

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	29 03 2003
NO. JUDUL :	000 398
NO. INV. :	512 0000 398 001
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR

**RE-DESIGN GEDUNG LABORATORIUM TERPADU
BLOK SAYAP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**



Disusun Oleh :

AGUNG WIDYATMOKO
No. Mhs : 97 511 182

ERVAN SETIAWAN
No.Mhs : 97 511 208

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2003**

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
RE-DESIGN GEDUNG LABORATORIUM TERPADU
BLOK SAYAP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk Memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh :

Nama : Agung Widyatmoko
No.Mhs : 97 511 182
Nirm : 970051013114120147

Nama : Ervan Setiawan
No.Mhs : 97 511 208
Nirm : 9750051013114120166

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

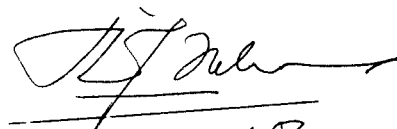
Ir. H. Ilman Noor, MSCE

Dosen Pembimbing I

Ir. Helmy Akbar Bale, MT

Dosen Pembimbing II


Tanggal : 06/3/03


Tanggal : 6/3/03

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmaanirrohim

Maha suci Allah, segala puji bagi Allah Tuhan Semesta Alam. Berkat irodah, rahmat dan karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini, yang merupakan salah satu syarat kelengkapan untuk menyelesaikan program S1 Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan baik dari segi materi maupun susunan bahasanya yang membuat tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik yang membangun dan saran yang dapat memberikan manfaat dan dorongan bagi peningkatan kemampuan penulis.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan serta pengarahan-pengarahan untuk membimbing penulis dalam penulisan tugas akhir sebagai berikut :

1. Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE, selaku dosen pembimbing I.
2. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, MT, selaku dosen pembimbing II.
3. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku dosen tamu.
4. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

5. Bapak DR. Ir. H. Lutfi Hasan , MS, selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
6. Kedua Orang tua dan saudara-saudara kami tercinta yang dengan kasih sayangnya telah membekali penulis dengan do'a dan semangat.
7. Kancil Crew (Jolowok, Sueb, Om Ndut), Anggoro, Kemproh, Ana, Idjoe, Pila, dan teman-teman kos muslim yang telah membantu banyak dalam pembuatan tugas akhir ini
8. Sahabat-sahabat Civil F'97 dan rekan-rekan TA seangkatan di lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan bantuan dalam berbagai hal.
9. Semua pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu tugas akhir ini hingga selesai.

Akhir kata penulis mohon maaf dengan segala ketulusan hati seandainya dalam menuliskan tugas akhir ini terdapat kekhilafan, semoga Allah SWT, selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, dan segala sesuatu yang telah kita laksanakan akan menjadi bekal yang berguna dan bermanfaat kelak dikemudian hari. Amin.

Alhamdulillahirrobil'alamin

Jogjakarta, Febuari 2003

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metode Perencanaan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pendahuluan	4
2.2 Pelat	4
2.2.1 Pelat Satu Arah	5
2.2.2 Pelat Dua Arah	5
2.3 Kolom	5

3.3 Perencanaan Balok	19
3.3.1 Perencanaan dengan Tulangan Sebelah	19
3.3.2 Perencanaan dengan Tulangan Rangkap	20
3.3.3 Perencanaan Geser Balok	21
3.3.4 Perencanaan Geser dan Torsi Balok	23
3.4 Perencanaan Kolom Tunggal	25
3.4.1 Perencanaan Kolom Pendek	25
3.4.2 Perencanaan Kolom Langsing	28
3.5 Perencanaan Beban Gempa	31
3.5.1 Perencanaan Struktur Portal dengan Daktilitas Penuh	31
3.5.2 Perencanaan Balok Portal	32
3.5.3 Perencanaan Kolom Portal	34
3.5.4 Perencanaan Titik Pertemuan Balok dan Kolom	37
3.6 Pondasi	40
3.6.1 Perencanaan Dimensi Penampang Pondasi	40
3.6.2 Perencanaan Geser Pondasi	41
3.6.3 kuat Tumpuan Pondasi	43
3.6.4 Perencanaan Tulangan Lentur Pondasi	44
3.7 Perencanaan Tangga	44
3.7.1 Menentukan Lebar dan Jumlah Optrede dan Antrede	44
3.7.2 Menentukan Tebal Pelat Tangga dan Lebar Tangga	45
3.7.3 Menentukan Tulangan Pelat Tangga	45

BAB IV	PERHITUNGAN KONSTRUKSI	46
4.1	Rangka Atap kuda-kuda Baja	46
4.1.1	Data	47
4.1.2	Perencanaan Gording	49
4.1.3	Perencanaan Sagrod dan Tiroed	52
4.1.4	Perencanaan Kuda-kuda –1	53
4.1.5	Perencanaan Pelat Kuda-kuda -1	70
4.1.6	Perencanaan Dukungan Arah Lateral	71
4.1.7	Perencanaan Sambungan	72
4.2	Perencanaan Pelat	77
4.2.1	Perencanaan Pelat lantai	77
4.2.1.1	Pembebanan Pelat Lantai	77
4.2.1.2	Perhitungan Tulangan Pokok Pelat Lantai	78
4.2.1.3	Perhitungan Tulangan Bagi Pelat Lantai	83
4.2.2	Perencanaan Pelat Atap	85
4.2.2.1	Pembebanan Pelat Atap	85
4.2.2.2	Perhitungan Tulangan Pokok Pelat Atap	86
4.2.2.3	Perhitungan Tulangan Bagi Pelat Atap	91
4.3	Perencanaan Balok	93
4.3.1	Perencanaan Balok Anak B2'	93
4.3.1.1	Data	93
4.3.1.2	Perhitungan Tulangan Lentur	94
4.3.2	Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak	99

