

h = 1000 mm ; l_u = 7000 mm

Tebal penutup beton = 75 mm ; d' = 75 + 10 + (32/2) = 101 mm

Dipakai tulangan 28 ∅ 32, sengkang spiral ∅10

a) Hitungan tulangan pokok :

* Hitung eksentrisitas minimumnya

$$e = \frac{M_{2b}}{P_u} = \frac{1507968276}{244381,67} = 6170,5 \text{ mm}$$

* Sedang eksentrisitas minimumnya

e min = 15 + 0,03.h = 15 + 0,03.1000 = 45 mm

e min < e OKE...!

* Menghitung kekakuan kolom

$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700. \sqrt{27,5} = 24647$ MPa

$I_g = (1/64). \pi. h^4 = (1/64). \pi. 1000^4 = 4,9.10^{10}$ mm^4

$$EI = \frac{E_c . I_g}{2,5 . (1 + \beta d)}$$

β_d = rasio beban mati aksial terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum.

$$\beta_d = \frac{95,2}{99,72} = 0,95$$

Sehingga : $EI = \frac{24647 . 4,9.10^{10}}{2,5 . (1 + 0,95)} = 2,47.10^{14}$ N-mm^2

Selanjutnya dihitung angka kelangsingan kolom. Faktor-faktor kekanan ujung (ψ) harus ditentukan. Dengan menganggap momen inersia retak balok sebesar setengah dari momen inersia penampang bruto, maka :

* Momen inersia balok untuk kondisi diujung atas kolom

$I_{cr} \approx I_{gb}/2 = 1/2 [(1/12) . 1000 . 700^3] = 1,43.10^{10}$ mm^4

* Momen inersia balok untuk kondisi diujung bawah kolom

Icr $\approx$ Igb/2 , karena dibawah tidak ada balok maka $I_{cr} = 0$, sehingga :

* $\psi_A = \frac{\Sigma EI / l_u \text{ kolom}}{\Sigma Ec . I_{cr} / l_n \text{ balok}} = \frac{2,47.10^{14} / 7000}{24647 . 1,43.10^{10} / 1200} = 0,12$

* ψ_B (ujung bawah kolom) = ∞ karena pembagi bernilai nol.

Dari harga ψ_A dan ψ_B dapat dicari nilai k (faktor panjang efektif struktur tekan). Dengan memplotkan pada tabel 7.2.c dari buku "Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang" oleh Gideon Kusuma, diperoleh nilai k=2

* Menentukan jenis kolom (termasuk kolom panjang atau pendek)

$$\frac{K\,l_u}{r} = \frac{K\,l_u}{\sqrt{(I/A)}} = \frac{2\,.\,7000}{\sqrt{[(1/64).\pi.1000^4]/[(1/4).\pi.1000^2]}} = 56$$

* Menurut SNI pasal 3.3.11. - 4 - 1 :

$$\frac{K\,l_u}{r} > 34 - 12\,.\,\frac{M_{1b}}{M_{2b}} \longrightarrow \text{kolom panjang}$$

$$34 - 12\,\frac{34,41}{-153,77} = 36,68$$

karena $\frac{K\,lu}{r} = 56 > 36,68$ maka termasuk kolom panjang

* Karena termasuk kolom panjang maka dihitung dengan metode pembesaran momen, sehingga :

$$P_c = \frac{\pi^2.\,EI}{(k.\,lu)^2} = \frac{\pi^2.\,2,47.10^{14}.}{(2.\,7000)^2} = 12437715,75\ N$$

* Untuk kolom panjang dengan tulangan spiral gunakan faktor reduksi kekuatan θ = 0,7 (SNI 3.2.3 - 2 - 2).

* Menghitung faktor momen (C_m)

Karena komponen struktur ditahan trhadap goyangan ke samping dan ada beban lateral, menurut SNI 3.3.11 - 5 - 3 nilai Cm diambil = 1.

* Menghitung faktor pembesaran momen

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - (P_u/\theta.P_c)} = \frac{1}{1 - (244381,67 / 0,7.\ 12437715,75)} = 1,03$$

* Momen yang digunakan untuk struktur tekan

$$Mc = \delta_b . M_{2b} = 1{,}03 . 1507968276 = 1553207324 \text{ N-mm}$$

* Menghitung Eksentrisitas (e_t)

$$e_t = \frac{M_c}{P_u} = \frac{1553207324}{244381{,}67} = 6355{,}70 \text{ mm}$$

$$Agr = 1/4 . \pi . h^2 = 1/4 . \pi . 1000^2 = 785398{,}16 \text{ mm}^2$$

$$\frac{d'}{h} = \frac{101}{1000} = 0{,}101$$

* Kemudian hitung pula besaran tak berdimensi pada sumbu vertikal dan sumbu horisontal. Pada sumbu vertikal dinyatakan dengan nilai:

$$K_1 = \frac{P_u}{\theta . A_{gr} . 0{,}85 . f_c'} = \frac{244381{,}67}{0{,}7 . 785398{,}16 . 0{,}85 . 27{,}5}$$

$$= 0{,}019$$

$$K_2 = \frac{P_u}{\theta . A_{gr} . 0{,}85 . f_c'} \frac{e_t}{h} = \frac{188983{,}78}{0{,}7\ 785398{,}16\ .0{,}85.27{,}5} \frac{6355{,}7}{1000}$$

$$= 0.12$$

Dari Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang karangan Gideon pada Gambar 6.3.d didapat nilai r = 0,022 dengan nilai $\beta = 1{,}1$

$$\rho = r.\beta = 0{,}022 . 1{,}1 = 0{,}0242$$

$$A'_{st} = \rho . A_{gr} = 0{,}0242 . 785398{,}16 = 19006{,}63 \text{ mm}^2$$

* Pada bore pile dipakai tulangan masing-masing 28∅32, dengan A_{st} = 22519 mm^2

$A_{st} > A'_{st}$

$$\rho = \frac{A_{st}}{A_{gr}} = \frac{22519}{785398,16} = 0,03$$

$$r = \frac{\rho}{\beta} = \frac{0,03}{1,1} = 0,027$$

dengan $K_1 = 0,015$ dan $r = 0,027$

dari grafik Gambar 6.3.d Gideon Kusuma didapat nilai $K_2 = 0,15$, maka :

$$K_2 = \frac{P_u}{\phi.A_{gr}.0,85.f_c'} \frac{et}{h} = \frac{M_r}{\phi.A_{gr}.0,85.f_c'.h}$$

$$0,15 = \frac{M_r}{0,7.785398,16.0,85.27,5.1000}$$

$M_r = 1927661609$ Nmm > $M_{2b} = 1507968276$ Nmm OKE ...!

c) Perhitungan tulangan geser dan torsi

Data tampang :

Diameter bore pile D = 1000 mm

Tinggi penampang segi empat ekivalen h = 0,8.D = 0,8.1000 = 800 mm

Lebar penampang segi empat ekivaln bw = $\frac{1}{4}.\pi.D^2$ = $\frac{1}{4}.\pi.1000^2/800$ = 981,75 mm.

$f_c' = 27,5$ MPa

$f_y = 400$ MPa

Data beban :

Gaya geser (V_u) = 784532 N

Axial Torsi (T_u)	=	62174161	Nmm
Momen (Mu)	=	1507968571	Nmm
Gaya aksial (Nu)	=	238203,5285	N

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 800^2.981,75 = 628318000 \text{ mm}^3$

$\phi (1/24.\sqrt{fc'}) \Sigma x^2y = 0,6 (1/24.\sqrt{27,5}).628318000 = 82373184,7$ Nmm

82373184,7 Nmm > Tu = 62174161 Nmm efek torsi dapat diabaikan

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana $Tn = Tu/\phi = 62174161 / 0,6 = 103623602$ Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2y} = \frac{981,75.699}{628318000} = 0,00109219 / \text{mm}$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2y}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4Vu}{Ct.Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{27,5}\right)628318000}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4.784532}{0,00109219.62174161}\right)^2}} = 46457318,16 \text{ Nmm}$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

Ts = Tn - Tc = 103623602 - 46457318,16 = 57166283,5 Nmm

Menggunakan selimut beton pb = 75 mm, dan diameter tulangan sengkang D10

x1 = h - 2.(pb + D/2) = 800 - 2.(75 +10/2) = 640 mm

y1 = bw - 2.(pb + D/2) = 981,75 - 2 (75 + 10/2) = 821,75 mm

$\alpha t = 1/3.(2 + y1/x1) = 1/3.(2 + 821,75/640) = 1,0946 < 1,5$ OKE..!

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha 1.x1.fy} = \frac{57166283,5}{1,0946.640.400} = 0,2482 \text{ mm/satu kaki}$$

* Merencanakan sengkang geser :

$$Mm = Mu - Nu.\frac{(4h-d)}{8} = 1507968571 - 238203,5285\frac{(4.800-699)}{8}$$

$$= 1433500192 \text{ Nmm}$$

$$\rho_w = \frac{As}{b_w.d} = \frac{22518,9361}{981,75.699} = 0,03281$$

$$Vc = \left[\left(\sqrt{fc'} + 120.\rho_w.\frac{Vu.d}{Mm}\right)/7\right].b_w.d$$

$$= \left[\left(\sqrt{27,5} + 120.0,03281.\frac{784532.699}{1433500192}\right)/7\right]981,75.699 = 661776,8 \text{ N}$$

atau

$$Vc = 0,3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1+\frac{0,3.Nu}{Ag}}$$

$$= 0,3.\sqrt{27,5}.981,75.699.\sqrt{1+\frac{0,3.238203,5285}{981,75.800}} = 1127649 \text{ N}$$

Pakai Vc yang terkecil ⟶ Vc = 661776,8 N

Vs = Vn - Vc = 1307553 - 661776,8 = 645776,2 N

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy.d} = \frac{645776,2}{400.699} = 2,31 \text{ mm/dua kaki}$$

* Merencanakan sengkang tertutup gabungan untuk torsi dan geser :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 2.(0,2482) + 2,31 = 2,8062 \text{ mm}$$

$$s = \frac{A_{sk}}{A_{vt}/s} = \frac{157{,}0796}{2{,}8062} = 56 \text{ mm}$$

sedangkan spasi (S Max) maksimum ijin : 1/4.(x1 + y1) = ¼.(640 + 821,75) = 365,4 mm > s = 56 mm ; maka digunakan tulangan spiral dengan spasi = 50 mm.

Luas sengkang minimum perlu = bw.s/3fy = 981,75.50 / (3.400) = 40,9 mm^2 < luas sengkang terpasang = 157,0796 mm^2 OKE...!

Jadi dipakai diameter tulangan spiral D10 - 50 mm.

4.6.2 Perhitungan Dimensi Tiang FRANKI (Material 2)

Data beban :

P_u = -32,45 ton = -318225,73 N

M_{1b} = 3,87 ton-m = 37951728,08 N-mm

M_{2b} = -5,22 ton-m = -51190703 N-mm

Data tampang :

K-225 ⟶ fc'= 22,5 MPa

U-40 ⟶ fy = 400 MPa

h = 500 mm ; lu = 7000 mm

Dipakai tulangan 6 ∅22, sengkang spiral ∅8

Tebal penutup beton = 75 mm ; d' = 75 + 8 + (22/2) = 94 mm.

a) <u>Perhitungan tulangan pokok :</u>

* Hitung eksentrisitas minimumnya

$$e = \frac{M_{2b}}{P_u} = \frac{51190703}{318225{,}73} = 161 \text{ mm}$$

* Sedang eksentrisitas minimumnya

$e_{min} = 15 + 0{,}03.h \quad = 15 + 0{,}03.500 \quad = 30$ mm

$e_{min} < e$ OKE...!

* Menghitung kekakuan kolom

$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700. \sqrt{22{,}5} = 22294{,}06$ MPa

$I_g = (1/64). \pi. h^4 \quad = (1/64). \pi. 500^4 \quad = 3{,}07.10^9$ mm^4

$$EI = \frac{E_c. I_g}{2{,}5. (1 + \beta_d)}$$

β_d = rasio beban mati terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum.

$$\beta_d = \frac{34{,}76}{42{,}27} = 0{,}82$$

Sehingga : $$EI = \frac{22294{,}06. 3{,}07.10^9}{2{,}5. (1 + 0{,}82)} = 1{,}5.10^{13}\ \text{N-mm}^2$$

Selanjutnya dihitung angka kelangsingan kolom. Faktor-faktor kekanan ujung (ψ) harus ditentukan. Dengan menganggap momen inersia retak balok sebesar setengah dari momen inersia penampang bruto, maka :

* Momen inersia balok untuk kondisi diujung atas kolom

$I_{cr} \approx I_{gb}/2 = 1/2 [(1/12). 300. 750^3] = 5{,}27.10^9$ mm^4

* Momen inersia balok untuk kondisi diujung bawah kolom

$I_{cr} \approx I_{gb}/2$, karena dibawah tidak ada balok maka $I_{cr} = 0$, sehingga :

* $$\psi_A = \frac{\Sigma EI / l_u \text{ kolom}}{\Sigma E_c. I_{cr} / l_n \text{ balok}} = \frac{1{,}5.10^{13} / 7000}{22294{,}06. 5{,}27.10^9 / 6650} = 0{,}12$$

* ψ_B (ujung bawah kolom) = ∞ karena pembagi bernilai nol.

Dari harga ψ_A dan ψ_B dapat dicari nilai k (faktor panjang efektif struktur tekan). Dengan memplotkan pada tabel 7.2c dari buku "Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang" oleh Gideon Kusuma, diperoleh nilai k=2

* Menentukan jenis kolom (termasuk kolom panjang atau pendek)

$$\frac{K\,l_u}{r} = \frac{K\,l_u}{\sqrt{I/A}} = \frac{2\,.\,7000}{\sqrt{[(1/64).\pi.500^4]/[(1/4).\pi.500^2]}} = 112$$

* Menurut SNI pasal 3.3.11. - 4 - 1 :

$$\frac{K\,l_u}{r} > 34 - (12\,.\,\frac{M_{1b}}{M_{2b}}) \longrightarrow \text{kolom panjang}$$

$$34 - (12\,.\,\frac{37951728,08}{-51190703}) = 42,89$$

karena $\frac{K_{lu}}{r} > 42,89$ maka termasuk kolom panjang

* Karena termasuk kolom panjang maka dihitung dengan metode pembesaran momen, sehingga :

$$P_c = \frac{\pi^2.\,EI}{(k.\,l_u)^2} = \frac{\pi^2.\,1,5.10^{13}.}{(2.\,7000)^2} = 755326,87\ N$$

* Untuk kolom panjang dengan tulangan spiral gunakan faktor reduksi kekuatan ϕ = 0,7 (SNI 3.2.3 - 2 - 2).

* Menghitung faktor momen (C_m)

Karena komponen struktur ditahan terhadap goyangan ke samping dan ada beban lateral, menurut SNI 3.3.11 - 5 - 3 nilai C_m diambil = 1.

* Menghitung faktor pembesaran momen

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - (P_u/\theta.P_c)} = \frac{1}{1 - (318225,73 / 0,7. 755326,87)} = 2,51$$

* Momen yang digunakan untuk struktur tekan

$$Mc = \delta_b . M_{2b} = 2,51. 51190703 = 128488664,5 \text{ N-mm}$$

* Menghitung Eksentrisitas (e_t)

$$e_t = \frac{M_c}{P_u} = \frac{128488664,5}{318225,73} = 403,76 \text{ mm}$$

$$A_g = 1/4. \pi. h^2 = 1/4. \pi. 500^2 = 196350 \text{ mm}^2$$

$$\frac{d'}{h} = \frac{94}{500} = 0,188$$

* Kemudian hitung pula besaran tak berdimensi pada sumbu vertikal dan sumbu horisontal. Pada sumbu vertikal dinyatakan dengan nilai:

$$K_1 = \frac{P_u}{\theta . A_g . 0,85 . f_c'} = \frac{318225,73}{0,7 . 196350 . 0,85 . 22,5}$$

$$= 0,12$$

$$K_2 = \frac{P_u}{\theta . A_g . 0,85 . f_c'} \frac{e_t}{h} = \frac{248990,8}{0,7\ 196350\ .0,85.22,5} \frac{403,76}{500}$$

$$= 0,098$$

* Dari Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang karangan Gideon Kusuma pada Gambar 6.3.f dengan cara interpolasi didapat nilai r = 0,014 dengan nilai $\beta = 0,9$

$\rho = r.\beta = 0,014 \; . \; 0,9 = 0,0126$

$A'_{st} = \rho.A_{gr} = 0,0126 \; . \; 196350 = 2474,01 \; mm^2$

* Pada tiang Franki dipakai tulangan masing-masing 6∅22, dengan A_{st} = 2281 mm^2

Ast < A'st

$$\rho = \frac{A_{st}}{A_{gr}} = \frac{2281}{196350} = 0,012$$

$$r = \frac{\rho}{\beta} = \frac{0,012}{0,9} = 0,013$$

dengan $K_1 = 0,12$ dan r = 0,013

dari grafik Gambar 6.3.f Gideon Kusuma didapat nilai $K_2 = 0,07$, maka :

$$K_2 = \frac{P_u}{\phi.A_{gr}.0,85.fc'} \; \frac{e_t}{h} = \frac{M_r}{\phi.A_{gr}.0,85.f_c'.h}$$

$$0,07 = \frac{M_r}{0,7.196350.0,85.22,5.500}$$

$M_r = 92002246,88$ Nmm > $M_{2b} = 51190703$ Nmm OKE ..!

b) <u>Perhitungan tulangan geser dan torsi :</u>

Data tampang :

Diameter Tiang Franki D = 500 mm

Tinggi penampang segi empat ekivalen h = 0,8.D = 0,8.500 = 400 mm.

Lebar penampang segi empat ekivalen bw = ¼.π.D^2/h = ¼.π.500^2/400 =490,87 mm.

f_c' = 22,5 MPa

f_y = 400 MPa

Data beban :

Gaya geser (V_u)	=	12846,7115	N
Axial Torsi (T_u)	=	1961330	Nmm
Momen (Mu)	=	51190713	Nmm
Gaya aksial (Nu)	=	318225,7925	N

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 400^2.490,8734 = 78539750$ mm^3

ϕ (1/24.$\sqrt{fc'}$) Σx^2y = 0,6 (1/24.$\sqrt{22,5}$).78539750 = 10296648,1 Nmm

10296648,1 Nmm > Tu = 1961330 Nmm efek torsi dapat diabaikan

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana Tn = Tu/ϕ = 1961330 / 0,6 = 3268883,33 Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2y} = \frac{490,8734.406}{78539750} = 0,0025375 / mm$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2y}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4Vu}{Ct.Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{22,5}\right)78539750}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4.12846,7115}{0,0025375.1961330}\right)^2}} = 19102528,61 \text{ Nmm}$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tulangan torsi

Ts = Tn - Tc = 3268883,33 - 19102528,61 = - 15833645 Nmm

Menggunakan selimut beton pb = 75 mm, dan diameter tulangan sengkang D8

x_1 = h - 2.(pb + D/2) = 400 - 2.(75 +8/2) = 242 mm

y_1 = bw - 2.(pb + D/2) = 490,8734 - 2 (75 + 8/2) = 332,8734 mm

αt = 1/3.(2 + y1/x1) = 1/3.(2 + 821,75/640) = 1,0946 < 1,5 OKE..!