4.4 Analisia Struktur Portal	104
4.4.1 Perhitungan Bebab Akibat Grafitasi	105
4.4.2 Perhitungan Gaya Geser	121
4.5 Perencanaan Balok	129
4.5.1 Perencanaan Tulangan Lentur Balok	129
4.5.2 Perencanaan Tulangan Geser Balok	144
4.5.3 Perencanaan Tulangan Torsi Balok	146
4.6 Perencanaan Kolom	151
4.6.1 Perhitungan Momen dan Gaya Aksial Rencana	151
4.6.2 Kriteria Kolom dan Pembesaran Momen	155
4.6.3 Analisis Gaya Aksial dan Momen Akibat Balok	163
4.6.4 Perencanaan Penulangan Kolom	165
4.6.4 Perencanaan Penulangan Geser	169
4.6.5 Pertemuan Balok Kolom	170
4.7 Perencanaan Pondasi	175
4.7.1 Perencanaan Dimensi Pondasi Bujursangkar	175
4.7.2 Perencanaan Dimensi Pondasi Gabungan	187
4.8 Perencanaan Tangga	198
4.8.1 Spesifikasi Struktur	198
4.8.2 Pembebanan	199
4.8.3 Penulangan Tangga	200
4.8.4 Perencanaan Pondasi Tangga	209

BAB V

PEMBAHASAN

	5.1 Umum	211
	5.2 Atap	211
	5.3 Pelat	212
	5.4 Balok Anak	212
	5.5 Balok Induk	212
	5.6 Kolom	213
	5.7 Pondasi	213
	5.8 Tangga	213
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	219
	6.1 Kesimpulan	219
	6.2 Saran	220
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Dimensi Batang Kuda-kuda -1	49
Tabel 4.2	Beban Rencana Kuda-kuda-1	64
Tabel 4.3	Perencanaan Dimensi Batang Tarik Kuda-kuda -1	68
Tabel 4.4	Perencanaan Dimensi Batang Tekan	69
Tabel 4.5	Jumah Baut Terpakai	75
Tabel 4.6	Profil Terpakai dan Berat Profil Terpakai	76
Tabel 4.7	Perencanaan Pelat Lantai Tipe 1	84
Tabel 4.8	Perencanaan Pelat Atap Tipe 1	92
Tabel 4.9	Perencanaan Balok Anak Tipe B1'	102
Tabel 4.10	Perencanaan Geser Balok Anak Tipe B1'	103
Tabel 4.11	Distribusi Gaya Geser Dasar Horisontal Total Ke arah X dan Y	124
Tabel 4.12	Perencanaan Balok Induk Tipe B1	147
Tabel 4.13	Perencanaan Pondasi Tipe 1	185
Tabel 4.14	Perencanaan Pondasi Gabungan	196
Tabel 5.1	Rekapitulasi Tulangan Balok Anak Terpasang	213
Tabel 5.2	Rekapitulasi Tulangan Balok Induk Terpasang	214
Tabel 5.3	Rekapitulasi Tulangan Kolom Terpasang	214
Tabel 5.4	Rekapitulasi Tulangan Pondasi Terpasang	215

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Digram Momen Nominal-Kuat Desak Aksial Nominal	28
Gambar 3.2	Kolom dengan $M_{u,k}$ Berdasarkan Kapasitas sendi plastis balok	36
Gambar 3.3	Panel Pertemuan Balok dan Kolom Portal	37
Gambar 3.4	Potongan Pondasi	40
Gambar 3.5	Pondasi dengan Geser Satu arah	41
Gambar 3.6	Pondasi dengan Geser Dua arah	42
Gambar 4.1	Rencana Atap kuda-kuda –1	46
Gambar 4.2	Rencana Atap kuda-kuda –2	46
Gambar 4.3	Rencana Atap kuda-kuda –3	47
Gambar 4.4	Rencana Atap kuda-kuda –4	47
Gambar 4.5	Pembebanan Atap	48
Gambar 4.6	Arah Gaya Akibat Beban Tetap	50
Gambar 4.7	BMD	50
Gambar 4.8	Pelat Kuda-Kuda	70
Gambar 4.9	Dukungan Arah Lateral	71
Gambar 4.10	Tipe Pembebanan	93
Gambar 4.11	Koefisien Momen	94
Gambar 4.12	Penampang melintang Balok Anak Lapangan	97
Gambar 4.13	Penampang Melintang Balok Anak Tumpuan	98
Gambar 4.14	Gaya Geser Pada Penampang Kritis	100
Gambar 4.15	Momen Pada Portal As -4 Bentang A-B	129

Gambar 4.16	Tulangan Pokok Balok Tumpuan	131
Gambar 4.17	Tulangan Pokok Balok Lapangan	133
Gambar 4.18	Tulangan Pokok Balok Tumpuan	134
Gambar 4.19	Momen pada Portal as 4 Bentang AB	135
Gambar 4.20	Tulangan Pokok Balok Tumpuan	136
Gambar 4.21	Tulangan Pokok Balok Lapangan	138
Gambar 4.22	Tulangan Pokok Balok Tumpuan	140
Gambar 4.23	Momen pada Portal as 4 Bentang AB	141
Gambar 4.24	Gaya Geser Pada Penampang Kritis dan Daerah Sendi Plastis	145
Gambar 4.25	Grafik Pn-Mn	166
Gambar 4.26	Potongan Pondasi Telapak	175
Gambar 4.27	Pondasi dengan Geser Satu arah	177
Gambar 4.28	Pondasi dengan Geser Dua Arah	180
Gambar 4.29	Potongan Pondasi Gabungan	187
Gambar 4.30	Potongan Tangga	198
Gambar 4.31	Pondasi Tangga	269

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Analisis Struktur SAP 2000	
	1. Analisis kuda-kuda 1	Lamp 1.1-1.8
	2. Analisis portal	Lamp 1.9-1.24
	3. Analisis tangga	Lamp 1.25-1.34
	4. Analisis pondasi	Lamp 1.35
LAMPIRAN 2	Data Tanah	
LAMPIRAN 3	Tabel Perhitungan Struktur	
	1. Kuda-kuda	Lamp 3.1-3.9
	2. Pelat	Lamp 3.10-3.13
	3. Balok Anak	Lamp 3.14-3.17
	4. Balok Induk	Lamp 3.18-3.32
	5. Kolom	Lamp 3.33-3.64
	6. Pondasi	Lamp 3.65-3.73
LAMPIRAN 4	Gambar	

DAFTAR NOTASI

1. Perencanaan atap

- a : Jumlah sagrod dalam satu bentang
- A : Luas profil baja
- A_g : Luasan Bruto Profil
- A_{netto} : Luasan bersih profil
- $A_{effektif}$: Luasan netto efektif
- B : Lebar pelat kuda-kuda
- bf : Lebar sayap
- b : Lebar sayap
- C_1 : Gaya angin tekan
- C_2 : Gaya angin hisap
- C_c : Perbandingan kelangsingan yang menjadi batas antara tekuk elastis dan tekuk inelastic
- D : Diameter
- E : Modulus elastisitas baja
- F_a : Tegangan ijin pada luas bruto dalam kondisi beban bekerja
- f_a : Tegangan tarik yang terjadi
- f_{bx} : Tegangan lentur arah x
- f_{by} : Tegangan lentur arah y
- f_c' : Kuat tekan beton
- FS : Faktor keamanan
- F_u : Kuat tarik baja

f_y	: Tegangan leleh baja
I_x	: Inersia arah X
I_y	: Inersia arah Y
K	: Koefisien kelangsingan
l	: Panjang batang yang ditinjau
L	: Panjang pelat kuda-kuda
L _b	: Jarak antar gording
M _L	: Momen tegak lurus sumbu batang
M//	: Momen sejajar sumbu batang
n	: Jumlah baut
P	: Gaya tekan yang bekerja
P//	: Gaya tekan sejajar sumbu batang
q _L	: Beban merata tegak lurus sumbu batang
q//	: Beban merata sejajar sumbu batang
r	: Jari-jari inersia = i
S _s	: Jarak beban sagrod
S _x	: Modulus elastis tampang arah sumbu x
S _y	: Modulus elastis tampang arah sumbu y
T	: Gaya tarik yang bekerja
tw	: Tebal badan profil
tp	: Tebal pelat
W	: Berat profil

- A : Sudut kemiringan atap
- δ_{\perp} : Lendutan tegak lurus sumbu batang
- $\delta_{//}$: Lendutan sejajar sumbu batang
- δ : Resultante lendutan
- μ : Faktor reduksi luas netto

2. Perencanaan Pelat Lantai

- As : Luas tulangan
- a : Lengan momen
- b : Panjang memanjang pelat
- clx : Koefisien momen lapangan arah x
- ctx : Koefisien momen tumpuan arah x
- cly : Koefisien momen lapangan arah y
- cty : Koefisien momen tumpuan arah y
- d : Tinggi efektif pelat
- f_c' : Kuat desak beton
- f_y : Kuat tarik baja
- h : Tinggi pelat
- ly : Panjang batang panjang
- lx : Panjang batang pendek
- m : Perbandingan isi dari tulangan memanjang dari bentuk tertutup
- Mulx : Momen rencana arah lapangan x
- Mutx : Momen rencana arah tumpuan x
- Muly : Momen rencana arah lapangan y

M_{ty}	: Momen rencana arah tumpuan y
M_u	: Momen rencana
M_n	: Momen nominal
q_D	: Beban mati merata
q_L	: Beban hidup merata
q_U	: Beban merata rencana
R_n	: Koefisien tahanan untuk perencanaan kuat
ρ	: Rasio tulangan
ρ_b	: Rasio tulangan pada keadaan seimbang
\emptyset	: Koefisien reduksi kekuatan

3. Perencanaan Balok

A_s	: Luas tulangan tarik
A_s'	: Luas tulangan desak
b	: Lebar balok
d	: Tinggi efektif tulangan tarik
d'	: Tinggi efektif tulangan tekan
E	: Modulus elastisitas beton
f_c'	: Kuat tekan beton
f_y	: Kuat tarik baja
h	: Tinggi balok
I	: Momen inersia balok
L	: Panjang penampang
m	: Perbandingan isi dari tulangan memanjang dari bentuk tertutup

M_n	: Momen ominal balok
M_u	: momen rencana balok
P_D	: Beban mati terpusat
P_L	: Beban hidup terpusat
P_u	: Beban ultimit terpusat
R_A	: Reaksi dukungan
R_n	: Koefisien tahanan untuk perencanaan kuat
V_u	: Gaya geser rencana
V_c	: Kuat geser beton
V_s	: Tegangan geser nominal yang disebabkan oleh tulangan
x	: Reaksi perlawanan P
X	: Jarak daerah geser ditinjau dari tengah bentang
B_1	: Konstanta yang berdasarkan mutu beton
ρ	: Rasio tulangan tarik
ρ'	: Rasio tulangan tekan
\emptyset	: Faktor reduksi kekuatan