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha 1.x1.fy} = \frac{57166283,5}{1,0946.640.400} = 0,2482 \text{ mm/satu kaki}$$

* Merencanakan sengkang geser :

$$Mm = Mu - Nu.\frac{(4h-d)}{8} = 1507968571 - 238203,5285\frac{(4.800-699)}{8}$$

$$= 1433500192 \text{ Nmm}$$

$$\rho_w = \frac{As}{b_w.d} = \frac{22518,9361}{981,75.699} = 0,03281$$

$$Vc = \left[\left(\sqrt{fc'} + 120.\rho_w.\frac{Vu.d}{Mm}\right)/7\right].b_w.d$$

$$= \left[\left(\sqrt{27,5} + 120.0,03281.\frac{784532.699}{1433500192}\right)/7\right]981,75.699 = 661776,8 \text{ N}$$

atau

$$Vc = 0,3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1+\frac{0,3.Nu}{Ag}}$$

$$= 0,3.\sqrt{27,5}.981,75.699.\sqrt{1+\frac{0,3.238203,5285}{981,75.800}} = 1127649 \text{ N}$$

Pakai Vc yang terkecil ⟶ Vc = 661776,8 N

Vs = Vn - Vc = 1307553 - 661776,8 = 645776,2 N

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy.d} = \frac{645776,2}{400.699} = 2,31 \text{ mm/dua kaki}$$

* Merencanakan sengkang tertutup gabungan untuk torsi dan geser :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 2.(0,2482) + 2,31 = 2,8062 \text{ mm}$$

$$s = \frac{A_{sk}}{A_{vt}/s} = \frac{157,0796}{2,8062} = 56 \text{ mm}$$

sedangkan spasi (S Max) maksimum ijin : 1/4.(x1 + y1) = ¼.(242 + 332,8734) = 143,7184 mm maka digunakan tulangan sengkang spiral dengan spasi = 140 mm.

Luas sengkang minimum perlu = bw.s/3fy = 490,8734.140 / (3.400) = 18,4077 mm^2 < luas sengkang terpasang = 100,5309 mm^2 OKE...!

Jadi dipakai diameter sengkang spiral D8 - 140 mm.

4.6.3 Perhitungan Dimensi Balok as A1-A5, as A1-C1, as C1-C2, as C2-F2, as F2-F5 (Material 3)

Data Caping Beam :

fc' = 35 Mpa ; fy = 400 MPa

h = 700 mm ; b = 1000 mm

Penutup beton = 20 mm

Dipakai tulangan pokok ∅22 mm dan dipakai sengkang ∅12 mm

d = 657 mm ; d' = 43 mm ; β = 0,85 - 0.008(fc'- 30) = 0,81

Data Beban : dari hasil analisis struktur dengan memakai program SAP90

didapat :

Mu tumpuan = 70,12 tm = $6,90.10^8$ Nmm

Mu lapangan = 54,20 tm = $5,3.10^8$ Nmm

a) Perhitungan tulangan pokok

Dipakai tulangan tarik 9∅22 sehingga As = ¼.π.22^2.9 = 3421,19 mm^2 dan

tulangan tekan 2∅22 sehingga As' = ¼.π.22^2.2 = 760,265 mm^2

ρ = As / b.d = 3421,19 / (1000 . 657) = 0,005207

ρ' = As' / bd = 760,265/ (1000 . 657) = 0,001157

ρ_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400 = 0,0035 lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup

$$\rho - \rho' \geq \frac{\beta_1.0,85.fc'.d'}{fy.d} \frac{600}{600 - fy}$$

$$0,00405 \leq \frac{0,81.0,85.35.43}{400.657} \frac{600}{600 - 400} = 0,01183$$

Karena 0,00405 ≤ 0,01183 maka fs' dicari dengan rumus :

$$fs' = 600\left[1-\frac{0,85.fc'.\beta_1.d'}{(\rho - \rho').fy.d}\right] = 600\left[1-\frac{0,85.35.0,81.43}{(0,005207-0,001157).400.657}\right]$$

= 15,88442 MPa

$$\rho_b = \left[\beta_1 \frac{0,85.fc'.}{fy} \frac{600}{600+fy}\right] = \left[0,81 \frac{0,85.35}{400} \frac{600}{600+400}\right] = 0,036146$$

$$\rho \leq 0,75\rho_b + \frac{\rho'.fs'}{fy}$$

$$0{,}005207 \le 0{,}75.0{,}036146 + \frac{0{,}00117.15{,}88442}{400} = 0{,}027155 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0{,}85.fc'.b} = \frac{3421{,}19.400 - 760{,}265.15{,}88442}{0{,}85.35.1000} = 45{,}59329 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[\left(As.fy - As'.fs'\right)\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0{,}8\left[\begin{array}{l}\left(3421{,}19.400 - 760{,}265.15{,}88442\right)\left(657 - \dfrac{45{,}59329}{2}\right)\\ +\,760{,}265.15{,}88442.(657 - 43)\end{array}\right]$$

$Mu = 6{,}94.10^8$ N-mm > $Mr = 6{,}9.10^8$ N-mm Oke....!

c) Perhitungan tulangan geser dan torsi material 3

Data tampang :

bw = 1000 mm, h = 700 mm, d' = 43 mm, d = 657 mm

Diameter sengkang = 12 mm ; Ask = 226,19467 mm^2

Luas tulangan pokok As = 3421.19 mm^2

f_c' = 35 MPa

f_y = 400 MPa

Data beban :

Gaya geser (V_u)	=	872791,85	N
Axial Torsi (T_u)	=	228887211	Nmm
Momen (Mu)	=	687642298	Nmm
Gaya aksial (Nu)	=	60988,2965	N

Hitungan :

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 700^2.1000 = 490000000\ mm^3$

$\phi\ (1/24.\sqrt{fc'})\ \Sigma x^2y = 0,6\ (1/24.\sqrt{35}).490000000 = 72471977,3$ Nmm

72471977,3 Nmm < Tu = 228887211 Nmm $\rightarrow$ efek torsi diperhitungkan.

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana $Tn = Tu/\phi = 228887211 / 0,6 = 381478685$ Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser .

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2y} = \frac{1000.657}{490000000} = 0,00134082 / mm$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2y}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4Vu}{Ct.Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{35}\right)490000000}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4.872791,85}{0,00134082.228887211}\right)^2}} = 127595383,6 \text{ Nmm}$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

Ts = Tn - Tc = 381478685 - 127595383,6 = 253883301Nmm

Menggunakan selimut beton pb = 20 mm, dan diameter tulangan sengkang D12

x1 = h - 2.(pb + D/2) = 700 - 2.(20 +12/2) = 648 mm

y1 = bw - 2.(pb + D/2) = 1000 - 2 (20 + 12/2) = 948 mm

$\alpha t = 1/3.(2 + y1/x1) = 1/3.(2 + 948/648) = 1,5432099 < 1,5$ OKE..!

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha 1.x1.fy} = \frac{253883301}{0,8945.648.400} = 0,895084 \text{ mm/satu kaki}$$

* Merencanakan sengkang geser :

$$Mm = Mu - Nu.\frac{(4h-d)}{8} = 687642298 - 60899,2965\frac{(4.700-657)}{8}$$

= 671328899 Nmm

$$\rho_w = \frac{As}{b_w.d} = \frac{3421,19}{1000.657} = 0,0052$$

$$Vc = \left[\left(\sqrt{fc'} + 120.\rho_w.\frac{Vu.d}{Mm}\right)/7\right].b_w.d$$

$$= \left[\left(\sqrt{35} + 120.0,0052.\frac{872791,85.657}{671328899}\right)/7\right].1000.657 = 605362,1\ N$$

atau

$$Vc = 0,3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1+\frac{0,3.Nu}{Ag}}$$

$$= 0,3.\sqrt{35}.1000.657.\sqrt{1+\frac{0,3.60899,2965}{1000.700}} = 1181178\ N$$

Pakai Vc yang terkecil ⟶ Vc = 605362,1 N

Vs = Vn - Vc = 1454653 - 605362,1 = 849290,9 N

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy.d} = \frac{849290,9}{400.657} = 3,2317\ \text{mm/dua kaki}$$

* Merencanakan sengkang tertutup gabungan untuk torsi dan geser :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 2.(0,89508486) + 3,2317 = 5,0287\ \text{mm}$$

$$s = \frac{A_{sk}}{A_{vt}/s} = \frac{226,195}{5,0287} = 45,0419\ \text{mm dipakai s} = 45\ \text{mm}$$

sedangkan spasi maksimum ijin : 1/4.(x1 + y1) = ¼.(948 + 648) = 339 mm > s = 45,0419 mm, maka digunakan tulangan sengkang tertutup dengan spasi = 45 mm.

Luas sengkang minimum perlu = bw.s/3fy = 1000.45 / (3.400) = 37,5 mm^2 < luas sengkang terpasang = 226,195 mm^2 OKE...!

* Merencanakan tulangan torsi memanjang :

$$A_l = \frac{2.At}{s}(x_1 + y_1) = 2.0{,}89508486.(648 + 948) = 2857{,}11087\ mm^2$$

atau

$b_w s/3f_y = 37{,}5\ mm^2 < 2.At = 2.0{,}89508486.45 = 80{,}5576\ mm^2$; dipakai yang besar

$$A_l = \left\{\frac{2{,}8.x.s}{f_y}\left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}}\right] - 2A_t\right\}\frac{x_1 + y_1}{s}$$

$$\left\{\frac{2{,}8.700.45}{400}\left(\frac{228887211}{228887211 + \frac{872791{,}85}{3.0{,}00134082}}\right) - 80{,}5576\right\}\frac{648+948}{45}$$

= 1157,512 mm^2

sehingga dipakai A_l = 2857,11087 mm^2

Luas A_l didistribusikan merata ke empat sisi penampang dengan jarak spasi tidak melebihi 300 mm.

Σ As tumpuan = 1/4.A_l + A_s = ¼. 2857,11087 + 3421,19 = 4135,46772 mm^2, digunakan 11D22 (As = 4181,45629 mm^2) untuk sisi bawah serta ¼.Al = 714,2777 dipakai tulangan 2D22 (As = 760,2648 mm^2) untuk masing - masing sisi samping dan atas.

4.6.4 Perhitungan Dimensi Balok as E3-F3, as E4-F4, as E5-F5 (Material 4)

Data Balok :

fc' = 35 Mpa ; fy = 400 MPa

h = 650 mm ; b = 300 mm

Penutup beton = 20 mm

Dipakai tulangan pokok ∅22 mm dan dipakai sengkang ∅10 mm

d = 609 mm ; d' =41 mm ; $\beta = 0,85 - 0,008(fc' - 30) = 0,81$

Data Beban : dari hasil analisis struktur dengan memakai program SAP90 didapat :

Mu tumpuan = 14,61 tm = $1,43.10^8$ Nmm

Mu lapangan = 6,71 tm = $6,58.10^7$ Nmm

a) Perhitungan tulangan tumpuan

* Dipakai tulangan tumpuan tarik 4∅22 sehingga As = ¼.π.22^2.4 = 1520,53 mm^2 dan tulangan tumpuan tekan 2∅19 sehingga As' = ¼.π.19^2.2 = 567,057 mm^2.

ρ = As / b.d = 1520,53 / (300 .609) = 0,008323

ρ' = As'/ bd = 567,057 / (300. 609) = 0,003104

ρ_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400 = 0,0035 lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85.fc'.\beta_1.d'}{fy.d} \frac{600}{600 - fy}$$

$$0,005219 \leq \frac{0,85.35.0,81.41}{400.609} \frac{600}{600 - 400} = 0,01217$$

Karena 0,005219 ≤ 0,01217 maka fs' dicari dengan rumus :

$$fs' = 600\left[1-\frac{0{,}85.fc'.\beta_1.d'}{(\rho - \rho').fy.d}\right] = 600\left[1-\frac{0{,}85.35.0{,}81.41}{(0{,}008323-0{,}003104).400.609}\right]$$

$$= 133{,}7056 \text{ MPa}$$

$$\rho_b = \left[\beta_1 \frac{0{,}85.fc'.}{fy}\frac{600}{600+fy}\right] = \left[0{,}81\frac{0{,}85.35}{400}\frac{600}{600+400}\right] = 0{,}036146$$

$$\rho \le 0{,}75\rho_b + \frac{\rho'.fs'}{fy}$$

$$0{,}008323 \le 0{,}75.0{,}036146 + \frac{0{,}003104.133{,}7056}{400} = 0{,}028147 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0{,}85.fc'.b} = \frac{1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}7056}{0{,}85.35.300} = 59{,}65189 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[(As.fy - As'.fs')\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0{,}8\left[\begin{array}{l}(1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}7056)\left(609 - \frac{59{,}65189}{2}\right)\\ +567{,}057.133{,}7056.(609-41)\end{array}\right]$$

$Mu = 2{,}81.10^8$ N-mm > $Mr = 1{,}43.10^8$ N-mm Oke....!

b) Perhitungan tulangan lapangan

* Dipakai tulangan lapangan tarik 4∅22 sehingga As = ¼.π.22^2.4 = 1520,53 mm^2 dan tulangan lapangan tekan 2∅19 sehingga As' = ¼.π.19^2.2 = 567,057 mm^2.

ρ = As / b.d = 1520,53 / (300 .609) = 0,008323

ρ' = As'/ bd = 567,057 / (300. 609) = 0,003104

ρ_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400 = 0,0035 lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup

$$\rho - \rho' \geq \frac{0{,}85.fc'.\beta_1.d'}{fy.d} \frac{600}{600 - fy}$$

$$0{,}005219 \leq \frac{0{,}85.35.0{,}81.41}{400.609} \frac{600}{600 - 400} = 0{,}01217$$

Karena 0,005219 ≤ 0,01217 maka fs' dicari dengan rumus :

$$fs' = 600\left[1 - \frac{0{,}85.fc'.\beta_1.d'}{(\rho - \rho').fy.d}\right] = 600\left[1 - \frac{0{,}85.35.0{,}81.41}{(0{,}008323 - 0{,}003104).400.609}\right]$$

$$= 133{,}7056 \text{ MPa}$$

$$\rho_b = \left[\beta_1 \frac{0{,}85.fc'}{fy} \frac{600}{600 + fy}\right] = \left[0{,}81 \frac{0{,}85.35}{400} \frac{600}{600 + 400}\right] = 0{,}036146$$

$$\rho \leq 0{,}75\rho_b + \frac{\rho'.fs'}{fy}$$

$$0{,}008323 \leq 0{,}75.0{,}036146 + \frac{0{,}003104.133{,}7056}{400} = 0{,}028147 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0{,}85.fc'.b} = \frac{1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}7056}{0{,}85.35.300} = 59{,}65189 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[(As.fy - As'.fs')\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0{,}8\left[\begin{array}{l}(1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}7056)\left(609 - \frac{59{,}65189}{2}\right) \\ + 567{,}057.133{,}7056.(609 - 41)\end{array}\right]$$

$Mu = 2{,}81.10^8$ N-mm > $Mr = 6{,}6.10^7$ N-mm Oke....!

c) Perhitungan tulangan geser dan torsi Material 4

Data tampang :

bw = 300 mm, h = 650 mm, d' = 41 mm, d = 609 mm

Diameter sengkang = 10 mm ; Ask = 157,0796 mm^2

Luas tulangan pokok As = 1520,53 mm^2

f_c' = 35 MPa

f_y = 400 MPa

Data beban :

Gaya geser (V_u) tump.	=	120229,529	N
Gaya geser (Vu) lap.	=	27948952,5	N
Axial Torsi (T_u)	=	27948952,5	Nmm
Momen (Mu)tump.	=	143275156,5	Nmm
Momen (Mu) lap.	=	65802621,5	Nmm
Gaya aksial (Nu)	=	157494,799	N

c.1 Hitungan Bagian Tumpuan :

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 300^2.650 = 58500000\ mm^3$

$\phi\ (1/24.\sqrt{fc'})\ \Sigma x^2y = 0,6\ (1/24.\sqrt{35}).58500000 = 8652266,68$ Nmm

8652266,68 Nmm < Tu = 27948952,5 Nmm $\rightarrow$ efek torsi diperhitungkan.

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana Tn = Tu/ϕ = 27948952,5 / 0,6 = 46581587,5 Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2 y} = \frac{300.609}{58500000} = 0{,}003123 / mm$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2 y}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4Vu}{Ct.Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{35}\right)58500000}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4.120229{,}529}{0{,}003123.27948952{,}5}\right)^2}} = 20208448{,}2 \text{ Nmm}$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

Ts = Tn - Tc = 46581587,5 - 20208448,2 = 26373139,3 Nmm

Menggunakan selimut beton pb = 20 mm, dan diameter tulangan sengkang D10

x1 = h - 2.(pb + D/2) = 300 - 2.(20 +10/2) = 250 mm

y1 = bw - 2.(pb + D/2) = 650 - 2 (20 + 10/2) = 600 mm

αt = 1/3.(2 + y1/x1) = 1/3.(2 + 600/250) = 1,4667 < 1,5 OKE..!

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha 1.x1.fy} = \frac{26373139{,}3}{1{,}4667.250.400} = 0{,}29969 \text{ mm/satu kaki}$$

* Merencanakan sengkang geser :

$$Mm = Mu - Nu.\frac{(4h-d)}{8} = 143275156{,}5 - 157494{,}799\frac{(4.650-609)}{8}$$

$$= 104078638 \text{ Nmm}$$

$$\rho_w = \frac{As}{b_w.d} = \frac{1520{,}53}{300.609} = 0{,}00832$$

$$Vc = \left[\left(\sqrt{fc'} + 120.\rho_w.\frac{Vu.d}{Mm}\right)/7\right].b_w.d$$

$$= \left[\left(\sqrt{35} + 120.0{,}00832.\frac{120229{,}529.609}{104078638}\right)/7\right].300.609 = 172747{,}4 \text{ N}$$

atau

$$Vc = 0{,}3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1+\frac{0{,}3.Nu}{Ag}}$$

$$= 0{,}3.\sqrt{35}.300.609.\sqrt{1+\frac{0{,}3.157494{,}799}{300.650}} = 361415{,}7\ N$$

Pakai Vc yang terkecil ⟶ Vc = 172747,4 N

Vs = Vn - Vc = 200382,5 - 172747,4 = 27635,1587 N

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy.d} = \frac{27635{,}1587}{400.657} = 0{,}1134 \text{ mm/dua kaki}$$

* Merencanakan sengkang tertutup gabungan untuk torsi dan geser :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 2.(0{,}29969) + 0{,}1134 = 0{,}71283 \text{ mm}$$

$$s = \frac{A_{sk}}{A_{vt}/s} = \frac{157{,}0796}{0{,}71283} = 220{,}3592 \text{ mm}$$

sedangkan spasi (S Max) maksimum ijin : 1/4.(x1 + y1) = ¼.(250 + 600) = 212,5 mm < s = 220,3592 mm ; maka digunakan tulangan sengkang tertutup dengan spasi = 210 mm.

Luas sengkang minimum perlu = bw.s/3fy = 300.210 / (3.400) = 52,5 mm^2 < luas sengkang terpasang = 157,0796 mm^2 OKE...!

* Merencanakan tulangan torsi memanjang :

$$A_l = \frac{2.At}{s}(x_1 + y_1) = 2.0{,}29969.(250 + 600) = 509{,}4811\ mm^2$$

atau

$b_w s/3f_y$ = 52,5 mm^2 < 2.At = 2.0,29969.210 = 125,8718 mm^2 ; dipakai yang besar yaitu 125,8718 mm^2.

$$A_l = \left\{ \frac{2,8.x.s}{f_y} \left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}} \right] - 2A_t \right\} \frac{x_1 + y_1}{s}$$

$$\left\{ \frac{2,8.300.210}{400} \left(\frac{27948952,5}{27948952,5 + \frac{120229,529}{3.0,003123}} \right) - 125,8718 \right\} \frac{250 + 600}{210}$$

= 713,8453 mm^2

sehingga dipakai A_l = 713,8453 mm^2.