4. Perencanaan Kolom

a	: Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen
A_s	: Luas tulangan tarik
A_s'	: Luas tulangan desak
A_{st}	: Luas tulangan total
A_g	: Luas bruto penampang
b	: Lebar penampang kolom

C_c	: Gaya tekan pada beton
C_s	: Gaya pada tulangan tekan
C_m	: Faktor untuk perbesaran momen
d	: Jarak dari sisi tekan terluar ke pusat tulangan tarik
d'	: Jarak dari sisi tekan terluar ke pusat tulangan tekan
e	: Eksentrisitas actual
e_b	: eksentrisitas pada keadaan seimbang
E_c	: Modulus elastisitas beton
E_g	: Modulus elastisitas balok
E_s	: Modulus elastisitas baja tulangan
f_c'	: Kuat desak beton
f_s	: Tegangan tulangan tarik
f_s'	: Tegangan tulangan tekan
f_y	: tegangan leleh baja yang diisyaratkan
h	: Tinggi penampang kolom
I_c	: Momen inersia kolom
I_{cr}	: Momen inersia balok
I_g	: Momen inersia dari penampang bruto balok
k	: Faktor panjang efektif
l_n	: Panjang batang bersih
l_u	: Panjang tak bertumpu
L_c	: Panjang bersih kolom
L_g	: Panjang bersih balok

- m : Perbandingan isi dari tulangan memanjang dari bentuk tertutup
 M_b : Momen akibat beban tetap
 M_{1b} : momen factor terbesar pada ujung komponen akibat beban tetap
 M_{2b} : Momen factor terbesar pada ujung komponen akibat beban sementara
 M_D : Momen akibat beban mati
 M_E : Momen akibat beban gempa
 M_L : Momen akibat beban hidup
 M_n : Momen nominal
 M_{nx} : Momen nominal yang bekerja pada sb x
 M_{ny} : Momen nominal yang bekerja di sb y
 M_{ox} : Momen uniaksial ekuivalen perlu pada arah sb x
 M_{oxn} : Momen tahanan nominal actual pada arah sb x
 M_{oy} : Momen uniaksial ekuivalen perlu pada arah sb y
 M_{oyn} : Momen tahanan nominal actual pada arah sb y
 M_S : Momen akibat beban sementara
 M_u : momen rencana kolom
 P_c : Beban tekuk euler
 P_D : Gaya tekan akibat beban mati
 P_E : Gaya tekan akibat beban gempa
 P_L : gaya tekan akibat beban hidup
 P_n : Gaya tekan nominal
 P_O : Kapasitas beban sentris minimum

- P_{no} : Kapasitas beban sentris nominal
 P_u : Gaya tekan rencana kolom
 r : Jari-jari girasi penampang
 T : Tegangan tarik
 δ_b : Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan kesamping
 δ_s : Faktor pembesaran momen untuk rangka yang tidak ditahan terhadap goyangan kesamping
 ρ : Rasio tulangan kolom
 β_1 : Faktor tinggi blok tekanan ekivalen
 β_d : Nilai perbandingan momen beban mati rencana terhadap momen total rencana yang besarnya kurang atau sama dengan satu.
 ψ : Faktor kekangan ujung
 ϕ : Faktor reduksi kekuatan
 $\sum P_c$: Penjumlahan beban tekuk euler pada kolom satu tingkat/lantai
 $\sum P_u$: Penjumlahan beban tekuk ultimit pada kolom satu tingkat/lantai
: Jarak titik berat penampang dari sisi penampang terluar

5. Perencanaan Gempa

- A_g : Luas bruto penampang
 A_{jh} : Luas tulangan total efektif tulangan geser horizontal
 A_{jv} : Luas tulangan geser join vertikal
 A_s : Luas tulangan geser join vertikal

A_s'	: Luas tulangan desak
A_{sc}	: Luas tulangan longitudinal tarik
A_{sc}'	: Luas tulangan longitudinal tekan
b_j	: Lebar efektif join
C	: Koefisien gempa dasar
C_{ki}	: Gaya tekan tulangan arah kiri
F_x	: Beban horizontal tiap lantai pada arah x
f_y	: Tegangan leleh baja
f_c'	: Kuat tekan beton
F_y	: Beban horizontal tiap lantai pada arah y
h_x	: Tinggi gedung arah x
h_y	: Tinggi gedung arah y
h_k	: Tinggi kolom bruto
h'_k	: Tinggi kolom netto
h_c	: Tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau
h_w	: Tinggi bangunan
I	: Faktor keutamaan struktur
K	: Faktor jenis struktur
L_b	: Panjang balok
L_{ki}	: Panjang balok bruto sebelah kiri kolom yang ditinjau
L_{ki}'	: Panjang balok netto sebelah kiri kolom yang ditinjau
L_{ka}	: Panjang balok bruto sebelah kanan balok yang ditinjau
L_{ka}'	: Panjang balok netto sebelah kanan balok yang ditinjau