Luas A_l didistribusikan merata ke empat sisi penampang dengan jarak spasi tidak melebihi 300 mm.

Σ As tumpuan = 1/4.A_l + A_s = ¼. 713,8453 + 1520,53 = 1698,99132 mm^2 digunakan 5D22 (As = 1900,66195 mm^2) untuk sisi bawah serta ¼.Al = 178,4613 dipakai tulangan 1D16 (As = 201,0618 mm^2) untuk masing - masing sisi samping dan atas.

c.2 Hitungan Bagian Lapangan :

* Menghitung momen torsi rencana :

Σ x^2y = 300^2.650 = 58500000 mm^3

ϕ (1/24.√fc') Σ x^2y = 0,6 (1/24.√35).58500000 = 8652266,68 Nmm

8652266,68 Nmm < Tu = 27948952,5 Nmm → efek torsi diperhitungkan.

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana $Tn = Tu/\phi = 27948952,5 / 0,6 = 46581587,5$ Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2 y} = \frac{300.609}{58500000} = 0,003123 / mm$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2 y}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4Vu}{Ct.Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{35}\right)58500000}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4.112580,342}{0,003123.27948952,5}\right)^2}} = 20504713,98 \text{ Nmm}$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

$Ts = Tn - Tc = 46581587,5 - 20504713,98 = 26076873,5$ Nmm

Menggunakan selimut beton pb = 20 mm, dan diameter tulangan sengkang D10

$x1 = h - 2.(pb + D/2) = 300 - 2.(20 + 10/2) = 250$ mm

$y1 = bw - 2.(pb + D/2) = 650 - 2\,(20 + 10/2) = 600$ mm

$\alpha t = 1/3.(2 + y1/x1) = 1/3.(2 + 600/250) = 1,4667 < 1,5$ OKE..!

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha 1.x1.fy} = \frac{26076873,5}{1,4667.250.400} = 0,29633 \text{ mm/satu kaki}$$

* Merencanakan sengkang geser :

$$Mm = Mu - Nu.\frac{(4h-d)}{8} = 65802621,5 - 157494,799\frac{(4.650-609)}{8}$$

$$= 26606103,4 \text{ Nmm}$$

$$\rho_w = \frac{As}{b_w.d} = \frac{1520,53}{300.609} = 0,00832$$

$$Vc = \left[\left(\sqrt{fc'} + 120.\rho_w.\frac{Vu.d}{Mm}\right)/7\right].b_w.d$$

$$= \left[\left(\sqrt{35} + 120.0{,}00832.\frac{112580{,}342.609}{26606103{,}4}\right)/7\right].300.609 = 221579{,}9\ \text{N}$$

atau

$$Vc = 0{,}3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1+\frac{0{,}3.Nu}{Ag}}$$

$$= 0{,}3.\sqrt{35}.300.609.\sqrt{1+\frac{0{,}3.157494{,}799}{300.650}} = 361415{,}7\ \text{N}$$

Pakai Vc yang terkecil ⟶ Vc = 226143,7 N

Vs = Vn - Vc = 200382,5 - 226143,7 = - 25761,186 N

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy.d} = \frac{-25761{,}186}{400.657} = -0{,}1393\ \text{mm/dua kaki}$$

* Merencanakan sengkang tertutup gabungan untuk torsi dan geser :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 2.(0{,}29632) - 0{,}1393 = 0{,}4533\ \text{mm}$$

$$s = \frac{A_{sk}}{A_{vt}/s} = \frac{226{,}195}{0{,}4533} = 346{,}52\ \text{mm}$$

sedangkan spasi (S Max) maksimum ijin : 1/4.(x1 + y1) = ¼.(250 + 600) = 212,5 mm < s = 346,52 mm, maka digunakan tulangan sengkang tertutup dengan spasi = 210 mm.

Luas sengkang minimum perlu = bw.s/3fy = 300.210 / (3.400) = 52,5 mm^2 < luas sengkang terpasang = 157,0796 mm^2 OKE...!

* Merencanakan tulangan torsi memanjang :

$$A_l = \frac{2.At}{s}(x_1 + y_1) = 2.0{,}29632.(250 + 600) = 503{,}7578 \text{ mm}^2$$

atau

$b_w s/3f_y = 52{,}5 \text{ mm}^2 < 2.At = 2.0{,}29632.210 = 124{,}4578 \text{ mm}^2$; dipakai yang besar yaitu 124,4578 mm^2.

$$A_l = \left\{ \frac{2{,}8.x.s}{f_y} \left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}} \right] - 2A_t \right\} \frac{x_1 + y_1}{s}$$

$$\left\{ \frac{2{,}8.300.210}{400} \left(\frac{27948952{,}5}{27948952{,}5 + \frac{112580{,}342}{3.0{,}003123}} \right) - 124{,}4578 \right\} \frac{250 + 600}{210}$$

$= 744{,}5591 \text{ mm}^2$

sehingga dipakai $A_l = 744{,}5591 \text{ mm}^2$.

Luas A_l didistribusikan merata ke empat sisi penampang dengan jarak spasi tidak melebihi 300 mm.

Σ As tumpuan = $1/4.A_l + A_s = ¼.\ 744{,}5591 + 1520{,}53 = 1706{,}6698 \text{ mm}^2$ digunakan 5D22 (As = 1900,66195 mm^2) untuk sisi bawah serta ¼.Al = 186,1398 mm^2 dipakai tulangan 1D16 (As = 201,0618 mm^2) untuk masing - masing sisi samping dan atas.

4.6.5 Perhitungan Dimensi Balok as C3-E3, as C4-E4, as C5-E5 (Material 5)

Data Balok :

fc' = 35 Mpa ; fy = 400 MPa

h = 750 mm ; b = 300 mm

Penutup beton = 20 mm

Dipakai tulangan pokok ∅22 mm dan dipakai sengkang ∅10 mm

d = 709 mm ; d' =41 mm ; β= 0,85 - 0,008(fc' - 30) = 0,81

Data Beban : dari hasil analisis struktur dengan memakai program SAP90 didapat :

Mu tumpuan = 19,74 tm = $1,94.10^8$ Nmm

Mu lapangan = 12,9 tm = $1,27.10^8$ Nmm

a) Perhitungan tulangan tumpuan

* Dipakai tulangan tumpuan tarik 4∅22 sehingga As = ¼.π.22^2.4 = 1520,53 mm^2 dan tulangan tumpuan tekan 2∅19 sehingga As' = ¼.π.19^2.2 = 567,057 mm^2.

ρ = As / b.d = 1520,53 / (300 .709) = 0,007149

ρ' = As'/ bd = 567,057 / (300. 709) = 0,002666

ρ_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400 = 0,0035 lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup.

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85.fc'.\beta_1.d'}{fy.d} \frac{600}{600 - fy}$$

$$0,007149 \leq \frac{0,85.35.0,81.41}{400.709} \frac{600}{600 - 400} = 0,010451$$

Karena 0,007149 ≤ 0,010451 maka fs' dicari dengan rumus :

$$fs' = 600\left[1 - \frac{0,85.fc'.\beta_1.d'}{(\rho - \rho').fy.d}\right] = 600\left[1 - \frac{0,85.35.0,81.41}{(0,007149 - 0,002666).400.709}\right]$$

= 133,7056 MPa

$$\rho_b = \left[\beta_1 \frac{0{,}85.fc'.}{fy} \frac{600}{600+fy}\right] = \left[0{,}81 \frac{0{,}85.35}{400} \frac{600}{600+400}\right] = 0{,}036146$$

$$\rho \le 0{,}75\rho_b + \frac{\rho'.fs'}{fy}$$

$$0{,}007149 \le 0{,}75.0{,}036146 + \frac{0{,}002666.133{,}7056}{400} = 0{,}02800 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0{,}85.fc'.b} = \frac{1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}7056}{0{,}85.35.300} = 59{,}65189 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[(As.fy - As'.fs')\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0{,}8\left[\begin{array}{l}(1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}7056)\left(709 - \dfrac{59{,}65189}{2}\right) \\ +567{,}057.133{,}7056.(709-41)\end{array}\right]$$

$Mu = 3{,}3.10^8$ N-mm > $Mr = 1{,}94.10^8$ N-mm Oke....!

b) Perhitungan tulangan lapangan

* Dipakai tulangan lapangan tarik 4∅22 sehingga $As = ¼.\pi.22^2.4 = 1520{,}53$ mm^2 dan tulangan lapangan tekan 2∅19 sehingga $As' = ¼.\pi.19^2.2 = 567{,}057$ mm^2.

$\rho = As / b.d = 1520{,}53 / (300 .709) = 0{,}007149$

$\rho' = As'/ bd = 567{,}057 / (300. 709) = 0{,}002666$

$\rho_{min} = 1{,}4 / fy = 1{,}4 / 400 = 0{,}0035$ lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup

$$\rho - \rho' \ge \frac{0{,}85.fc'.\beta_1.d'}{fy.d} \frac{600}{600 - fy}$$

$$0{,}007149 \le \frac{0{,}85.\ 35.0{,}81.41}{400.709} \frac{600}{600 - 400} = 0{,}010451$$

Karena 0,007149 ≤ 0,010451 maka fs' dicari dengan rumus :

$$fs' = 600\left[1 - \frac{0{,}85.\,fc'.\,\beta_1.\,d'}{(\rho - \rho').\,fy.\,d}\right] = 600\left[1 - \frac{0{,}85.35.0{,}81.41}{(0{,}007149 - 0{,}002666).400.709}\right]$$

$$= 133{,}7056 \text{ MPa}$$

$$\rho_b = \left[\beta_1 \frac{0{,}85.\,fc'.}{fy} \frac{600}{600 + fy}\right] = \left[0{,}81 \frac{0{,}85.35}{400} \frac{600}{600 + 400}\right] = 0{,}036146$$

$$\rho \le 0{,}75\rho_b + \frac{\rho'.\,fs'}{fy}$$

$$0{,}007149 \le 0{,}75.0{,}036146 + \frac{0{,}002666.133{,}7056}{400} = 0{,}02800 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0{,}85.fc'.b} = \frac{1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}7056}{0{,}85.35.300} = 59{,}65189 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[(As.fy - As'.fs')\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0{,}8\left[\begin{array}{l}(1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}7056)\left(709 - \dfrac{59{,}65189}{2}\right) \\ + 567{,}057.133{,}7056.(709 - 41)\end{array}\right]$$

$Mu = 3{,}3.10^8$ N-mm > $Mr = 1{,}27.10^8$ N-mm Oke....!

c) Perhitungan tulangan geser dan torsi Material 5

Data tampang :

bw = 300 mm, h = 750 mm, d' = 41 mm, d = 709 mm

Diameter sengkang = 10 mm ; Ask = 157,0796 mm^2

Luas tulangan pokok As = 1520,53 mm^2

f_c' = 35 MPa

f_y = 400 MPa

Data beban :

Gaya geser (V_u) tump.	=	287629,0445	N
Gaya geser (Vu) lap.	=	279489,525	N
Axial Torsi (T_u)	=	47856452	Nmm
Momen (Mu) tump.	=	193583271	Nmm
Momen (Mu) lap.	=	126505785	Nmm
Gaya aksial (Nu)	=	49621,649	N

c.1.Hitungan Bagian Tumpuan :

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 300^2.750 = 67500000\ mm^3$

$\phi\ (1/24.\sqrt{fc'})\ \Sigma x^2y = 0,6\ (1/24.\sqrt{35}).67500000 = 9983384,63$ Nmm

9983384,63 Nmm < Tu = 47856452 Nmm → efek torsi diperhitungkan.

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana Tn = Tu/ϕ = 47856452 / 0,6 = 79760753,3 Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2y} = \frac{300.709}{67500000} = 0,003151 / mm$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2 y}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4Vu}{Ct.Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{35}\right)67500000}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4.287629{,}0445}{0{,}003151.47856452}\right)^2}} = 21165735{,}01 \text{ Nmm}$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

Ts = Tn - Tc = 79760753,3 - 21165735,01 = 58595018,29 Nmm

Menggunakan selimut beton pb = 20 mm, dan diameter tulangan sengkang D10

x1 = h - 2.(pb + D/2) = 300 - 2.(20 +10/2) = 250 mm

y1 = bw - 2.(pb + D/2) = 750 - 2 (20 + 10/2) = 700 mm

αt = 1/3.(2 + y1/x1) = 1/3.(2 + 700/250) = 1,6 > 1,5 Pakai nilai 1,5

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha 1.x1.fy} = \frac{58595018{,}3}{1{,}5.250.400} = 0{,}55805 \text{ mm/satu kaki}$$

* Merencanakan sengkang geser :

$$Mm = Mu - Nu.\frac{(4h-d)}{8} = 193583271 - 49621{,}649\frac{(4.750-709)}{8}$$

$$= 179372871 \text{ Nmm}$$

$$\rho_w = \frac{As}{b_w.d} = \frac{1520{,}53}{300.709} = 0{,}0071487$$

$$Vc = \left[\left(\sqrt{fc'} + 120.\rho_w.\frac{Vu.d}{Mm}\right)/7\right].b_w.d$$

$$= \left[\left(\sqrt{35} + 120.0{,}0071487.\frac{287629{,}0445.709}{179372871}\right)/7\right].300.709 = 209399 \text{ N}$$

atau

$$Vc = 0{,}3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1+\frac{0{,}3.Nu}{Ag}}$$

$$= 0{,}3.\sqrt{35}.300.709.\sqrt{1+\frac{0{,}3.49621{,}649}{300.750}} = 389793{,}3\ N$$

Pakai Vc yang terkecil ⟶ Vc = 209399 N

Vs = Vn - Vc = 479381,7 - 209399 = 269982,739 N

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy.d} = \frac{269982{,}739}{400.709} = 0{,}95198\ \text{mm/dua kaki}$$

* Merencanakan sengkang tertutup gabungan untuk torsi dan geser :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 2.(0{,}55805) + 0{,}95198 = 2{,}06808\ \text{mm}$$

$$s = \frac{A_{sk}}{A_{vt}/s} = \frac{157{,}0796}{2{,}06808} = 75{,}95\ \text{mm}$$

sedangkan spasi (S Max) maksimum ijin : 1/4.(x1 + y1) = ¼.(250 + 700) = 237,5 mm > s = 75,95 mm, maka digunakan tulangan sengkang tertutup dengan spasi = 75,0 mm.

Luas sengkang minimum perlu = bw.s/3fy = 300.75 / (3.400) = 18,75 mm^2 < luas sengkang terpasang = 157,0796 mm^2 OKE...!

* Merencanakan tulangan torsi memanjang :

$$A_l = \frac{2.At}{s}(x_1 + y_1) = 2.0{,}55805.(250 + 700) = 1060{,}29081\ mm^2$$

atau

$b_w s/3f_y = 18,75\ mm^2 < 2.At = 2.0,55805.75 = 83,707\ mm^2$; dipakai yang besar yaitu 83,707 mm^2.

$$A_l = \left\{ \frac{2,8.x.s}{f_y} \left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}} \right] - 2A_t \right\} \frac{x_1 + y_1}{s}$$

$$\left\{ \frac{2,8.300.75}{400} \left(\frac{47856452}{47856452 + \frac{287629,0445}{3.0,003151}} \right) - 83,707 \right\} \frac{250 + 700}{210}$$

$= 159,3104\ mm^2$

sehingga dipakai $A_l = 1060,29081\ mm^2$.

Luas A_l didistribusikan merata ke empat sisi penampang dengan jarak spasi tidak melebihi 300 mm.

Σ As tumpuan = $1/4.A_l + A_s$ = ¼. 1060,29081 + 1520,53 = 1785,6027 mm^2 digunakan 5D22 (As = 1900,66195 mm^2) untuk sisi bawah serta ¼.Al = 265,0727 mm^2 dipakai tulangan 1D19 (As = 283,5285 mm^2) untuk masing - masing sisi samping dan atas.

c.2 Hitungan Bagian Lapangan :

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 300^2.750 = 67500000\ mm^3$

$\phi\ (1/24.\sqrt{fc'})\ \Sigma x^2y = 0,6\ (1/24.\sqrt{35}).67500000 = 9983384,63$ Nmm

9983384,63 Nmm < Tu = 47856452 Nmm → efek torsi diperhitungkan.

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana $Tn = Tu/\phi = 47856452 / 0,6 = 79760753,3$ Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2 y} = \frac{300.709}{67500000} = 0,003151 / mm$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2 y}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4Vu}{Ct.Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{35}\right)67500000}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4.279489,525}{0,003151.47856452}\right)^2}} = 21386388,86 \text{ Nmm}$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

$Ts = Tn - Tc = 79760753,3 - 21386388,86 = 58374364,5$ Nmm

Menggunakan selimut beton pb = 20 mm, dan diameter tulangan sengkang D10

$x1 = h - 2.(pb + D/2) = 300 - 2.(20 + 10/2) = 250$ mm

$y1 = bw - 2.(pb + D/2) = 750 - 2\ (20 + 10/2) = 700$ mm

$\alpha t = 1/3.(2 + y1/x1) = 1/3.(2 + 700/250) = 1,6 > 1,5$ Pakai nilai 1,5

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha 1.x1.fy} = \frac{58374364,5}{1,5.250.400} = 0,5559 \text{ mm/satu kaki}$$

* Merencanakan sengkang geser :

$$Mm = Mu - Nu.\frac{(4h-d)}{8} = 126505782 - 49621,649\frac{(4.750-709)}{8}$$

$$= 112295385 \text{ Nmm}$$

$$\rho_w = \frac{As}{b_w.d} = \frac{1520,53}{300.709} = 0,0071487$$

$$Vc = \left[\left(\sqrt{fc'} + 120.\rho_w.\frac{Vu.d}{Mm}\right)/7\right].b_w.d$$

$$= \left[\left(\sqrt{35} + 120.0{,}0071487.\frac{279489{,}525.709}{112295385}\right)/7\right].300.709 = 225761{,}2 \text{ N}$$

atau

$$Vc = 0{,}3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1+\frac{0{,}3.Nu}{Ag}}$$

$$= 0{,}3.\sqrt{35}.300.709.\sqrt{1+\frac{0{,}3.49621{,}649}{300.750}} = 389793{,}3 \text{ N}$$

Pakai Vc yang terkecil ⟶ Vc = 225761,2 N

Vs = Vn - Vc = 465815,9 - 225761,2 = 240054,7 N

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy.d} = \frac{240054{,}7}{400.709} = 0{,}84645 \text{ mm/dua kaki}$$

* Merencanakan sengkang tertutup gabungan untuk torsi dan geser :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 2.(0{,}55594) + 0{,}84645 = 1{,}95839 \text{ mm}$$

$$s = \frac{A_{sk}}{A_{vt}/s} = \frac{157{,}0796}{1{,}95839} = 80{,}21 \text{ mm}$$

sedangkan spasi (S Max) maksimum ijin : 1/4.(x1 + y1) = ¼.(250 + 700) = 237,5 mm > s = 80,21 mm, maka digunakan tulangan sengkang tertutup dengan spasi = 80,0 mm.

Luas sengkang minimum perlu = bw.s/3fy = 300.80 / (3.400) = 20 mm^2 < luas sengkang terpasang = 157,0796 mm^2 OKE...!