L_n	: Bentang bersih balok
L_w	: Lebar bangunan
$M_{D,b}$: Momen lentur balok portal akibat beban mati tak berfaktor
$M_{D,k}$: Momen lentur kolom portal akibat beban mati tak berfaktor
$M_{E,b}$: Momen lentur balok portal akibat beban gempa tak berfaktor
$M_{E,k}$: Momen lentur kolom portal akibat beban gempa tak berfaktor
$M_{L,b}$: Momen lentur balok portal akibat beban hidup tak berfaktor
$M_{L,k}$: Momen lentur kolom portal akibat beban hidup tak berfaktor
$M_{kap,b}$: Momen kapasitas balok
$M_{nak,b}$: Kuat momen lentur nominal actual balok
M_{kap}	: Momen kapasitas di sendi plastis pada satu ujung atau bidang muka kolom
M_{kap}'	: Momen kapasitas untuk ujung lainnya
$M_{u,b}$: Momen rencana balok
$M_{u,k}$: Momen rencana kolom
n	: Jumlah lantai tingkat di atas kolom yang ditinjau
$N_{E,k}$: Gaya akibat beban gempa pada pusat kolom
$N_{g,k}$: Gaya aksial akibat beban gravitasi terfaktor pada pusat joint
$N_{u,k}$: Gaya aksial rencana kolom
P_{cs}	: Gaya permanen gaya prategang yang terletak di sepertiga bagian tengah tinggi kolom
q	: Beban terbagi merata
R_v	: Faktor reduksi berdasarkan banyak tingkat

- T : Gaya tarik yang terjadi
- V_b : Gaya gempa dasar
- V_{bx} : Gaya gempa dasar arah x
- V_{by} : Gaya gempa dasar arah y
- V_{ch} : Gaya geser strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung joint arah horizontal
- V_{cv} : Gaya geser strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung joint arah vertical
- V_D : Gaya geser balok akibat beban mati
- $V_{D,K}$: Gaya geser kolom akibat beban mati
- V_E : Gaya geser balok akibat beban gempa
- $V_{E,K}$: Gaya geser kolom akibat beban gempa
- V_g : Gaya geser balok akibat berat sendiri dan beban gravitasi
- V_{jh} : Gaya geser horizontal
- V_L : Gaya geser balok akibat beban hidup
- $V_{L,K}$: Gaya geser kolom akibat beban hidup
- V_{kol} : Gaya geser kolom
- V_{sh} : Gaya geser pada daerah tarik joint dengan mekanisme panel rangka arah horizontal
- V_{sv} : Gaya geser pada daerah tarik joint dengan mekanisme panel rangka arah vertical
- $V_{u,b}$: Gaya geser rencana balok
- $V_{u,k}$: Gaya geser rencana kolom

W_t	: Berat total keseluruhan gedung
W_y	: Berat tiap lantai pada arah y
W_x	: Berat tiap lantai pada arah x
Z_{ka}	: Lengan momen kanan
Z_{ki}	: Lengan momen kiri
ρ	: Rasio tulangan tarik
ρ'	: Rasio tulangan desak
ρ_b	: Rasio tulangan pada keadaan seimbang
ω_d	: Koefisien pembesaran dinamis
α_k	: Faktor distribusi momen dari kolom yang ditinjau

6. Perencanaan Pondasi

a	: Lengan momen
b_o	: Keliling penampang kritis pada pelat dan pondasi
d	: Jarak pusat tulangan tarik ke serat tekan beton
e_x	: Eksentrisitas gaya terhadap sumbu x
e_y	: Eksentrisitas gaya terhadap sumbu y
f'_c	: Kuat tekan beton
f_y	: Tegangan luluh pondasi
h	: Tebal pondasi
h_k	: Panjang penampang kolom
L_p	: Lebar pondasi telapak
M_x	: Momen terhadap sumbu x
M_y	: Momen terhadap sumbu y

M_u	: Momen rencana
M_n	: Momen nominal
m_1	: Jarak geser dari tepi pondasi terhadap sumbu x
m	: Perbandingan isi dari tulangan memanjang dari bentuk tertutup
n_1	: Jarak geser dari tepi pondasi terhadap sumbu y
P	: Gaya tekan yang bekerja
P_b	: Selimut beton
P_n	: Gaya tekan nominal
P_p	: Panjang pondasi telapak
Q_u	: Tegangan kontak yang terjadi di dasar pondasi
R_n	: Koefisien tahanan untuk perencanaan kuat
V_c	: Kuat beton menahan geser
t_k	: Lebar penampang kolom
x	: Panjang bidang geser kritis
y	: Lebar bidang geser kritis
ρ	: Rasio tulangan
ρ_b	: Rasio tulangan dalam keadaan seimbang
β_1	: Rasio antara sisi panjang terhadap sisi pendek pondasi
β_c	: Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Universitas Islam Indonesia merupakan salah satu Universitas tertua di Indonesia yang telah menghasilkan ribuan alumni dari 8 fakultas yang dimiliki. Dengan jumlah disiplin ilmu yang cukup banyak tersebut, Universitas Islam Indonesia perlu membangun suatu gedung Laboratorium Terpadu untuk mendukung kelengkapan belajar mengajar, sehingga akan menunjang pelaksanaan pendidikan yang mampu menghasilkan sumber daya manusia yang berkualitas, beriman, berilmu dan bertaqwa.

Perkembangan dunia konstruksi yang demikian pesat, sehingga para sarjana dituntut untuk lebih siap dalam menghadapi tantangan tersebut, khususnya dalam perhitungan struktur bertingkat banyak. Untuk itu penulis mengambil Tugas Akhir tentang perencanaan dengan harapan dapat digunakan sebagai pengalaman untuk mempersiapkan diri dalam menghadapi dunia kerja.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan ini adalah untuk merencanakan ulang/*redesign* struktur Pembangunan Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia.

Perencanaan ulang/*redesign* ini bertujuan untuk mengaplikasikan ilmu ketekniksipilan yang telah diperoleh sehingga dapat dijadikan bekal dalam menghadapi dunia kerja di bidang konstruksi.