* Merencanakan tulangan torsi memanjang :

$$A_l = \frac{2.At}{s}(x_1 + y_1) = 2.0{,}55594.(250 + 700) = 1056{,}298 \text{ mm}^2$$

atau

$b_w s/3f_y = 20{,}0 \text{ mm}^2 < 2.At = 2.0{,}55594.80 = 88{,}9514 \text{ mm}^2$; dipakai yang besar yaitu 88,9514 mm^2.

$$A_l = \left\{\frac{2{,}8.x.s}{f_y}\left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}}\right] - 2A_t\right\}\frac{x_1 + y_1}{s}$$

$$\left\{\frac{2{,}8.300.80}{400}\left(\frac{47856452}{47856452 + \frac{287629{,}0445}{3.0{,}003151}}\right) - 88{,}9514\right\}\frac{250 + 700}{210}$$

$= 176{,}8666 \text{ mm}^2$

sehingga dipakai $A_l = 1056{,}29802 \text{ mm}^2$.

Luas A_l didistribusikan merata ke empat sisi penampang dengan jarak spasi tidak melebihi 300 mm.

Σ As tumpuan = $1/4.A_l + A_s = ¼.\ 1056{,}29802 + 1520{,}53 = 1784{,}6045 \text{ mm}^2$ digunakan 5D22 (As = 1900,66195 mm^2) untuk sisi bawah serta ¼.Al = 264,0745 mm^2 dipakai tulangan 1D19 (As = 283,5285 mm^2) untuk masing - masing sisi samping dan atas.

4.6.6 Perhitungan Dimensi Balok as B2-C2, as B3-C3, as B4-C4, as B5-C5 (Material 6)

Data Balok :

fc' = 35 Mpa ; fy = 400 MPa

h = 850 mm ; b = 300 mm

Penutup beton = 20 mm

Dipakai tulangan pokok ∅22 mm dan dipakai sengkang ∅10 mm

d = 809 mm ; d' =41 mm ; β= 0,85 - 0,008(fc' - 30) = 0,81

Data Beban : dari hasil analisis struktur dengan memakai program SAP90 didapat :

Mu tumpuan = 13,18 tm = $1,29.10^8$ Nmm

Mu lapangan = 7,74 tm = $7,59.10^7$ Nmm

a) Perhitungan tulangan tumpuan

* Dipakai tulangan tumpuan tarik 4∅22 sehingga As = ¼.π.22^2.4 = 1520,53 mm^2 dan tulangan tumpuan tekan 2∅19 sehingga As' = ¼.π.19^2.2 = 567,057 mm^2.

ρ = As / b.d = 1520,53 / (300 .809) = 0,006265

ρ' = As'/ bd = 567,057 / (300. 809) = 0,002336

ρ_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400 = 0,0035 lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85.fc'.\beta_1.d'}{fy.d} \frac{600}{600 - fy}$$

$$0{,}006265 \le \frac{0{,}85.\ 35.0{,}81.41}{400.809} \quad \frac{600}{600 - 400} = 0{,}00916$$

Karena 0,006265 ≤ 0,00916 maka fs' dicari dengan rumus :

$$fs' = 600\left[1-\frac{0{,}85.\,fc'.\,\beta_1.\,d'}{(\rho - \rho').\,fy.\,d}\right] = 600\left[1-\frac{0{,}85.35.0{,}81.41}{(0{,}006265-0{,}002336).400.809}\right]$$

$$= 133{,}7525 \text{ MPa}$$

$$\rho_b = \left[\beta_1 \frac{0{,}85.\,fc'.}{fy} \frac{600}{600+fy}\right] = \left[0{,}81\frac{0{,}85.35}{400}\frac{600}{600+400}\right] = 0{,}036146$$

$$\rho \le 0{,}75\rho_b + \frac{\rho'.\,fs'}{fy}$$

$$0{,}006265 \le 0{,}75.0{,}036146 + \frac{0{,}002336.133{,}7525}{400} = 0{,}02789 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0{,}85.fc'.b} = \frac{1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}7525}{0{,}85.35.300} = 59{,}65189 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[\left(As.fy - As'.fs'\right)\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0{,}8\left[\begin{array}{l}\left(1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}7525\right)\left(809 - \dfrac{59{,}65189}{2}\right)\\ +567{,}057.133{,}7525.(809-41)\end{array}\right]$$

$Mu = 3{,}78.10^8$ N-mm > $Mr = 1{,}29.10^8$ N-mm Oke....!

b) Perhitungan tulangan lapangan

* Dipakai tulangan lapangan tarik 4∅22 sehingga $As = ¼.\pi.22^2.4 = 1520{,}53$ mm^2 dan tulangan lapangan tekan 2∅19 sehingga $As' = ¼.\pi.19^2.2 = 567{,}057$ mm^2.

$\rho = As / b.d = 1520,53 / (300 .809) = 0,006265$

$\rho' = As'/ bd = 567,057 / (300. 809) = 0,002336$

$\rho_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400 = 0,0035$ lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85.fc'.\beta_1.d'}{fy.d} \frac{600}{600 - fy}$$

$$0,006265 \leq \frac{0,85.35.0,81.41}{400.809} \frac{600}{600 - 400} = 0,00916$$

Karena $0,006265 \leq 0,00916$ maka fs' dicari dengan rumus :

$$fs' = 600\left[1 - \frac{0,85.fc'.\beta_1.d'}{(\rho - \rho').fy.d}\right] = 600\left[1 - \frac{0,85.35.0,81.41}{(0,006265 - 0,002336).400.809}\right]$$

$= 133,7525$ MPa

$$\rho_b = \left[\beta_1 \frac{0,85.fc'}{fy} \frac{600}{600 + fy}\right] = \left[0,81 \frac{0,85.35}{400} \frac{600}{600 + 400}\right] = 0,036146$$

$$\rho \leq 0,75\rho_b + \frac{\rho'.fs'}{fy}$$

$$0,006265 \leq 0,75.0,036146 + \frac{0,002336.133,7525}{400} = 0,02789 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0,85.fc'.b} = \frac{1520,53.400 - 567,057.133,7525}{0,85.35.300} = 59,65189 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[(As.fy - As'.fs')\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0,8\left[\begin{array}{l}(1520,53.400 - 567,057.133,7525)\left(809 - \frac{59,65189}{2}\right) \\ + 567,057.133,7525.(809 - 41)\end{array}\right]$$

$Mu = 3{,}78.10^8$ N-mm > $Mr = 0{,}76.10^8$ N-mm Oke....!

c) Perhitungan tulangan geser dan torsi Material 6 Tumpuan

Data tampang :

bw = 300 mm, h = 850 mm, d' = 41 mm, d = 809 mm

Diameter sengkang = 10 mm ; Ask = 157,0796 mm^2

Luas tulangan pokok As = 1520,53 mm^2

f_c' = 35 MPa

f_y = 400 MPa

Data beban :

Gaya geser (V_u) tump.	=	142000,292	N
Gaya geser (Vu) lap.	=	134351,105	N
Axial Torsi (T_u)	=	38932400,5	Nmm
Momen (Mu) tump.	=	129251647	Nmm
Momen (Mu) lap.	=	75903471	Nmm
Gaya aksial (Nu)	=	417567,157	N

c.1 Hitungan Bagian Tumpuan :

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 300^2.850 = 76500000$ mm^3

$\phi\ (1/24.\sqrt{fc'})\ \Sigma x^2y = 0{,}6\ (1/24.\sqrt{35}).76500000 = 11314502{,}6$ Nmm

11314502,6 Nmm < Tu = 38932400,5 Nmm → efek torsi diperhitungkan.

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana $Tn = Tu/\phi = 38932400{,}5 / 0{,}6 = 64887334{,}2$ Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2y} = \frac{300.809}{76500000} = 0{,}003172 / mm$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2y}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4Vu}{Ct.Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{35}\right)76500000}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4.142000{,}292}{0{,}003172.38932400{,}5}\right)^2}} = 27412392{,}22 \text{ Nmm}$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

Ts = Tn - Tc = 64887334,2 - 27412392,22 = 37474941,9 Nmm

Menggunakan selimut beton pb = 20 mm, dan diameter tulangan sengkang D10

x1 = h - 2.(pb + D/2) = 300 - 2.(20 +10/2) = 250 mm

y1 = bw - 2.(pb + D/2) = 850 - 2 (20 + 10/2) = 800 mm

αt = 1/3.(2 + y1/x1) = 1/3.(2 + 800/250) = 1,7333 > 1,5 Pakai nilai 1,5

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha 1.x1.fy} = \frac{37474941{,}9}{1{,}5.250.400} = 0{,}3123 \text{ mm/satu kaki}$$

* Merencanakan sengkang geser :

$$Mm = Mu - Nu.\frac{(4h-d)}{8} = 129251647 - 417567{,}157\frac{(4.850-809)}{8}$$

$$= -5987916 \text{ Nmm}$$

Karena Mm bernilai negatif maka Vc dihitung dengan

$$Vc = 0{,}3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1+\frac{0{,}3.Nu}{Ag}}$$

$$= 0{,}3.\sqrt{35}.300.809.\sqrt{1+\frac{0{,}3.417567{,}157}{300.850}} = 526018{,}6 \text{ N}$$

Vs = Vn - Vc = 236667,2 - 526018,6 = - 289351,42 N

Karena nilai Vs negatif maka langsung dipakai S max sebesar :

S maksimum ijin : 1/4.(x1 + y1) = ¼.(250 + 800) = 262,5 mm maka digunakan tulangan sengkang tertutup dengan spasi = 260 mm.

Luas sengkang minimum perlu = bw.s/3fy = 300.260 / (3.400) = 65 mm^2 < luas sengkang terpasang = 157,0796 mm^2 OKE...!

* Merencanakan tulangan torsi memanjang :

$$A_l = \frac{2.At}{s}(x_1 + y_1) = 2.0{,}3123.(250 + 800) = 655{,}8115 \text{ mm}^2$$

atau

$b_w s/3f_y = 65 \text{ mm}^2 < 2.At = 2.0{,}3123.260 = 162{,}3914 \text{ mm}^2$; dipakai yang besar yaitu 162,3914 mm^2.

$$A_l = \left\{ \frac{2{,}8.x.s}{f_y} \left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}} \right] - 2A_t \right\} \frac{x_1 + y_1}{s}$$

$$\left\{ \frac{2{,}8.300.260}{400} \left(\frac{38932400{,}5}{38932400{,}5 + \frac{142000{,}292}{3.0{,}003123}} \right) - 162{,}3914 \right\} \frac{250 + 800}{260}$$

= 938,2947 mm^2

sehingga dipakai A_l = 938,2947 mm^2.

Luas A_l didistribusikan merata ke empat sisi penampang dengan jarak spasi tidak melebihi 300 mm.

Σ As tumpuan = 1/4.A_l + A_s = ¼. 938,2947 + 1520,53 = 1755,10368 mm^2 digunakan 5D22 (As = 1900,66195 mm^2) untuk sisi bawah serta ¼.Al = 234,5737 mm^2 dipakai tulangan 1D19 (As = 283,5285 mm^2) untuk masing - masing sisi samping dan atas.

c.2 Hitungan Bagian Lapangan :

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 300^2.850 = 76500000\ mm^3$

$\phi\ (1/24.\sqrt{fc'})\ \Sigma x^2y = 0,6\ (1/24.\sqrt{35}).76500000 = 11314502,6$ Nmm

11314502,6 Nmm < Tu = 38932400,5 Nmm → efek torsi diperhitungkan.

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana Tn = Tu/ϕ = 38932400,5 / 0,6 = 64887334,2 Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2y} = \frac{300.809}{76500000} = 0,003172 / mm$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2y}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4Vu}{Ct.Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{35}\right)76500000}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4.134351,105}{0,003172.38932400,5}\right)^2}} = 27666706,92 \text{ Nmm}$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

Ts = Tn - Tc = 64887334,2 - 27666706,92 = 37220627,2 Nmm

Menggunakan selimut beton pb = 20 mm, dan diameter tulangan sengkang D10

x1 = h - 2.(pb + D/2) = 300 - 2.(20 +10/2) = 250 mm

y1 = bw - 2.(pb + D/2) = 850 - 2 (20 + 10/2) = 800 mm

$\alpha t = 1/3.(2 + y1/x1) = 1/3.(2 + 800/250) = 1,7333 > 1,5$ Pakai nilai 1,5

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha 1.x1.fy} = \frac{37220627,2}{1,5.250.400} = 0,3102 \text{ mm/satu kaki}$$

* Merencanakan sengkang geser :

$$Mm = Mu - Nu.\frac{(4h - d)}{8} = 75903471 - 417567,157\frac{(4.850 - 809)}{8}$$

$$= -59336092 \text{ Nmm}$$

Karena Mm bernilai negatif maka Vc dihitung dengan

$$Vc = 0,3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1 + \frac{0,3.Nu}{Ag}}$$

$$= 0,3.\sqrt{35}.300.809.\sqrt{1 + \frac{0,3.417567,157}{300.850}} = 526018,6 \text{ N}$$

$Vs = Vn - Vc = 223918,5 - 526018,6 = -302100,07$ N

Karena nilai Vs negatif maka langsung dipakai S max sebesar :

S maksimum ijin : $1/4.(x1 + y1) = ¼.(250 + 800) = 262,5$ mm maka digunakan tulangan sengkang tertutup dengan spasi = 260 mm.

Luas sengkang minimum perlu = $bw.s/3fy = 300.260 / (3.400) = 65 \text{ mm}^2$ < luas sengkang terpasang = 157,0796 mm^2 OKE...!

* Merencanakan tulangan torsi memanjang :

$$A_l = \frac{2.At}{s}(x_1 + y_1) = 2.0,3102.(250 + 800) = 651,3609 \text{ mm}^2$$

atau

$b_w s/3f_y = 65\ mm^2 < 2.At = 2.0,3102.260 = 161,2894\ mm^2$; dipakai yang besar yaitu 161,2894 mm^2.

$$A_l = \left\{ \frac{2,8.x.s}{f_y} \left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}} \right] - 2A_t \right\} \frac{x_1 + y_1}{s}$$

$$\left\{ \frac{2,8.300.260}{400} \left(\frac{38932400,5}{38932400,5 + \frac{134351,105}{3.0,003172}} \right) - 161,2893 \right\} \frac{250 + 800}{260}$$

$= 966,896\ mm^2$

sehingga dipakai $A_l = 966,896\ mm^2$.

Luas A_l didistribusikan merata ke empat sisi penampang dengan jarak spasi tidak melebihi 300 mm.

Σ As tumpuan = $1/4.A_l + A_s = ¼.\ 966,896 + 1520,53 = 1762,254\ mm^2$ digunakan 5D22 (As = 1900,66195 mm^2) untuk sisi bawah serta ¼.Al = 241,7239 mm^2 dipakai tulangan 1D19 (As = 283,5285 mm^2) untuk masing - masing sisi samping dan atas.

4.6.7 Perhitungan Dimensi Balok as A2-B2, as A3-B3, as A4-B4, as A5-B5 (Material 7)

Data Balok :

fc' = 35 Mpa ; fy = 400 MPa

h = 700 mm ; b = 300 mm

Penutup beton = 20 mm

Dipakai tulangan pokok ∅22 mm dan dipakai sengkang ∅10 mm

d = 659 mm ; d' =41 mm ; β= 0,85 - 0,008(fc' - 30) = 0,81

Data Beban : dari hasil analisis struktur dengan memakai program SAP90 didapat :

Mu tumpuan = 20,46 tm = $2,01.10^8$ Nmm

Mu lapangan = 4,13 tm = $4,05.10^7$ Nmm

a) Perhitungan tulangan tumpuan

* Dipakai tulangan tumpuan tarik 4∅22 sehingga As = ¼.π.22^2.4 = 1520,53 mm^2 dan tulangan tumpuan tekan 2∅19 sehingga As' = ¼.π.19^2.2 = 567,057 mm^2.

ρ = As / b.d = 1520,53 / (300 .659) = 0,007687

ρ' = As'/ bd = 567,057 / (300. 659) = 0,002868

ρ_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400 = 0,0035 lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85.fc'.\beta_1.d'}{fy.d} \frac{600}{600 - fy}$$

$$0,007687 \leq \frac{0,85.35.0,81.41}{400.659} \frac{600}{600 - 400} = 0,011244$$

Karena 0,007687 ≤ 0,011244 maka fs' dicari dengan rumus :

$$fs' = 600\left[1 - \frac{0,85.fc'.\beta_1.d'}{(\rho - \rho').fy.d}\right] = 600\left[1 - \frac{0,85.35.0,81.41}{(0,007687 - 0,002868).400.659}\right]$$

= 133,3290 MPa

$$\rho_b = \left[\beta_1 \frac{0,85.fc'.}{fy} \frac{600}{600 + fy}\right] = \left[0,81 \frac{0,85.35}{400} \frac{600}{600 + 400}\right] = 0,036146$$

$$\rho \le 0{,}75\rho_b + \frac{\rho'.fs'}{fy}$$

$$0{,}007687 \le 0{,}75.0{,}036146 + \frac{0{,}002868.133{,}32}{400} = 0{,}02806 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0{,}85.fc'.b} = \frac{1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}329}{0{,}85.35.300} = 59{,}64133 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[(As.fy - As'.fs')\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0{,}8\left[\begin{matrix}(1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}3290)\left(659 - \frac{59{,}64133}{2}\right)\\ +567{,}057.133{,}3290.(659 - 41)\end{matrix}\right]$$

$Mu = 3{,}05.10^8$ N-mm > $Mr = 1{,}05.10^8$ N-mm Oke....!

b) Perhitungan tulangan lapangan

* Dipakai tulangan lapangan tarik 4∅22 sehingga $As = ¼.\pi.22^2.4 = 1520{,}53$ mm^2 dan tulangan lapangan tekan 2∅19 sehingga $As' = ¼.\pi.19^2.2 = 567{,}057$ mm^2.

  $\rho = As / b.d = 1520{,}53 / (300 .659) = 0{,}007687$

  $\rho' = As'/ bd = 567{,}057 / (300. 659) = 0{,}002868$

  $\rho_{min} = 1{,}4 / fy = 1{,}4 / 400 = 0{,}0035$ lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup

$$\rho - \rho' \ge \frac{0{,}85.fc'.\beta_1.d'}{fy.d}\ \frac{600}{600 - fy}$$

$$0{,}007687 \le \frac{0{,}85.35.0{,}81.41}{400.659}\ \frac{600}{600 - 400} = 0{,}011244$$

Karena $0{,}007687 \le 0{,}011244$ maka fs' dicari dengan rumus :

$$\rho \le 0{,}75\rho_b + \frac{\rho'.fs'}{fy}$$

$$0{,}007687 \le 0{,}75.0{,}036146 + \frac{0{,}002868.133{,}32}{400} = 0{,}02806 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0{,}85.fc'.b} = \frac{1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}329}{0{,}85.35.300} = 59{,}64133 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[(As.fy - As'.fs')\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0{,}8\left[\begin{array}{l}(1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}3290)\left(659 - \dfrac{59{,}64133}{2}\right)\\ +567{,}057.133{,}3290.(659 - 41)\end{array}\right]$$

$Mu = 3{,}05.10^8$ N-mm > $Mr = 1{,}05.10^8$ N-mm Oke....!

b) Perhitungan tulangan lapangan

* Dipakai tulangan lapangan tarik 4∅22 sehingga As = ¼.π.22^2.4 = 1520,53 mm^2 dan tulangan lapangan tekan 2∅19 sehingga As' = ¼.π.19^2.2 = 567,057 mm^2.