1.3 Batasan Masalah

Sebagai batasan ruang lingkup dalam *redesign*/perencanaan ulang Pembangunan Gedung Laboratorium Terpadu dalam rangka penyusunan Tugas Akhir ini, adalah sebagai berikut :

1. Obyek perencanaan ulang adalah gedung Laboratorium Terpadu Blok Sayap Universitas Islam Indonesia yang terletak di Jalan Kaliurang km 14,4, Desa Lodadi, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Propinsi DIY.
2. Analisa mekanika struktur bangunan dengan program SAP2000 3 dimensi, bentuk struktur bangunan seperti yang sudah ada kecuali atap kecil bagian depan, dengan dukungan pada kaki kolom dianggap jepit.
3. Perhitungan beban gempa menggunakan metode statik ekuivalen.
4. Perencanaan atap menggunakan mutu baja profil BJ 37 dengan tegangan leleh (f_y) = 250 MPa
5. Perencanaan menggunakan mutu beton dengan kuat desak rencana (f'_c) = 22,5 MPa
6. Perencanaan menggunakan baja tulangan polos (BJTP) untuk $\varnothing < 12$ mm dengan tegangan leleh (f_y) = 240 MPa dan baja tulangan ulir (BJTD) untuk $\varnothing > 12$ mm dengan tegangan leleh (f_y) = 400 Mpa.
7. Analisa mekanika struktur dengan program SAP2000, 3 dimensi.

8. Kombinasi beban yang diperhitungkan adalah beban mati, hidup, dan beban horizontal gempa mengambil daerah gempa wilayah 3 (DIJ dan sekitarnya).
9. Perencanaan konstruksi baja berdasarkan metode *allowable stress design* (perencanaan elastis) dari AISC.
10. Secara keseluruhan struktur beton direncanakan dengan daktilitas penuh dengan nilai $K=1$.
11. Untuk tebal pelat lantai diambil sebesar 12 cm dan untuk tebal pelat atap diambil sebesar 10 cm

1.4 METODE PERENCANAAN

Dalam perencanaan Gedung Laboratorium Terpadu UII dibagi menjadi beberapa langkah yang dilaksanakan sesuai dengan urutan pelaksanaan.

1. Mengumpulkan data
Data ini berupa denah situasi, denah ruang dan data tanah.
2. Mangumpulkan literature sebagai dasar perencanaan.
3. Merencanakan spesifikasi struktur yang akan direncanakan.
4. Menganalisis untuk merencanakan sebuah struktur bangunan gedung.
5. Menggambar penulangan struktur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Desain struktur merupakan salah satu bagian dari proses perencanaan bangunan. Proses desain tersebut merupakan gabungan antara unsur seni dan sains yang membutuhkan keahlian dalam mengolahnya. Proses ini dibedakan dalam dua bagian. *Pertama*, desain umum yang merupakan peninjauan umum secara garis besar keputusan-keputusan desain. Tipe struktur dipilih dari berbagai alternatif yang mungkin. Tata letak struktur, geometri atau bentuk bangunan, jarak antar kolom, tinggi lantai, dan material bangunan telah ditetapkan dengan pasti dalam tahap ini. Tahap *kedua*, desain terinci yang antara lain meninjau tentang penentuan besar penampang lintang balok, kolom, tebal pelat, dan elemen struktur lainnya. (L. Wahyudi dan Syahril, 1997)

2.2 Pelat

Pelat merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin tulangnya dua arah atau satu arah saja, tergantung sistem strukturnya. Kontinuitas penulangan pelat diteruskan ke dalam balok-balok dan diteruskan de dalam kolom. Dengan demikian, sistem pelat secara keseluruhan menjadi satu kesatuan membentuk rangka struktur bangunan kaku statis tak tentu yang sangat kompleks, sehingga mengakibatkan timbulnya momen, gaya geser, dan lendutan (Istimawan, 1994).

Pelat adalah elemen bidang tipis yang menahan beban transversal yang melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan. (*Syahril dan Wahyudi, 1999*)

Berdasarkan perbandingan antara bentang panjang dan bentang pendek, pelat dibedakan menjadi dua, yaitu :

2.2.1 Pelat satu arah

Pelat satu arah adalah pelat yang didukung pada dua tepi yang berhadapan saja, sehingga lendutan yang timbul hanya satu arah saja yaitu pada arah yang tegak lurus terhadap arah dukungan tepi. Atau dengan kata lain pelat satu arah adalah pelat yang mempunyai perbandingan antara sisi panjang terhadap sisi pendek yang saling tegak lurus lebih besar dari dua, dengan lendutan utama pada sisi yang lebih pendek. (*Istimawan, 1994*)

2.2.2 Pelat dua arah

Pelat dua arah adalah pelat yang didukung sepanjang keempat sisinya dengan lendutan yang akan timbul pada dua arah yang saling tegak lurus, atau perbandingan antara sisi panjang dan sisi pendek yang saling tegak lurus kurang dari dua. (*Istimawan, 1994*).

2.3 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi (*Sudarmoko, 1996*).

Kolom merupakan elemen vertikal yang memikul sistem lantai struktural. Elemen ini merupakan elemen yang mengalami tekan dan pada umumnya disertai dengan momen lentur (*Edward G. Nawy, 1985*).

2.4 Balok

Balok adalah batang struktural yang hanya menerima beban-beban tegak saja, dan bisa dianalisa dengan lengkap bila diagram geser dan diagram momennya telah didapatkan (*Istimawan, 1994*).

Balok merupakan bagian struktural bangunan yang penting bertujuan untuk memikul beban transversal yang dapat berupa beban lentur, geser, maupun torsi. Oleh karena itu perencanaan balok yang efisien, ekonomis, cepat, dan aman sangat penting. (*Sudarmoko, 1996*).

Yang dimaksud balok induk adalah balok yang menumpu pada kolom, sedangkan balok anak adalah balok yang menumpu pada balok induk.

2.5 Portal

Portal merupakan suatu rangka struktur pada bangunan yang harus mampu menahan beban-beban yang bekerja, baik beban mati, beban hidup, maupun beban sementara.

2.5.1 Portal tak bergoyang (braced frame)

Portal tak bergoyang didefinisikan sebagai portal dimana tekuk goyangan dicegah oleh elemen-elemen topangan struktur tersebut dan bukan oleh portal itu sendiri. (*Salamon & Jhonson, 1996*)

Portal tak bergoyang mempunyai sifat :

1. Portal tersebut simetris dan bekerja beban simetris
2. Portal yang mempunyai kaitan dengan konstruksi lain yang tidak dapat bergoyang

2.5.2 Portal bergoyang

Suatu portal dikatakan bergoyang , jika :

1. Beban yang tidak simetris yang bekerja pada portal yang simetris atau tidak simetris
2. Beban simetris yang bekerja pada portal yang tidak simetris.

2.6 Pondasi

Pondasi yaitu bagian bangunan yang berada dibawah permukaan. Pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan ke dalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya. (*Bowles, 1991*)

Pondasi umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah, dan telapak pondasi berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah, sehingga telapak pondasi harus memenuhi persyaratan untuk mampu dengan aman menyebar beban-beban yang diteruskannya sedemikian rupa sehingga kapasitas atau daya dukung tanah tidak terlampaui (*Istimawan, 1994*).

2.7 Pembebanan

2.7.1 Macam-macam pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur umumnya dapat digolongkan menjadi 5 (lima) macam (*PBI, 1983*) :

1. Beban mati

Beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-

mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisah dari gedung itu.

2. Beban hidup

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian/penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air. Kedalam beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa, dan beban khusus.

3 Beban angin

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Diambil 25 kg/m^2 (PBI'83).

4. Beban gempa

Beban gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

5. Beban khusus

Beban khusus ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari kren (*crane*), gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya.

2.7.2 Kombinasi pembebanan

Provisi keamanan yang diisyaratkan dalam SNI T-15-1991-03 dapat dibagi dalam dua bagian yaitu ; provisi faktor beban dan provisi faktor reduksi kekuatan. Kuat perlu (U) dari suatu struktur harus dihitung dengan beberapa kombinasi beban yang bekerja pada struktur tersebut (Pasal 3.2.2 SNI T-15-1991-03).

1. Untuk kondisi beban mati (D) dan beban hidup (L)

$$U = 1,2D + 1,6L \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Bila beban angin (W) turut diperhitungkan, maka pengaruh kombinasi beban mati (D), hidup (L) dan angin (W), berikut ini harus dipilih untuk menentukan nilai kuat perlu (U) terbesar.

$$U = 0,75 (1,2D + 1,6L + 1,6W) \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan beban hidup (L) yang kosong, turut pula diperhitungkan untuk mengantisipasi kondisi yang bahaya sehingga :

$$U = 0,9D + 1,3W \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

3. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa (E) turut diperhitungkan,

$$U = 1,05 (D + L_R \pm E) \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

atau

$$U = 0,9 (D \pm E) \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan L_R = beban hidup yang telah direduksi sesuai dengan ketentuan SNI 1726-1989-F tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung. Nilai beban gempa (E) ditetapkan berdasarkan ketentuan SNI 1726-1989-F.

4. Bila tekanan horisontal tanah (H) turut diperhitungkan kuat perlu (U) minimum harus sama dengan :

$$U = 1,2D + 1,6L + 1,6H \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

Untuk keadaan dimana pengaruh beban mati (D) dan hidup (L) mengurangi efek dari tekanan horisontal tanah (H), koefisien beban mati (D) berubah menjadi 0,9 dan beban hidup (L) menjadi 0 (nol), sehingga :

$$U = 0,9D + 1,6H \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Nilai **persamaan (2.6)** dan **(2.7)** tidak boleh lebih kecil dari **persamaan (2.1)**

5. bila pengaruh struktural (T) seperti akibat perbedaan penurunan (differential settlement), rangkai, susut, atau perubahan suhu cukup menentukan dalam perencanaan, kuat perlu harus diambil sebagai berikut :

$$U = 0,75 (1,2D + 1,2T + 1,6L) \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

6. Tetapi nilai kuat perlu (U) ini tidak boleh kurang dari :

$$U = 1,2 (D + T) \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

2.7.3 Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)

Nilai reduksi kekuatan (ϕ) yang diberikan oleh SNI T-15-1991-03 adalah sebagai berikut :

- | | |
|---|-----------------|
| 1. untuk beban lentur tanpa gaya aksial | $(\phi) = 0,8$ |
| 2. untuk gaya aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur | $(\phi) = 0,8$ |
| 3. untuk gaya aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur | |
| dengan tulangan spiral | $(\phi) = 0,7$ |
| dengan tulangan sengkang ikat | $(\phi) = 0,65$ |
| 4. untuk geser dan torsi | $(\phi) = 0,6$ |
| 5. tumpuan pada beton (lihat pasal 3.11.13 SNI) | $(\phi) = 0,7$ |

2.8 Dasar-dasar Perencanaan

Peraturan–peraturan/standarisasi yang digunakan dalam perencanaan ulang Gedung laboratorium Terpadu UII, adalah ;

1. Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung (PPTGIUG), 1983.
2. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PBIUG), 1987.
3. SK SNI T-15-1991-03.
4. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI), 1971 NI-2.
5. Metode *allowable stress design* dari AISC.
6. Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton Bertulang Biasa Dan Struktur Beton Bertulang Untuk Gedung, 1983

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 PERENCANAAN ATAP

Dalam perencanaan ulang ini, perencanaan atap baja mengacu pada metode *allowable stress design* dari AISC.