$\rho = As / b.d = 1520{,}53 / (300 .659) = 0{,}007687$

$\rho' = As'/ bd = 567{,}057 / (300. 659) = 0{,}002868$

$\rho_{min} = 1{,}4 / fy = 1{,}4 / 400 = 0{,}0035$ lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup

$$\rho - \rho' \ge \frac{0{,}85.fc'.\beta_1.d'}{fy.d}\ \frac{600}{600 - fy}$$

$$0{,}007687 \le \frac{0{,}85.35.0{,}81.41}{400.659}\ \frac{600}{600 - 400} = 0{,}011244$$

Karena 0,007687 ≤ 0,011244 maka fs' dicari dengan rumus :

$$fs' = 600\left[1-\frac{0{,}85.fc'.\beta_1.d'}{(\rho - \rho').fy.d}\right] = 600\left[1-\frac{0{,}85.35.0{,}81.41}{(0{,}007687-0{,}002868).400.659}\right]$$

$$= 133{,}3290 \text{ MPa}$$

$$\rho_b = \left[\beta_1 \frac{0{,}85.fc'.}{fy}\frac{600}{600+fy}\right] = \left[0{,}81\frac{0{,}85.35}{400}\frac{600}{600+400}\right] = 0{,}036146$$

$$\rho \le 0{,}75\rho_b + \frac{\rho'.fs'}{fy}$$

$$0{,}007687 \le 0{,}75.0{,}036146 + \frac{0{,}002868.133{,}3290}{400} = 0{,}02806 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0{,}85.fc'.b} = \frac{1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}329}{0{,}85.35.300} = 59{,}64133 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[(As.fy - As'.fs')\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0{,}8\left[\begin{array}{l}(1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}3290)\left(659 - \dfrac{59{,}64133}{2}\right)\\ +567{,}057.133{,}3290.(659-41)\end{array}\right]$$

$Mu = 3{,}05.10^8$ N-mm $>$ $Mr = 2{,}65.10^7$ N-mm Oke....!

c) Hitungan tulangan geser dan torsi Material 7

Data tampang :

bw = 300 mm, h = 700 mm, d' = 41 mm, d = 659 mm

Diameter sengkang = 10 mm ; Ask = 157,0796 mm^2

Luas tulangan pokok As = 1520,53 mm^2

f_c' = 35 MPa

f_y = 400 MPa

Data beban :

Gaya geser (V_u) tump.	=	125034,7875	N
Gaya geser (Vu) lap.	=	94143,84	N
Axial Torsi (T_u)	=	27066354	Nmm
Momen (Mu) tump.	=	200644059	Nmm
Momen (Mu) lap.	=	40501464,5	Nmm
Gaya aksial (Nu)	=	181324,9585	N

c.1 Hitungan Bagian Tumpuan :

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 300^2.700 = 63000000\ mm^3$

$\phi\ (1/24.\sqrt{fc'})\ \Sigma x^2y = 0,6\ (1/24.\sqrt{35}).63000000 = 9317825,66$ Nmm

9317825,66 Nmm < Tu = 27066354 Nmm → efek torsi diperhitungkan.

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana $Tn = Tu/\phi = 27066354 / 0,6 = 45110590$ Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2y} = \frac{300.659}{63000000} = 0,0031381 / mm$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2y}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4Vu}{Ct.Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{35}\right)63000000}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4.125034,7875}{0,0031381.27066354}\right)^2}} = 21411309,77 \text{ Nmm}$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

Ts = Tn - Tc = 45110590 - 21411309,77 = 23699280,2 Nmm

Menggunakan selimut beton pb = 20 mm, dan diameter tulangan sengkang D10

$x1 = bw - 2.(pb + D/2) = 300 - 2.(20 + 10/2) = 250$ mm

$y1 = h - 2.(pb + D/2) = 700 - 2\,(20 + 10/2) = 650$ mm

$\alpha t = 1/3.(2 + y1/x1) = 1/3.(2 + 650/250) = 1{,}5333 > 1{,}5$ maka dipakai 1,5

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha 1.x1.fy} = \frac{23699280{,}2}{1{,}5.250.400} = 0{,}24306954 \text{ mm/satu kaki}$$

* Merencanakan sengkang geser :

$$Mm = Mu - Nu.\frac{(4h-d)}{8} = 1200644059 - 181324{,}9585\frac{(4.700-659)}{8}$$

$$= 152116967 \text{ Nmm}$$

$$\rho_w = \frac{As}{b_w.d} = \frac{1520{,}53}{300.659} = 0{,}0076911$$

$$Vc = \left[\left(\sqrt{fc'} + 120.\rho_w.\frac{Vu.d}{Mm}\right)/7\right].b_w.d$$

$$= \left[\left(\sqrt{35} + 120.0{,}0076911.\frac{125034{,}7875.659}{152116967}\right)/7\right].300.659 = 181206{,}4 \text{ N}$$

atau

$$Vc = 0{,}3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1 + \frac{0{,}3.Nu}{Ag}}$$

$$= 0{,}3.\sqrt{35}.300.659.\sqrt{1 + \frac{0{,}3.181324{,}9585}{300.700}} = 393714{,}1 \text{ N}$$

Pakai Vc yang terkecil ⟶ $Vc = 181206{,}4$ N

$Vs = Vn - Vc = 208391{,}3 - 181206{,}4 = 27184{,}9$ N

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy.d} = \frac{27184,9}{400.659} = 0,1031 \text{ mm/dua kaki}$$

* Merencanakan sengkang tertutup gabungan untuk torsi dan geser :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 2.(0,24306954) + 0,1031 = 0,5893 \text{ mm}$$

$$s = \frac{A_{sk}}{A_{vt}/s} = \frac{157,0796}{0,5893} = 266,5671 \text{ mm}$$

sedangkan spasi (S Max) maksimum ijin : 1/4.(x1 + y1) = ¼.(250 + 650) = 225 mm < s = 266,5671 mm ; maka digunakan tulangan sengkang tertutup dengan spasi s = 220 mm.

Luas sengkang minimum perlu = bw.s/3fy = 300.220 / (3.400) = 55 mm^2 < luas sengkang terpasang = 157,0796 mm^2 OKE...!

* Merencanakan tulangan torsi memanjang :

$$A_l = \frac{2.At}{s} (x_1 + y_1) = 2.0,24305954.(250 + 650) = 437,525174 \text{ mm}^2$$

atau

$b_w s/3f_y = 55 \text{ mm}^2 < 2.At = 2.0,24306954.220 = 106,950598 \text{ mm}^2$; dipakai yang besar yaitu 106,950598 mm^2.

$$A_l = \left\{ \frac{2,8.x.s}{f_y} \left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}} \right] - 2A_t \right\} \frac{x_1 + y_1}{s}$$

$$\left\{\frac{2,8.300.220}{400}\left(\frac{27066354}{27066354+\frac{125034,7875}{3.0,0031381}}\right)-106,950598\right\}\frac{250+650}{220}$$

$= 830,3378 \text{ mm}^2$

sehingga dipakai $A_l = 830,3378 \text{ mm}^2$.

Luas A_l didistribusikan merata ke empat sisi penampang dengan jarak spasi tidak melebihi 300 mm.

Σ As tumpuan = $1/4.A_l + A_s = ¼.\ 830,3378 + 1520,53 = 1728,1145 \text{ mm}^2$ digunakan 5D22 (As = 1900,66195 mm^2) untuk sisi bawah, serta ¼.Al = 207,5845 mm^2 dipakai tulangan 1D19 (As = 283,5285 mm^2) untuk masing - masing sisi samping dan bawah.

c.2 Hitungan Bagian Lapangan :

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 300^2.700 = 63000000 \text{ mm}^3$

$\phi\ (1/24.\sqrt{fc'})\ \Sigma x^2y = 0,6\ (1/24.\sqrt{35}).63000000 = 9317825,66$ Nmm

9317825,66 Nmm < Tu = 27066354 Nmm → efek torsi diperhitungkan.

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana Tn = Tu/ϕ = 27066354 / 0,6 = 45110590 Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2y} = \frac{300.659}{63000000} = 0,0031381 / \text{mm}$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\sum x^2 y}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4Vu}{Ct.Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{35}\right)63000000}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4.94143{,}84}{0{,}0031381.27066354}\right)^2}} = 22715101{,}62 \text{ Nmm}$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

Ts = Tn - Tc = 45110590 - 22715101,62 = 22395488,4 Nmm

Menggunakan selimut beton pb = 20 mm, dan diameter tulangan sengkang D10

x1 = bw - 2.(pb + D/2) = 300 - 2.(20 +10/2) = 250 mm

y1 = h - 2.(pb + D/2) = 700 - 2 (20 + 10/2) = 650 mm

αt = 1/3.(2 + y1/x1) = 1/3.(2 + 650/250) = 1,1533 > 1,5 maka dipakai 1,5

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha 1.x1.fy} = \frac{22395488{,}4}{1{,}5.250.400} = 0{,}229697 \text{ mm/satu kaki}$$

* Merencanakan sengkang geser :

$$Mm = Mu - Nu.\frac{(4h-d)}{8} = 40501464{,}5 - 181324{,}9585\frac{(4.700-659)}{8}$$

$$= -8025627{,}5 \text{Nmm}$$

karena Mm berharga negatif maka dipakai Vc :

$$Vc = 0{,}3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1+\frac{0{,}3.Nu}{Ag}}$$

$$= 0{,}3.\sqrt{35}.300.659.\sqrt{1+\frac{0{,}3.181324{,}9585}{300.700}} = 393714{,}1 \text{ N}$$

Vs = Vn - Vc = 156906,54 - 181206,4 = -236807,69 N

karena Vs berharga negatif maka dipakai jarak sengkang yang maksimal yaitu:

S max = 1/4.(X1 + Y1) = 1/4.(250 + 650) = 225 mm (diambil S = 220

* Merencanakan tulangan torsi memanjang :

$$A_l = \frac{2.At}{s}(x_1 + y_1) = 2.0{,}22969732.(250 + 650) = 413{,}45517 \text{ mm}^2$$

atau

$b_w s/3f_y = 55 \text{ mm}^2 < 2.At = 2.0{,}22969732.220 = 101{,}0668194 \text{ mm}^2$;

dipakai yang besar yaitu 101,0668194 mm^2.

$$A_l = \left\{ \frac{2{,}8.x.s}{f_y} \left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}} \right] - 2A_t \right\} \frac{x_1 + y_1}{s}$$

$$\left\{ \frac{2{,}8.300.220}{400} \left(\frac{27066354}{27066354 + \frac{94143{,}84}{3.0{,}0031381}} \right) - 101{,}0668194 \right\} \frac{250 + 650}{220}$$

$= 966{,}6446 \text{ mm}^2$

sehingga dipakai $A_l = 966{,}6446 \text{ mm}^2$.

Luas A_l didistribusikan merata ke empat sisi penampang dengan jarak spasi tidak melebihi 300 mm.

Σ As lapangan = $1/4.A_l + A_s$ = ¼. 966,6446 + 1520,53 = 1762,19114 mm^2 digunakan 5D22 (As = 1900,66195 mm^2) untuk sisi bawah, serta ¼.Al = 241,6611 mm^2 dipakai tulangan 1D19 (As = 283,5285 mm^2) untuk masing - masing sisi samping dan bawah.

4.6.8 Perhitungan Dimensi Balok as B1-B5, as C2-C5, as E2-E5 (Material 8)

Data Balok :

fc' = 35 Mpa ; fy = 400 MPa

h = 600 mm ; b = 300 mm

Penutup beton = 20 mm

Dipakai tulangan pokok ∅22 mm dan dipakai sengkang ∅10 mm

d = 559 mm ; d' =41 mm ; β= 0,85 - 0,008(fc' - 30) = 0,81

Data Beban : dari hasil analisis struktur dengan memakai program SAP90 didapat :

Mu tumpuan = 6,63 tm = $6,5.10^7$ Nmm

Mu lapangan = 10,29 tm = $1,01.10^8$ Nmm

a) Perhitungan tulangan tumpuan

* Dipakai tulangan tumpuan tarik 4∅22 sehingga As = ¼.π.22^2.4 = 1520,53 mm^2 dan tulangan tumpuan tekan 2∅19 sehingga As' = ¼.π.19^2.2 = 567,057 mm^2.

ρ = As / b.d = 1520,53 / (300 .559) = 0,009062

ρ' = As'/ bd = 567,057 / (300. 559) = 0,003381

ρ_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400 = 0,0035 lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85.fc'.\beta_1.d'}{fy.d} \frac{600}{600 - fy}$$

$$0,005681 \leq \frac{0,85.35.0,81.41}{400.559} \frac{600}{600 - 400} = 0,013256$$

Karena 0,005681 ≤ 0,013256 maka fs' dicari dengan rumus :

$$fs' = 600\left[1-\frac{0{,}85.fc'.\beta_1.d'}{(\rho - \rho').fy.d}\right] = 600\left[1-\frac{0{,}85.35.0{,}81.41}{(0{,}009062-0{,}003381).400.559}\right]$$

$$= 133{,}3290 \text{ MPa}$$

$$\rho_b = \left[\beta_1 \frac{0{,}85.fc'.}{fy}\frac{600}{600+fy}\right] = \left[0{,}81\frac{0{,}85.35}{400}\frac{600}{600+400}\right] = 0{,}036146$$

$$\rho \le 0{,}75\rho_b + \frac{\rho'.fs'}{fy}$$

$$0{,}009062 \le 0{,}75.0{,}036146 + \frac{0{,}003381.133{,}329}{400} = 0{,}02824 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0{,}85.fc'.b} = \frac{1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}329}{0{,}85.35.300} = 59{,}64133 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[(As.fy - As'.fs')\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0{,}8\left[\begin{matrix}(1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}3290)\left(559 - \frac{59{,}64133}{2}\right)\\ +567{,}057.133{,}3290.(559-41)\end{matrix}\right]$$

$Mu = 2{,}57.10^8$ N-mm > $Mr = 0{,}65.10^8$ N-mm Oke....!

b) Perhitungan tulangan lapangan

* Dipakai tulangan lapangan tarik 4∅22 sehingga As = ¼.π.22^2.4 = 1520,53 mm^2 dan tulangan lapangan tekan 2∅19 sehingga As' = ¼.π.19^2.2 = 567,057 mm^2.

ρ = As / b.d = 1520,53 / (300 .559) = 0,009062

ρ' = As'/ bd = 567,057 / (300. 559) = 0,003381

ρ_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400 = 0,0035 lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup

$$\rho - \rho' \geq \frac{0{,}85.fc'.\beta_1.d'}{fy.d} \frac{600}{600 - fy}$$

$$0{,}005681 \leq \frac{0{,}85.35.0{,}81.41}{400.559} \frac{600}{600 - 400} = 0{,}013256$$

Karena 0,005681 ≤ 0,013256 maka fs' dicari dengan rumus :

$$fs' = 600\left[1 - \frac{0{,}85.fc'.\beta_1.d'}{(\rho - \rho').fy.d}\right] = 600\left[1 - \frac{0{,}85.35.0{,}81.41}{(0{,}009062 - 0{,}003381).400.559}\right]$$

$$= 133{,}3290 \text{ MPa}$$

$$\rho_b = \left[\beta_1 \frac{0{,}85.fc'.}{fy} \frac{600}{600 + fy}\right] = \left[0{,}81 \frac{0{,}85.35}{400} \frac{600}{600 + 400}\right] = 0{,}036146$$

$$\rho \leq 0{,}75\rho_b + \frac{\rho'.fs'}{fy}$$

$$0{,}009062 \leq 0{,}75.0{,}036146 + \frac{0{,}003381.133{,}329}{400} = 0{,}02824 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0{,}85.fc'.b} = \frac{1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}329}{0{,}85.35.300} = 59{,}64133 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[(As.fy - As'.fs')\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0{,}8\left[\begin{array}{l}(1520{,}53.400 - 567{,}057.133{,}3290)\left(559 - \frac{59{,}64133}{2}\right) \\ + 567{,}057.133{,}3290.(559 - 41)\end{array}\right]$$

$Mu = 2{,}57.10^8$ N-mm > $Mr = 1{,}01.10^8$ N-mm Oke....!

c) Perhitungan tulangan geser dan torsi

Data tampang :

bw = 300 mm, h = 600 mm, d' = 41 mm, d = 559 mm

Diameter sengkang = 10 mm ; Ask = 157,0796 mm^2

Luas tulangan pokok As = 1520,53 mm^2

f_c' = 35 MPa

f_y = 400 MPa

Data beban :

Gaya geser (V_u) tump.	=	86788,8525	N
Gaya geser (Vu) lap.	=	65312,289	N
Axial Torsi (T_u)	=	1765197	Nmm
Momen (Mu) tump.	=	65018089,5	Nmm
Momen (Mu) lap.	=	100910428,5	Nmm
Gaya aksial (Nu)	=	80022,264	N

c.1 Hitungan Bagian Tumpuan :

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 300^2.600 = 54000000\ mm^3$

$\phi\ (1/24.\sqrt{fc'})\ \Sigma x^2y = 0,6\ (1/24.\sqrt{35}).54000000 = 7986707,71$ Nmm

7986707,71 Nmm > Tu = 1765197 Nmm → efek torsi dapat diabaikan

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana Tn = Tu/ϕ = 1765197 / 0,6 = 2941995 Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2y} = \frac{300.559}{54000000} = 0{,}003105 / mm$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2y}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4Vu}{Ct.Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{35}\right)54000000}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4.86788{,}8525}{0{,}003105.1765197}\right)^2}} = 3321978{,}466 \text{ Nmm}$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

Ts = Tn - Tc = 2941995 - 3321978,466 = - 379983,47 Nmm

Karena harga Ts negatif maka langsung diambil jarak sengkang maksimal (S max).

* Menggunakan selimut beton pb = 20 mm, dan diameter sengkang D10

x1 = bw - 2.(pb + D/2) = 300 - 2.(20 +10/2) = 250 mm

y1 = h - 2.(pb + D/2) = 600 - 2 (20 + 10/2) = 550 mm

S maksimum ijin : 1/4.(x1 + y1) = ¼.(250 + 550) = 200 mm maka digunakan tulangan sengkang tertutup dengan spasi = 200 mm.

Luas sengkang minimum perlu = bw.s/3.fy = 300.200 / (3.400) = 50 mm^2 < luas sengkang terpasang = 157,0796 mm^2 OKE...!

Jadi digunakan diameter sengkang tertutup D10 - 200 mm

c.2 Hitungan Bagian Lapangan :

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 300^2.600 = 54000000 \text{ mm}^3$

$\phi (1/24.\sqrt{fc'}) \Sigma x^2y = 0{,}6 (1/24.\sqrt{35}).54000000 = 7986707{,}71$ Nmm

7986707,71 Nmm > Tu = 1765197 Nmm → efek torsi dapat diabaikan

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana $Tn = Tu/\phi = 1765197 / 0{,}6 = 2941995$ Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2 y} = \frac{300.559}{54000000} = 0{,}003105 / mm$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2 y}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4Vu}{Ct.\,Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{35}\right)54000000}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4.65312{,}289}{0{,}003105.1765197}\right)^2}} = 4373785{,}539 \text{ Nmm}$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

$Ts = Tn - Tc = 2941995 - 4373785{,}539 = -1431790{,}5$ Nmm

Karena harga Ts negatif maka langsung diambil jarak sengkang maksimal (S max).

* Menggunakan selimut beton pb = 20 mm, dan diameter sengkang D10

$x1 = bw - 2.(pb + D/2) = 300 - 2.(20 + 10/2) = 250$ mm

$y1 = h - 2.(pb + D/2) = 600 - 2\,(20 + 10/2) = 550$ mm

S maksimum ijin : $1/4.(x1 + y1) = ¼.(250 + 550) = 200$ mm maka digunakan tulangan sengkang tertutup dengan spasi = 200 mm.

Luas sengkang minimum perlu $= bw.s/3.fy = 300.200 / (3.400) = 50$ mm^2 < luas sengkang terpasang = 157,0796 mm^2 OKE...!

Jadi digunakan diameter sengkang tertutup D10 - 200 mm.

4.6.9 Perhitungan Dimensi Balok as D2-D5 (Material 9)

Data Balok :

fc' = 35 Mpa ; fy = 400 MPa

h = 900 mm ; b = 400 mm

Penutup beton = 20 mm

Dipakai tulangan pokok ∅22 mm dan dipakai sengkang ∅10 mm

d = 859 mm ; d' =41 mm ; β= 0,85 - 0,008(fc' - 30) = 0,81

Data Beban : dari hasil analisis struktur dengan memakai program SAP90 didapat :

Mu tumpuan = 5,2 tm= $6,5.10^7$ Nmm

Mu lapangan = 22,14 tm = $2,17.10^8$ Nmm

a) Perhitungan tulangan tumpuan

* Dipakai tulangan tumpuan tarik 5∅22 sehingga As = ¼.π.22^2.5 = 1900,662 mm^2 dan tulangan tumpuan tekan 2∅19 sehingga As' = ¼.π.19^2.2 = 567,057 mm^2.

ρ = As / b.d = 1900,662 / (300 .859) = 0,005532

ρ' = As'/ bd = 567,057 / (300. 859) = 0,00165

ρ_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400 = 0,0035 lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85.fc'.\beta_1.d'}{fy.d} \frac{600}{600 - fy}$$

$$0,003881 \leq \frac{0,85.35.0,81.41}{400.859} \frac{600}{600 - 400} = 0,008626$$

Karena 0,003881 ≤ 0,008626 maka fs' dicari dengan rumus :

$$fs' = 600\left[1-\frac{0{,}85.fc'.\beta_1.d'}{(\rho - \rho').fy.d}\right] = 600\left[1-\frac{0{,}85.35.0{,}81.41}{(0{,}005532-0{,}00165).400.859}\right]$$

$$= 155{,}4917 \text{ MPa}$$

$$\rho_b = \left[\beta_1 \frac{0{,}85.fc'.}{fy}\frac{600}{600+fy}\right] = \left[0{,}81\frac{0{,}85.35}{400}\frac{600}{600+400}\right] = 0{,}036146$$

$$\rho \le 0{,}75\rho_b + \frac{\rho'.fs'}{fy}$$

$$0{,}005532 \le 0{,}75.0{,}036146 + \frac{0{,}00165.155{,}4917}{400} = 0{,}02775 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0{,}85.fc'.b} = \frac{1900{,}662.400 - 567{,}057.155{,}4917}{0{,}85.35.300} = 56{,}47833 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[(As.fy - As'.fs')\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0{,}8\left[\begin{array}{l}(1900{,}662.400 - 567{,}057.155{,}4917)\left(859 - \frac{56{,}47833}{2}\right)\\ +567{,}057.155{,}4917.(859-41)\end{array}\right]$$

$Mu = 5{,}04.10^8$ N-mm > $Mr = 0{,}504.10^8$ N-mm Oke....!

b) Perhitungan tulangan lapangan

* Dipakai tulangan tumpuan tarik 5∅22 sehingga As = ¼.π.22^2.5 = 1900,662 mm^2 dan tulangan tumpuan tekan 2∅19 sehingga As' = ¼.π.19^2.2 = 567,057 mm^2.

ρ = As / b.d = 1900,662 / (300 .859) = 0,005532

ρ' = As'/ bd = 567,057 / (300. 859) = 0,00165

ρ_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 400 = 0,0035 lebih kecil dari ρ, rasio tulangan cukup

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85.fc'.\beta_1.d'}{fy.d} \frac{600}{600 - fy}$$

$$0,003881 \leq \frac{0,85.35.0,81.41}{400.859} \frac{600}{600 - 400} = 0,008626$$

Karena 0,003881 ≤ 0,008626 maka fs' dicari dengan rumus :

$$fs' = 600\left[1 - \frac{0,85.fc'.\beta_1.d'}{(\rho - \rho').fy.d}\right] = 600\left[1 - \frac{0,85.35.0,81.41}{(0,005532 - 0,00165).400.859}\right]$$

$$= 155,4917 \text{ MPa}$$

$$\rho_b = \left[\beta_1 \frac{0,85.fc'.}{fy} \frac{600}{600 + fy}\right] = \left[0,81 \frac{0,85.35}{400} \frac{600}{600 + 400}\right] = 0,036146$$

$$\rho \leq 0,75\rho_b + \frac{\rho'.fs'}{fy}$$

$$0,005532 \leq 0,75.0,036146 + \frac{0,00165.155,4917}{400} = 0,02775 \text{ maka}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0,85.fc'.b} = \frac{1900,662.400 - 567,057.155,4917}{0,85.35.300} = 56,47833 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi\left[\left(As.fy - As'.fs'\right)\left(d - \frac{a}{2}\right) + As'.fs'.(d - d')\right]$$

$$Mu = 0,8\left[\begin{array}{l}\left(1900,662.400 - 567,057.155,4917\right)\left(859 - \frac{56,47833}{2}\right) \\ + 567,057.155,4917.(859 - 41)\end{array}\right]$$

Mu = $5,04.10^8$ N-mm > Mr = $2,17.10^8$ N-mm Oke....!

c) Hitungan tulangan geser dan torsi Material 9

Data tampang :

bw = 400 mm, h = 900 mm, d' = 41 mm, d = 859 mm

Diameter sengkang = 10 mm ; Ask = 157,0796 mm^2

Luas tulangan pokok As = 1900,662 mm^2

f_c' = 35 MPa

f_y = 400 MPa

Data beban :

Gaya geser (V_u) tump.	=	88259,85	N
Gaya geser (Vu) lap.	=	72078,8775	N
Axial Torsi (T_u)	=	38344001,5	Nmm
Momen (Mu) tump.	=	50994580	Nmm
Momen (Mu) lap.	=	217119231	Nmm
Gaya aksial (Nu)	=	129153,5805	N

c.1. Hitungan bagian tumpuan :

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 400^2.900 = 144000000\ mm^3$

$\phi\ (1/24.\sqrt{fc'})\ \Sigma x^2y = 0,6\ (1/24.\sqrt{35}).144000000 = 21297887,2$ Nmm

21297887,2 Nmm < Tu = 38344001,5 Nmm → efek torsi diperhitungkan.

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana Tn = Tu/ϕ = 38344001,5 / 0,6 = 63906669,2 Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2 y} = \frac{300.859}{144000000} = 0{,}00238611 / mm$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2 y}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4Vu}{Ct.\,Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{35}\right)144000000}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4.88259{,}85}{0{,}00238611.38344001{,}5}\right)^2}} = 52986560{,}66\ Nmm$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

Ts = Tn - Tc = 63906669,2 - 52986560,66 = 10920108,5 Nmm

Menggunakan selimut beton pb = 20 mm, dan diameter tulangan sengkang D10

x1 = bw - 2.(pb + D/2) = 400 - 2.(20 +10/2) = 350 mm

y1 = h - 2.(pb + D/2) = 700 - 2 (20 + 10/2) = 850 mm

αt = 1/3.(2 + y1/x1) = 1/3.(2 + 650/250) = 1,4762 < 1,5

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha 1.x1.fy} = \frac{10920108{,}5}{1{,}4762.350.400} = 0{,}062163\ mm/satu\ kaki$$

* Merencanakan sengkang geser :

$$Mm = Mu - Nu.\frac{(4h-d)}{8} = 50994580 - 129153{,}5805\frac{(4.900-859)}{8}$$

$$= 6743334{,}48\ Nmm$$

$$\rho_w = \frac{As}{b_w.d} = \frac{1900{,}662}{400.859} = 0{,}00553161$$

$$Vc = \left[\left(\sqrt{fc'} + 120.\rho_w.\frac{Vu.d}{Mm}\right)/7\right].b_w.d$$

$$= \left[\left(\sqrt{35} + 120.0{,}00553161.\frac{88259{,}85.859}{6743334{,}81}\right)/7\right]400.859 = 656722{,}7 \text{ N}$$

atau

$$Vc = 0{,}3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1+\frac{0{,}3.Nu}{Ag}}$$

$$= 0{,}3.\sqrt{35}.400.859.\sqrt{1+\frac{0{,}3.129153{,}5805}{400.900}} = 641808{,}4 \text{ N}$$

Pakai Vc yang terkecil ⟶ Vc = 641808,4 N

Vs = Vn - Vc = 147099,8 - 641808,4 = -509622,94 N

karena Vs negatif maka ambil jarak maksimal untuk spasi sengkang

s max = 1/4.(x1 + y1) = 1/4.(350 + 850) = 300 mm

* Merencanakan tulangan torsi memanjang :

$$A_l = \frac{2.At}{s}(x_1 + y_1) = 2.0{,}06216381.(350 + 850) = 149{,}1931 \text{ mm}^2$$

atau

$b_w s/3f_y = 100 \text{ mm}^2 < 2.At = 2.0{,}06216381.300 = 37{,}2982 \text{ mm}^2$; dipakai yang besar yaitu 100 mm^2.

$$A_l = \left\{\frac{2{,}8.x.s}{f_y}\left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}}\right] - 2A_t\right\}\frac{x_1 + y_1}{s}$$

$$\left\{\frac{2{,}8.400.300}{400}\left(\frac{38344001{,}5}{38344001{,}5 + \frac{88259{,}85}{3.0{,}00238611}}\right) - 100\right\}\frac{350 + 850}{300}$$

$= 2142{,}461\ mm^2$

sehingga dipakai $A_l = 2142{,}461\ mm^2$.

Luas A_l didistribusikan merata ke empat sisi penampang dengan jarak spasi tidak melebihi 300 mm.

Σ As tumpuan $= 1/4.A_l + A_s = ¼.\ 2142{,}461 + 1900{,}662 = 2436{,}2734\ mm^2$ digunakan 7D22 (As = 2660,9267 mm^2) untuk sisi bawah, serta ¼.Al = 535,6154 mm^2 dipakai tulangan 2D19 (As = 567,057 mm^2) untuk masing - masing sisi samping dan bawah.

c.2 Hitungan Bagian Lapangan :

* Menghitung momen torsi rencana :

$\Sigma x^2y = 400^2.900 = 144000000\ mm^3$

$\phi\ (1/24.\sqrt{fc'})\ \Sigma x^2y = 0{,}6\ (1/24.\sqrt{35}).144000000 = 21297887{,}2$ Nmm

21297887,2 Nmm < Tu = 38344001,5 Nmm $\longrightarrow$ efek torsi diperhitungkan.

* Merencanakan sengkang :

Momen torsi rencana $Tn = Tu/\phi = 38344001{,}5 / 0{,}6 = 63906669{,}2$ Nmm

Faktor yang menghubungkan sifat tegangan geser

$$Ct = \frac{b_w.d}{\Sigma x^2y} = \frac{300.859}{144000000} = 0{,}00238611 / mm$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{fc'}\right)\Sigma x^2y}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4Vu}{Ct.Tu}\right)^2}} = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{35}\right)144000000}{\sqrt{1+\left(\frac{0{,}4.72078{,}8775}{0{,}00238611.38344001{,}5}\right)^2}} = 54168481{,}82\ Nmm$$

* Menghitung kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi

Ts = Tn - Tc = 63906669,2 - 54168481,82 = 9738187,35 Nmm

Menggunakan selimut beton pb = 20 mm, dan diameter tulangan sengkang D10

x1 = bw - 2.(pb + D/2) = 400 - 2.(20 +10/2) = 350 mm

y1 = h - 2.(pb + D/2) = 700 - 2 (20 + 10/2) = 850 mm

$\alpha t = 1/3.(2 + y1/x1) = 1/3.(2 + 650/250) = 1,4762 < 1,5$

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha 1.x1.fy} = \frac{9738187,35}{1,4762.350.400} = 0,0554356 \text{ mm/satu kaki}$$

* Merencanakan sengkang geser :

$$Mm = Mu - Nu.\frac{(4h-d)}{8} = 217119231 - 129153,5805\frac{(4.900-859)}{8}$$

$$= 172867985 \text{ Nmm}$$

$$\rho_w = \frac{As}{b_w.d} = \frac{1900,662}{400.859} = 0,00553161$$

$$Vc = \left[\left(\sqrt{fc'} + 120.\rho_w.\frac{Vu.d}{Mm}\right)/7\right].b_w.d$$

$$= \left[\left(\sqrt{35} + 120.0,00553161.\frac{72078,8775.859}{172867985}\right)/7\right]400.859 = 302065,1 \text{ N}$$

atau

$$Vc = 0,3\sqrt{fc'}.b_w.d.\sqrt{1+\frac{0,3.Nu}{Ag}}$$

$$= 0,3.\sqrt{35}.400.859.\sqrt{1+\frac{0,3.129153,5805}{400.900}} = 641808,4 \text{ N}$$

Pakai Vc yang terkecil ⟶ Vc = 302065,1 N

Vs = Vn - Vc = 120131,5 - 302065,1 = -181933,64 N

karena Vs negatif maka ambil jarak maksimal untuk spasi sengkang

s max = 1/4.(x1 + y1) = 1/4.(350 + 850) = 300 mm

* Merencanakan tulangan torsi memanjang :

$$A_l = \frac{2.At}{s}(x_1 + y_1) = 2.0{,}0554356.(350 + 850) = 133{,}0454 \text{ mm}^2$$

atau

$b_w s/3f_y = 100 \text{ mm}^2 < 2.At = 2.0{,}0554356.300 = 33{,}2614 \text{ mm}^2$; dipakai yang besar yaitu 100 mm^2.

$$A_l = \left\{\frac{2{,}8.x.s}{f_y}\left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}}\right] - 2A_t\right\}\frac{x_1 + y_1}{s}$$

$$\left\{\frac{2{,}8.400.300}{400}\left(\frac{38344001{,}5}{38344001{,}5 + \frac{72078{,}8775}{3.0{,}00238611}}\right) - 100\right\}\frac{350+850}{300}$$

$= 2261{,}17 \text{ mm}^2$

sehingga dipakai $A_l = 2261{,}17 \text{ mm}^2$.

Luas A_l didistribusikan merata ke empat sisi penampang dengan jarak spasi tidak melebihi 300 mm.

Σ As lapangan = $1/4.A_l + A_s$ = ¼. 2261,17 + 1900,662 = 2465,9546 mm^2 digunakan 7D22 (As = 2660,9267 mm^2) untuk sisi bawah, serta ¼.Al = 565,2926 mm^2 dipakai tulangan 2D19 (As = 567,057 mm^2) untuk masing - masing sisi samping dan bawah.

4.7 Perhitungan Daya Dukung Pondasi "Bore Pile"

Dari perhitungan yang menggunakan Program SAP90 didapat reaksi dukungan maksimal yang terjadi pada bore pile adalah 115,55 ton.

Data "bore pile" :

* Diameter : 100 cm

* Kedalaman : 20 m

* Kedalaman efektif : 13 m

* Angka keamanan (n) : 2

Tabel 4.15 Daya Dukung Pondasi "Bore Pile"

Kedalaman h (m)	Selisih Tinggi L (m)	Nilai Lekatan fs (t/m^2)	Daya Dukung Q (t)
7 s/d 8	1	0.63	0.9896
8 s/d 9,75	1.75	1.5	4.1233
9,75 s/d 11,25	1.5	3.5	8.2467
11,25 s/d 12,75	1.5	1.5	3.5343
12,75 s/d 14	1.25	5	9.8175
14 s/d 15,75	1.75	15	41.2334
15,75 s/d 20	4.25	15	100.1383
	13	Jumlah =	168.0831

Dari tabel 4.15 tampak bahwa nilai daya dukung "bore pile", Q_{tiang} = 168,0831 ton > reaksi yang terjadi pada tiang bore pile = 115,55 ton.

Sehingga dengan dimensi pondasi "bore pile" aman digunakan.

4.8 Perhitungan Daya Dukung Tiang Franki

Dari perhitungan yang menggunakan Program SAP90 didapat reaksi dukungan maksimal yang terjadi pada tiang Franki adalah 46,225 ton. Karena

pada pondasi jenis ini terdapat pembesaran pada ujung bawah serta permukaan tiang yang dihasilkan sangat kasar maka angka keamanannya dapat di kurangi menjadi 3.

Data Tiang Franki :

* Diameter : 50 cm

* Kedalaman : 17 m

* Kedalaman efektif : 10 m

* Angka keamanan : 2

Tabel 4.16 Daya Dukung Pondasi Tiang Franki

Kedalaman h (m)	Selisih Tinggi L (m)	Nilai Lekatan fs (t/m^2)	Daya Dukung Q (t)
7 s/d 8	1	0.63	0.4948
8 s/d 9,75	1.75	1.5	2.0617
9,75 s/d 11,25	1.5	3.5	4.1233
11,25 s/d 12,75	1.5	1.5	1.7671
12,75 s/d 14	1.25	5	4.9087
14 s/d 15,75	1.75	15	20.6167
15,75 s/d 17	1.25	15	14.7262
	10	Jumlah =	48.6986

Dari tabel 4.16 tampak bahwa nilai daya dukung tiang Franki, Q_{tiang} = 48,6986 ton > reaksi yang terjadi pada tiang Franki = 46,225 ton.

Sehingga dengan dimensi pondasi tiang Franki aman digunakan.

4.9 Perhitungan "Uplift"

4.9.1 Uplift pada "Bore Pile"

Muka air tanah pada ketinggian, h' = -0,5 meter

Ketinggian "bore pile", H = 20 meter

Kedalaman galian, h = 7 meter

Ketinggian air pada galian, H' = h - h' = 7 - 0,5 = 6,5 meter

Diameter "bore pile" = 1 meter

Luas "bore pile", A = $1/4.\pi. 1^2 = 0{,}7853\ m^2$

Kehilangan tinggi energi untuk tiap-tiap penurunan energi potensial adalah H'/7, hal ini dikemukakan oleh Braja M. Das pada Buku Mekanika Tanah jilid 1, halaman 112.

maka H'/7 = 6,5 / 7 = 0,93 meter

Tinggi muka air dari dasar "bore pile", a = 20 - 0,5 = 19,5 meter

Tekanan keatas ("uplift" pada dasar pondasi), $T_{ug} = (a - H'/7).A.\gamma_w$.

T_{ug} = (19,5 - 0,93).0,7853.1 = 14,58 ton

Berat bore pile, $W = V.\gamma_{beton} = [(1/4.\pi.1^2).20] . 2{,}4 = 37{,}69$ ton

Nilai kohesi pada tanah ini adalah $C_u = 0{,}2\ t/m^2$

sehingga didapat nilai $\alpha' = 0{,}715 - 0{,}0191. C_u = 0.71118$

$T_{un} = L.p.\alpha'.c_u$

$= 13. (\pi.1).0{,}7118.0{,}2$

$= 5{,}8$ ton

Sehingga total perlawanan terhadap uplift $T_{un} + W = 5{,}8 + 37{,}69 = 43{,}49$ ton

Dari hitungan tersebut tampak bahwa gaya angkat ("uplift") lebih kecil dari gaya perlawanan terhadap gaya "uplift" (T_{un} + W = 43,49 ton > T_{ug} = 14,58 ton) , sehingga konstruksi tersebut aman.

4.9.2 "Uplift" pada Tiang Franki

Muka air tanah pada ketinggian, h' = -0,5 meter

Ketinggian tiang Franki, H = 17 meter

Kedalaman galian, h = 7 meter

Ketinggian air pada galian, H' = h - h' = 7 - 0,5 = 6,5 meter

Diameter bore pile = 0,5 meter

Luas bore pile, A = 1/4.π. $0,5^2$ = 0,1963 m^2

Kehilangan tinggi energi untuk tiap-tiap penurunan energi potensial adalah H'/7, hal ini dikemukakan oleh Braja M. Das pada Buku Mekanika Tanah jilid 1, halaman 112.

maka H'/7 = 6,5 / 7 = 0,93 meter

Tinggi muka air dari dasar tiang Franki, a = 17 - 0,5 = 16,5 meter

Tekanan keatas ("uplift" pada dasar pondasi), T_{ug} = (a - H'/7).A.γ_w.

T_{ug} = (16,5 - 0,93).0,1963 = 3,06 ton

Berat tiang Franki, W = V.γ_{beton} = [(1/4.π.$0,5^2$).10] . 2,4 = 4,71 ton

Nilai cohesi pada tanah ini adalah C_u = 0,2 t/m^2

sehingga didapat nilai α' = 0,715 - 0,0191. C_u = 0.71118

T_{un} = L.p.α'.c_u

= 10. (π.0,5).0,7118.0,2

= 2,24 ton

Sehingga total perlawanan terhadap uplift T_{un} + W = 2,24 + 4,71 = 6,95 ton

Dari hitungan diatas tampak bahwa gaya angkat ("uplift") lebih kecil dari gaya perlawanan terhadap gaya "uplift" (T_{un} + W = 6,95 ton > T_{ug} = 3,06 ton), sehingga konstruksi tersebut aman.



BAB V

PEMBAHASAN

Secara umum pelaksanaan pembangunan basemen dengan metode "Semi Top Down" dilakukan untuk menanggulangi keruntuhan tanah pada sisi galian basemen, walaupun telah dilakukan proteksi terhadap lereng galian, pada kasus ini menggunakan "bore pile". Dengan membangun lantai 1 sebelum dilakukan penggalian pada basemen akan memberikan "strutting" (penopang) pada bagian atas penahan tanah, sehingga kemungkinan dinding penahan tanah tidak stabil dapat diantisipasi secara dini.

Analisis kestabilan lereng galian merupakan awal dari perencanaan metode "Semi Top Down" ini karena dari hasil yang didapatkan akan diketahui kestabilan lereng dengan membandingkan antara momen penahan dan momen pengguling yang terjadi. Apabila pada kedalaman basemen yang direncanakan ternyata momen penahan lebih kecil daripada momen pengguling maka diperlukan proteksi terhadap dinding basemen, dalam hal ini metode "Semi Top Down" dapat dipakai. Pengaruh yang terlihat nyata pada kasus ini adalah dari hasil penyelidikan tanah didapatkan nilai kohesi (c) yang kecil serta sudut geser tanah yang kecil pula. Dengan nilai kohesi kecil menandakan bahwa lekatan antar butir-butir tanah kurang kuat. Dalam teori tekanan tanah lateral nilai kohesi (c) yang kecil maka pengaruhnya terhadap tekanan tanah pasif juga semakin kecil, sedangkan pada tekanan tanah aktif nilai kohesi (c) ini sebagai pengikat tanah

juga semakin kecil. Sudut geser akan berpangaruh terhadap koefisien tekanan tanah aktif maupun pasif. Dengan nilai ϕ yang kecil maka koefisien tekanan tanah aktif semakin besar $K_a = \tan^2(45-\phi/2)$ sehingga memberikan tekanan tanah aktif yang besar, sedangkan dengan nilai ϕ yang kecil pada koefisien tekanan tanah pasif $K_p = \tan^2(45+\phi/2)$ maka koefisien tekanan tanah pasif semakin kecil yang pada akhirnya tekanan tanah pasif akan kecil padahal tekanan tanah pasif ini sebagai penahan dari tekanan tanah aktif sebagai pengguling lereng.

Penggalian yang dilaksanakan pada lokasi "Semi Top Down" dengan menggunakan "Back Hoe" harus dilakukan dengan hati-hati karena kolom-kolom sementara masih berdiri, juga harus memperhitungkan panjang lengan "Back Hoe" maka produktifitas penggalian tanah pada kasus ini agak berkurang. Pada lokasi tertentu harus digali dengan tenaga manusia, karena mesin "Back Hoe" sudah tidak dapat masuk lagi. metode "Semi Top Down" ini lebih efektif apabila digunakan pada kondisi tanah yang mempunyai sudut geser kecil, kohesi tanah kecil sehingga dengan kedalaman galian yang direncanakan dinding penahan tanah tidak stabil. Kondisi bangunan yang rapat dengan bangunan tetangga disekelilingnya serta muka air tanah yang tinggi juga akan mempengaruhi kestabilan struktur penahan tanah. Ketinggian muka air tanah akan menaikkan berat jenis tanah yang mengakibatkan tekanan tanah lateral bertambah.

Pada analisis struktur yang dapat dilihat pada Bab IV yang berpengaruh terhadap tekanan tanah lateral bukan hanya tanah saja namun juga beban akibat bangunan disekitar lokasi proyek. Pada kondisi tersebut untuk stabilitas lereng

beban bangunan disekitar tidak dimasukkan karena dengan beban tanah saja kondisi dinding penahan tanah ("bore pile") sudah tidak stabil, apalagi kalau dimasukkan beban bangunan disekitarnya. Apabila tinjauan stabilitas lereng memakai beban tanah sudah stabil, maka untuk selanjutnya perlu memasukkan beban bangunan desekitarnya untuk kemudian dianalisis lagi apakah dengan kondisi tersebut dinding penahan tanah tersebut masih stabil. Beban bangunan tetangga ini tetap berpengaruh atau dimasukkan sebagai beban untuk analisis strukturnya karena akan berhubungan dengan gaya-gaya dalam yang didapat yang akan berpengaruh terhadap dimensi struktur. Pada analisis struktur menggunakan Program SAP90 ketinggian "bore pile" maupun tiang Franki diambil 7 meter sesuai dengan kedalaman galian. Hal ini dikarenakan pondasi yang muncul setelah dilakukan penggalian tersebut diberlakukan sebagai kolom bukan sebagai pondasi lagi dan beban lateral yang bekerja juga terbatas pada kedalaman galian yang direncanakan, sehingga apabila digambarkan akan membentuk suatu struktur portal tiga dimensi dengan tumpuan bawah sebagai tumpuan jepit.

Hasil analisis kestabilan lereng yang telah dihitung, dengan kedalaman "bore pile" yang lebih diperdalam lagi sedalam 23 meter dari kedalaman yang sesungguhnya dilapangan yaitu 20 meter tetap belum memberikan angka keamanan yang cukup (SF = 0,41 < 1,5), hal ini tentunya akan menambah boros biaya pembangunan.

Untuk penulangan geser pada kolom diasumsikan bahwa yang menahan gaya geser adalah beton dan tulangan baja dikarenakan kolom relatif langsing. Sedangkan pada balok diasumsikan hanya beton saja yang menahan gaya geser

karena karena balok dikekang oleh plat lantai yang dicor menyatu dengan balok (balok relatif kaku). Pada tinjauan "uplift" yang dilakukan hanya pada pondasi, tidak dilakukannya perhitungan "uplift" pada sloof atau pada plat lantai basemen 2 karena dalam kasus ini lebih menekankan pada Struktur "Semi Top Down" sebagai salah satu alternatif untuk horisontal structure yang merupakan salah satu bagian dari "retaining structure".



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dan studi kasus pada proyek Hotel Rekso Internasional serta hasil analisis dari berbagai macam parameter, maka dengan metode pelaksanaan "Semi Top Down" dapat disimpukan sebagai berikut ini.

1. Metode pelaksanaan "Semi Top Down" adalah suatu metode yang dipakai pada pembuatan basemen yang pembangunannya dimulai dari lantai satu diteruskan ke lantai basemen paling bawah kemudian baru pelaksanaan lantai basemen yang diatasnya.

2. Keuntungan Metode "Semi Top Down" ini dapat digunakan pada kondisi tanah yang lunak, lahan yang sempit, serta jarak dengan bangunan disekitarnya yang relatif dekat, dengan menganalisis bahwa dengan galian yang ditentukan kestabilan dinding penahan tanah tidak dapat dicapai. Keuntungan yang lain metode ini adalah tingkat pengerjaan yang relatif mudah dan lantai dasar untuk sementara dapat digunakan sebagai tempat kerja misalnya untuk merakit bekisting. Dari hasil perhitungan tekanan tanah lateral, pada lokasi tanah dengan data Boring Log II menunjukkan betapa besar pengaruh dari kohesi (c) dan sudut geser tanah (ϕ), walaupun kedalaman bore pile ditambah atau dikurangi tetap tidak dapat memberikan angka aman yang cukup (SF = 0,3 < 1,5), sehingga metode "Semi Top Down" adalah metode yang tepat digunakan.

3. Dari hasil pengamatan dan perhitungan maka besar kecilnya nilai sudut geser tanah (ϕ) dan kohesi (c) akan berpengaruh terhadap kekuatan tanah, untuk selanjutnya berpengaruh terhadap perhitungan dalam merencanakan basemen sesuai jenis pondasi yang akan dipakai.

4. Perlu perhatian khusus pada pembuatan basemen ini adalah cara perhitungan dan pelaksanaan pengeringan air tanahnya ("dewatering") dan adanya gaya angkat keatas ("uplift") oleh air tanah.

5. Secara umum metode "Semi Top Down" pada kasus ini ternyata efektif yaitu dengan telah dibuatnya lantai dasar maka didapat lahan yang semakin luas. Disamping itu juga cukup efisien, karena bila dipakai metode Konvensional (memperdalam panjang "Bore Pile") maka biaya akan semakin besar, juga metode ini akan lebih menjamin keamanan terhadap bahaya ketidakstabilan dinding penahan tanah.

6. Kerugian metode ini menurut pengamatan adalah diperlukan waktu yang agak lama untuk penggalian tanah dan pemotongan kolom sementara.

6.2 Saran - Saran

1. Mengingat kebutuhan akan metode "Semi Top Down" untuk basemen relatif baru, maka analisis perencanaan perlu dikembangkan untuk mendekati perilaku struktur yang paling relevan. Hal ini dapat dilakukan dengan mengembangkan metode-metode analisis yang sudah ada.

2. Metode "Semi Top Down" hanya efektif pada kondisi tanah dan lokasi yang sudah tertentu, maka sangat perlu memperhatikan uji tanah yang dilakukan,

sehingga dapat direkomendasikan jenis pondasi yang dipakai serta metode pembuatan basemen yang akan digunakan.

3. Kesalahan dalam mengasumsikan beban yang terjadi akan berpengaruh terhadap dimensi dari elemen struktur yang direncanakan tersebut, untuk itu perlu pengontrolan yang lebih teliti pada pembebanan terhadap struktur yang akan dibuat.

4. Penggunaan perhitungan program komputer juga perlu ditunjang dengan pengetahuan tentang mekanisme struktur tersebut serta diperlukan pengalaman dalam mengaplikasikannya kedalam bentuk yang sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

——————, 1991, **TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG**, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

——————, Oktober 1993, **DEWATERING DEEP WELL SYSTEM**, Divisi Litbang PT. Pembangunan Perumahan (Persero), Jakarta

Das B.M, Noor Endah, Indrasurya B. Mochtar, 1994, **MEKANIKA TANAH (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)**, Jilid 1 & 2, Penerbit Erlangga, Jakarta

Das B.M, 1990, **PRINCIPLES OF FOUNDATION ENGINEERING**, Second Edition, PWS-KENT Publishing Company, Boston

Hary Christady Hardiyatmo, 1994, **MEKANIKA TANAH 2,** Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Nawy E.G, 1990, **BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR**, Penerbit PT. Eresco, Bandung

Poulos H.G, Davis E.H, 1980, **PILE FOUNDATION ANALISYS AND DESIGN**, John Wiley & Sons Inc, Singapore

Sardjono HS, 1991, **PONDASI TIANG PANCANG**, Jilid 1, Penerbit Sinar Wijaya, Surabaya

Tomlinson M.J, **FOUNDATION DESIGN AND CONSTRUCTION**, Third Edition, Pitman Publishing, USA

LAMPIRAN :

BORING LOG

HOLE NO : DB II

CT : Hotel Wisata Jaya.
TION : Jl. Hayam Wuruk 123 Jakarta.

DEPTH : 60.45 m
COORDINATE :

GWL : 0.52 m

SOIL / ROCK		SAMPLE DEPTH (M)	SPT		STRENGTH TEST				ATTERBERG LIMITS							
SYMBOL	DESCRIPTION		N	0 20 40 60	TYPE	C kg/cm²	σ⁻	qu	0 20 40 60 80 100							
	Clayey and sandy silt, brown, very soft to medium.	1.50 / 1.95	5													
		3.00 / 3.45	2													
		4.50 / 4.95	<1						35		73				2.55	
	Silty clay, dark grey, trace sand, very soft.	6.00 / 6.45	<1		UU	0.02		7	37		93	98		1.49	2.68	2.45
		9.00 / 9.45	3						52		71				2.55	
	Silt, brown, trace clay, trace sand, soft to stiff	10.50 / 10.95	7													
		12.00 / 12.45	3													
		13.50 / 13.95	10													
	Sand, grey, partly cemented, partly mixed with gravel and boulder, little silt, very dense.	15.00 / 15.45	>50						33						2.70	
		16.50 / 16.95	>50													
		18.00 / 18.45	>50													
		19.50 / 19.95	>50													

: 0 TO 10 % : TRACE
10 TO 20 % : LITTLE
20 TO 35 % : SOME
35 TO 50 % : AND

○ WATER CONTENT, %
● PLASTIC LIMIT, %
△ LIQUID LIMIT, %

P.T. Testana Indoteknika
Soil survey and foundation engineering

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BORING LOG

HOLE NO : DB II

Hotel Wisata Jaya.
Jl. Hayam Wuruk 123, Jakarta.

DEPTH : 60.45 m
COORDINATE :

GWL : 0.52 m

SOIL / ROCK DESCRIPTION	SAMPLE DEPTH (M)	SPT N	STRENGTH TEST TYPE	C kg/cm²	ø°	qu	ATTERBERG LIMITS	γ t/m³	Gs	eo
Sand, grey, partly cemented, partly mixed with gravel and boulder, little silt, very dense.	19.50 – 19.95	>50								
	21.00 – 21.45	>50								
	22.50 – 22.95	>50	UU	0.4	11.5		43, 95, 108	1.42	2.70	2.73
Silty clay, greenish grey, trace sand, very stiff.	24.00 – 24.45	22					42, 94, 138		2.69	
	25.50 – 25.95	24								
Clayey silt, brown and grey, partly lightly cemented, trace sand, very stiff	27.00 – 27.45	18								
	28.50 – 28.95	23								
	30.00 – 30.45	33								
Sand, grey, partly cemented, little silt, very dense.	31.50 – 31.95	>50					28		2.74	
	33.00 – 33.45	>50								
Sandy silt, grey, trace clay, very stiff.	34.50 – 34.95	28								
Organic soil.										
Clayey sandy silt, brown and yellowish brown, partly cemented, very stiff to hard.	37.50 – 37.95	36	tot CU eff	0.30 0.23	15.2 22.8		45, 55, 86 35, 44 37	1.77	2.56 2.68	1.41

0 TO 10 % : TRACE
0 TO 20 % : LITTLE
0 TO 35 % : SOME
5 TO 50 % : AND

0 WATER CONTENT, %
● PLASTIC LIMIT, %
Δ LIQUID LIMIT, %

P.T. Testana Indoteknika
Soil survey and foundation engineering

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BORING LOG

HOLE NO : DB II

Hotel Wisata Jaya.
Jl. Hayam Wuruk 123, Jakarta.

DEPTH : 60.45 m
COORDINATE :

GWL : 0.52 m

SOIL / ROCK DESCRIPTION	SAMPLE DEPTH (M)	N	SPT 0 20 40 60	STRENGTH TEST TYPE	C kg/cm²	ø°	qu	ATTERBERG LIMITS 0 20 40 60 80 100	γt t/m³	Gs	e0
Clayey sandy silt, brown and yellowish brown, partly cemented, very stiff to hard.	39.00 / 39.45	16									
Silty clay, light brown, trace fine sand, very stiff	40.50 / 40.95	24		tot CU eff	0.44 0.41	14.5 21.6		40 55 103	1.72	2.65	1.48
Clayey silt, brown, mixed with cemented silt/fine sand, trace sand, very stiff to hard.	42.00 / 42.45	22									
	43.50 / 43.95	21									
	45.00 / 45.45	46						47 59 49		2.65	
	46.50 / 46.95	16									
	48.00 / 48.45	21									
Silty clay, dark grey and brown, trace sand, very stiff.	49.50 / 49.95	17									
	51.00 / 51.45	23									
	52.50 / 52.95	21									
Sandy silt, dark grey and brown, trace clay, partly cemented, very stiff to hard.	54.00 / 54.45	> 50						29 41		2.66	
	55.50 / 55.95	47									
	57.00 / 57.45	27									

0 TO 10 % : TRACE
10 TO 20 % : LITTLE
20 TO 35 % : SOME
35 TO 50 % : AND

o WATER CONTENT, %
● PLASTIC LIMIT, %
Δ LIQUID LIMIT, %

P.T. Testana Indoteknika
Soil survey and foundation engineering

BORING LOG

HOLE NO : DB II

PROJECT Hotel Wisata Jaya.
LOCATION Jl. Hayam Wuruk 123, Jakarta.

DEPTH :60.45 m
COORDINATE :

GWL :0.52 m

SOIL / ROCK		SAMPLE DEPTH (M)	SPT		STRENGTH TEST				ATTERBERG LIMITS		γ t/m³	Gs	eo
SYMBOL	DESCRIPTION		N	0 20 40 60	TYPE	C kg/cm²	σ''	qu	0 20 40 60 80 100				
		57.00 / 57.45	27										
	Sand, brown, uncemented, medium dense.	58.50 / 58.95	22										
		60.00 / 60.45	29										
	End of drilling												

C : 0 TO 10 % : TRACE
10 TO 20 % : LITTLE
20 TO 35 % : SOME
35 TO 50 % : AND

0 WATER CONTENT, %
● PLASTIC LIMIT, %
Δ LIQUID LIMIT, %

P.T. Testana Indoteknika
Soil survey and foundation engineering

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BORING LOG

HOLE NO : DB V

: Hotel Wisata Jaya.
: Jl. Hayam Wuruk, Jakarta.

DEPTH : 45.00 m
COORDINATE :

GWL : 0.66 m

SOIL / ROCK DESCRIPTION	SAMPLE DEPTH (M)	N	TYPE	C kg/cm²	φ°	qu	γt t/m³	Gs	eo
Top soil.	1.50 / 1.95	1						2.70	
Silt, light grey, trace sand.	3.00 / 3.45	3							
Sandy silt, light brown.	4.50 / 4.95	2							
Clay, grey and reddish brown, trace sand.	6.00 / 6.45	1	UU	0.4	13		1.51	2.65	2.32
	7.50 / 7.95	2						2.67	
	9.00 / 9.45	4							
Sandy silt, reddish brown, uncemented.	10.50 / 10.95	4							
Silt, light grey, trace sand.			UU	0	19.5		1.53	2.68	1.78
	13.50 / 13.95	8							
Sand, reddish brown, mixed with gravel, uncemented, little silt.	15.00 / 15.45	>50							
	16.50 / 16.95	>50						2.71	
	18.00 / 18.45	>50							
Sand, mixed with gravel and boulder, yellowish brown and black, partly cemented.	19.50 / 19.95	>50							

SPT: 0 20 40 60

ATTERBERG LIMITS: 0 20 40 60 80 100

0 TO 10 % : TRACE
10 TO 20 % : LITTLE
20 TO 35 % : SOME
35 TO 50 % : AND

0 WATER CONTENT, %
● PLASTIC LIMIT, %
Δ LIQUID LIMIT, %

P.T. Testana Indoteknika
Soil survey and foundation engineering

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BORING LOG

HOLE NO : DB V

PT : Hotel Wisata Jaya
ON : Jl. Hayam Wuruk, Jakarta

DEPTH : 45.00 m
COORDINATE :

GWL : 0.66 m

SOIL / ROCK DESCRIPTION	SAMPLE DEPTH (M)	SPT N	STRENGTH TEST TYPE	C kg/cm²	ø°	qu	ATTERBERG LIMITS	γt t/m³	Gs	eo
Sand, mixed with gravel and boulder, yellowish brown and black, partly cemented.	19.50 / 19.95	>50								
	21.00 / 21.45	>50								
	22.50 / 22.95	>50								
	24.00 / 24.45	>50								
	25.50 / 25.95	>50								
Silt, grey, uncemented, trace sand, trace clay, very stiff.	27.00 / 27.45	17								
	28.50 / 28.95	12					LL 94		2.67	
	30.00 / 30.45	18	CU	tot 0.27	21.5		PL 85	1.41	2.71	2.53
				ø' 0.16	37.2					
Sand, dark brown/black, uncemented, mixed with gravel and silt, medium dense to very dense.	31.50 / 31.95	31							2.63	
	33.00 / 33.45	>50								
	34.50 / 34.95	>50								
	36.00 / 36.45	>50								
	37.50 / 37.95	>50								

0 TO 10 % : TRACE
10 TO 20 % : LITTLE
20 TO 35 % : SOME
35 TO 50 % : AND

0 WATER CONTENT, %
● PLASTIC LIMIT, %
Δ LIQUID LIMIT, %

P.T. Testana Indoteknika
Soil survey and foundation engineering

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BORING LOG

HOLE NO : DB V

PT Hotel Wisata Jaya
ON Jl. Hayam Wuruk, Jakarta

DEPTH : 45.00 m
COORDINATE :

GWL : 0.66 m

SOIL / ROCK		SAMPLE DEPTH (M)	SPT		STRENGTH TEST				ATTERBERG LIMITS									
BOL	DESCRIPTION		N	0 20 40 60	TYPE	C kg/cm²	σ'	qu	0 20 40 60 80 100								Gs	eo
	Sand, dark brown/black, uncemented, mixed with gravel and silt, medium dense to very dense.	39.00 / 39.45	>50															
	Clayey silt, light grey, trace sand, hard	40.50 / 40.95	41															
		42.00 / 42.45	28														2.55	
	Silt, dark grey, trace sand, trace clay, very stiff.	43.50 / 43.95	29															
	End of drilling.																	

0 TO 10 % : TRACE
10 TO 20 % : LITTLE
20 TO 35 % : SOME
35 TO 50 % : AND

0 WATER CONTENT, %
● PLASTIC LIMIT, %
Δ LIQUID LIMIT, %

P.T. Testana Indoteknika
Soil survey and foundation engineering

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

P.T. Testana Indoteknika
Soil Survey and Foundation Engineering

Project : Hotel Wisata Jaya.
Location : Hayam Wuruk,Jakarta.

PERHITUNGAN KAPASITAS DUKUNG PONDASI TIANG BOR

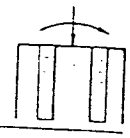
Berdasarkan DB II.

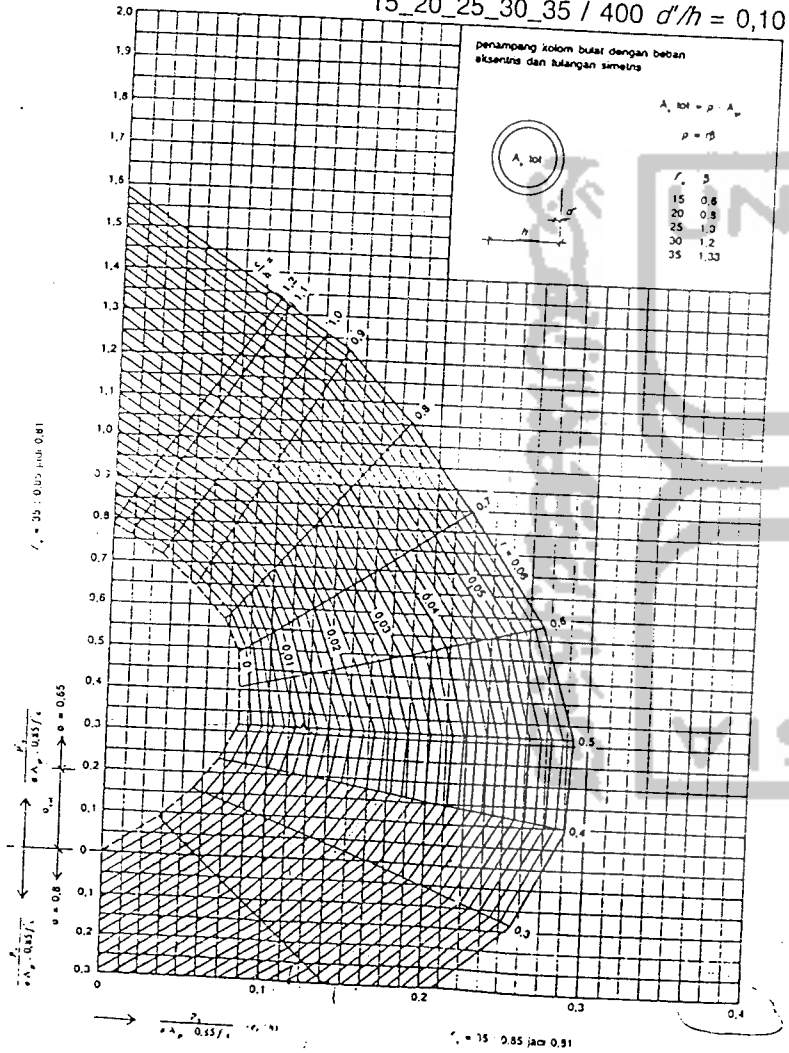
Diameter.	100	cm	Alpha =	0.5		
Kedalaman	30	m				
Keliling	3.142857	m	qp =	28	kg/cm2	
Ap	7857.143	cm2	Qp =	220000	kg	
Panjang efektif	27	m	=	220	ton	

Depth (m)	N-SPT	Jenis Tanah	Cu kg/cm2		H (m)	fs ton/m2	Q si ton
1.5	5	2					
				2.25	2.25	0.00	0.00
3	2	2					
				3	0.75	0.00	0.00
4.5	1	2	0.1				
				5	2	0.50	3.14
6	1	1	0.125				
				8	3	0.63	5.89
9	3	2	0.3				
				9.75	1.75	1.50	8.25
10.5	7	2	0.7				
				11.25	1.5	3.50	16.50
12	3	2	0.3				
				12.75	1.5	1.50	7.07
13.5	10	2	1				
				14	1.25	5.00	19.64
15	50	3					
				15.75	1.75	15.00	82.50
16.5	50	3					
				17.25	1.5	15.00	70.71
18	50	3					
				18.75	1.5	15.00	70.71
19.5	50	3					
				20.25	1.5	15.00	70.71
21	50	3					
				21.75	1.5	15.00	70.71
22.5	50	3					
				23	1.25	15.00	58.93
24	22	1	2.75				
				24.75	1.75	13.75	75.03
25.5	24	1	3				
				27	2.25	15.00	106.07
27	18	2	1.8				
				27.75	0.75	9.00	21.21
28.5	20	2	2.0				
				29.25	1.5	11.50	54.21
30	33	2	3.3				
				30	0.75	16.50	38.89

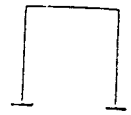
Qs total = 780.80

FKp = 3
FKs = 2
Q all = 464 ton





Gambar 5.3 d



Tabel 7.2.c

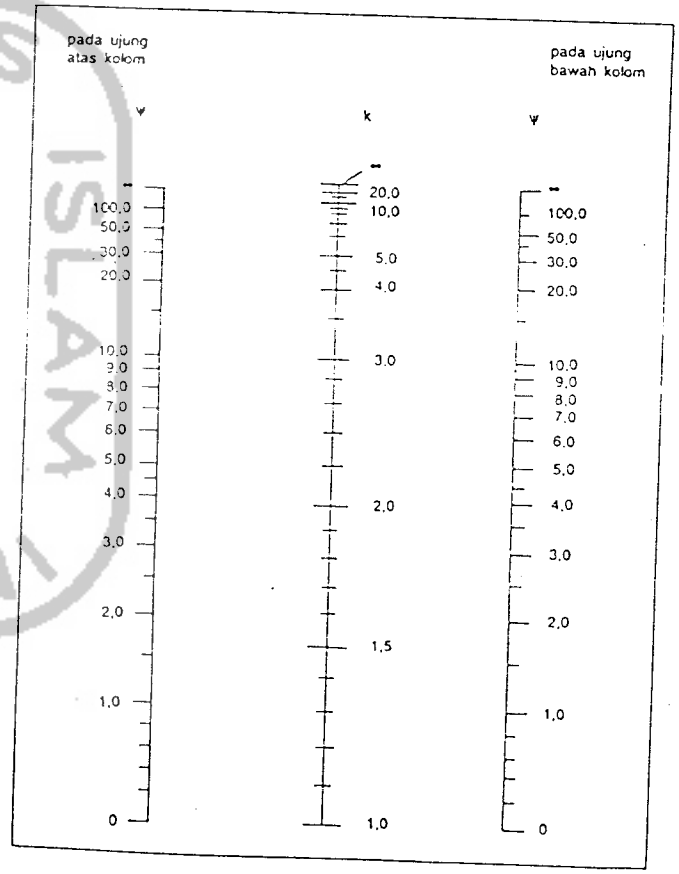
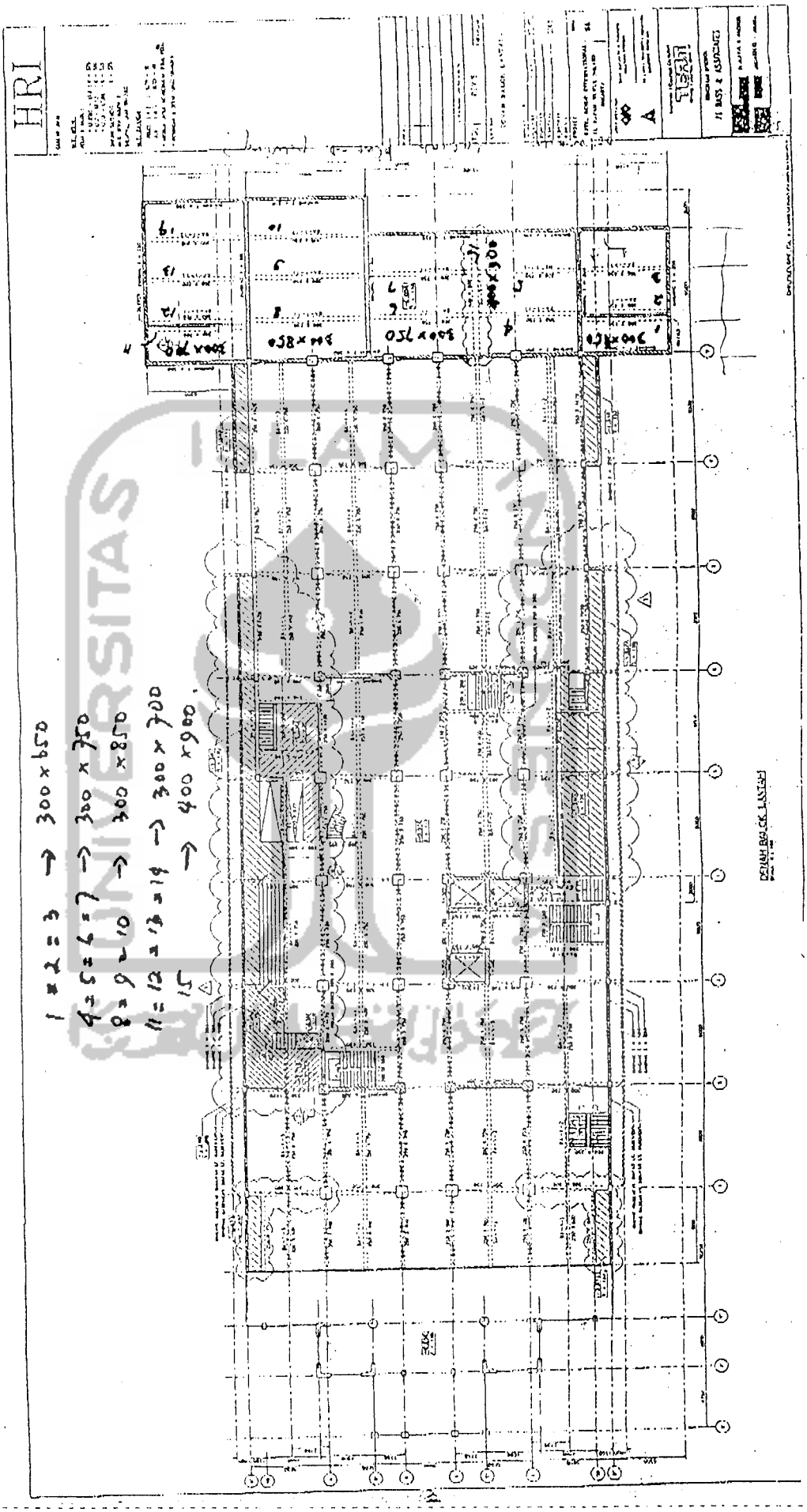
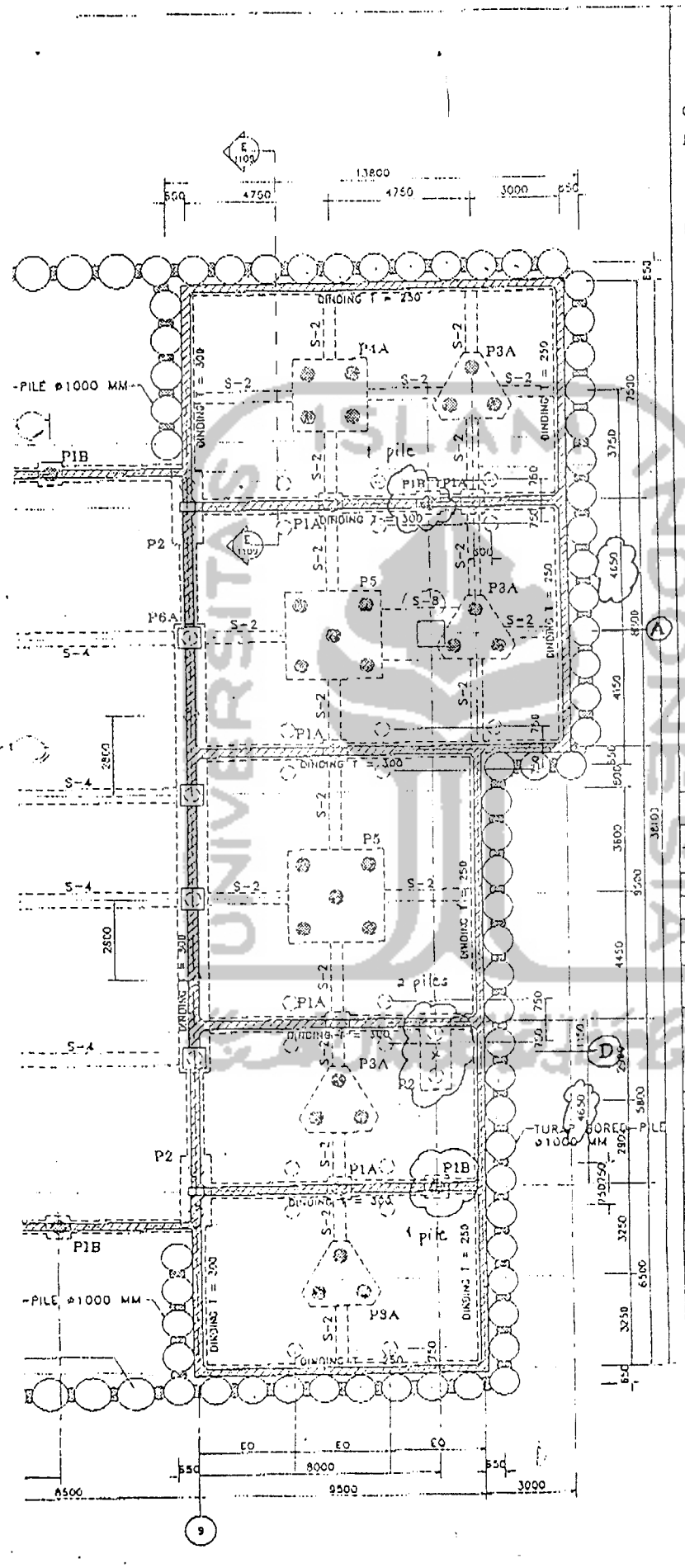


Diagram nomogram untuk menentukan panjang tekuk dari kolom pada portal dengan penahan.


HRI
1 = 2 = 3 → 300 x 650
4 = 5 = 6 = 7 → 300 x 750
8 = 9 = 10 → 300 x 850
11 = 12 = 13 = 14 → 300 x 700
15 → 400 x 900

(3)



HRI

CATATAN UMUM

MUTU BETON
- PILECAP, PELAT BASEMENT & SLOOF : K - 400
- DINDING BASEMENT, STP & GROUND TANK : K - 350

MUTU TULANGAN
POLOS (ø) : BJTP - 30
ULIR (D) : BJTD - 40

- DETAIL TIANG FRANKI SINGLE BULB & DOUBLE BULB LIHAT SR-1007

G_2 = 400 x 700
G_8 = 1860 x 800
P_{4A} = 2500 x 2500 x 1500 (T)
P_{3A} = 2000 x 2000 x 2000 x 1500
P_5 = 3000 x 3000 x 1500
P_2 = 1500 x 2500 x 1500
P_{1B} = 1000 x 1000 x 1500
P_{1A} = 600 x 1000 x 1500

TGL	REVISI

gambar: DENAH PONDASI

skala 1 : 100

digambar	AEK
diperiksa	
diperiksa	
diperiksa disetujui	

PROYEK
HOTEL REKSO INTERNATIONAL
JL. HAYAM WURUK NO.123
JAKARTA

JOINT OPERATION
DAVY SUKARTA & PAR STRUCTURAL ENGINEERS
PT. ATRYA SWASCIPTA ENGINEERING CONSULTAN

Mechanical & Electrical Consultant
TEAM
SERVICES & INDUSTRIAL CONSULTANT

KONSULTAN INTERIOR
PT BASS & ASSOCIATES

PT. HAWAL & PA
ARCHITECTS - J