3.1.1 Perencanaan gording

3.1.1.1 Tegangan :

$$\frac{f_{bx}}{0,66 F_y} + \frac{f_{by}}{0,75 F_y} \leq 1,0 \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

$$f_{bx} = \frac{M_{\perp} \cdot \max}{S_x} \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

$$f_{by} = \frac{M_{\parallel} \cdot \max}{S_y} \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

3.1.1.2 Lendutan :

$$\delta_{\perp} = \frac{5}{384} \frac{q_{\perp} \cdot L^4}{E I_x} \leq \frac{L}{360} \quad \dots\dots\dots (3-4)$$

$$\delta_{\parallel} = \frac{5}{384} \frac{q_{\parallel} \cdot \left(\frac{L}{a+1}\right)^4}{E I_y} \leq \frac{L}{360} \quad \dots\dots\dots (3-5)$$

$$\delta = \sqrt{\delta_{\perp}^2 + \delta_{\parallel}^2} \quad \dots\dots\dots (3-6)$$

keterangan : f_{bx} = tegangan lentur arah sumbu x (ksi)
 f_{by} = tegangan lentur arah sumbu y (ksi)
 F_y = tegangan leleh baja (ksi)
 S_x = modulus elastis tampang arah sumbu x (in^3)
 S_y = modulus elastis tampang arah sumbu y (in^3)
 M_{\perp} = momen tegak lurus sumbu batang (kin)
 M_{\parallel} = momen sejajar sumbu batang (kin)
 δ = resultan lendutan (mm)

- δ_{\perp} = lendutan tegak lurus sumbu batang (mm)
 $\delta_{//}$ = lendutan searah sumbu batang (mm)
 E = modulus elastis baja (29000 ksi)
 I_x = Inersia arah sumbu x (mm^4)
 I_y = Inersia arah sumbu y (mm^4)

3.1.1 Perencanaan sagrod dan tierod

3.1.2.1 sagrod

$$P = 0.33 \cdot Fu \cdot Asagrod \quad \dots\dots\dots (3-7)$$

$$P_{//} = P \cdot \sin \alpha \cdot Ss \quad \dots\dots\dots (3-8)$$

$$Asagrod = \frac{P_{//}}{0.33 \cdot Fu} = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 sagrod \quad \dots\dots\dots (3-9)$$

$$Dsagrod = \sqrt{\frac{P_{//} \cdot 4}{0.33 \cdot Fu \pi}} \quad \dots\dots\dots (3-10)$$

$$Dpakai = Dsagrod + 3 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots(3-11)$$

3.1.2.2 Tierod

$$T = P \cdot \cos \alpha \quad \dots\dots\dots(3-12)$$

$$T = 0.33 \cdot Fu \cdot Atierod \quad \dots\dots\dots(3-13)$$

$$Atierod = \frac{T}{0.33 \cdot Fu} = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 tierod \quad \dots\dots\dots(3-14)$$

$$Dtierod = \sqrt{\frac{4 \cdot T}{0.33 \cdot Fu \cdot \pi}} \quad \dots\dots\dots(3-15)$$

$$Dpakai = Dtierod + 3 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots(3-16)$$

- keterangan : P = gaya yang bekerja (kips)
 P// = gaya sejajar sumbu batang (kips)
 Fu = kuat tarik baja (ksi)
 Ss = jarak beban sagrod (in)
 D = diameter baja (in)
 A = luas penampang baja (in^2)
 T = tegangan yang bekerja (kips)

3.1.4 Perencanaan Batang Tarik

$$A_{g1 \text{ perlu}} = \frac{T}{0,60.Fy} \dots\dots\dots(3-17)$$

$$A_{g2 \text{ perlu}} = \frac{T}{0,5.Fu} + A_{\text{lubang}} \dots\dots\dots(3-18)$$

$$A_{\text{Lubang}} = (1/8'' + \varnothing_{\text{baut}}) \cdot \text{tebal plat} \cdot n \dots\dots\dots (3-19)$$

$$r_{\text{min}} = \frac{kL}{240} \dots\dots\dots (3-20)$$

Dipakai profil yang luasnya > nilai $A_{g \text{ perlu}}$ terpakai

$$A_{\text{netto}} = A_{\text{bruto}} - A_{\text{lubang}} \dots\dots\dots (3-21)$$

$$A_{\text{ef ada}} = A_{\text{netto}} \cdot \mu \dots\dots\dots (3-22)$$

$$\mu = 0,75 \text{ Sampai } 1 \dots\dots\dots (3-23)$$

❖ Kontrol Tegangan Tarik yang terjadi

$$\text{-Tampang tanpa lubang : } fa = \frac{T}{A_g} \leq 0,60.Fy \dots\dots\dots (3-24)$$

$$\text{-Tampang ada lubang : } fa = \frac{T}{A_{\text{ef}}} \leq 0,50.Fy \dots\dots\dots (3-25)$$

Keterangan : L = panjang batang (in)

T = gaya tarik (kips)

r = jari –jari inersia terkecil profil (in)

A_{netto} = luas bersih penampang (mm)

A_g = luas kotor penampang (mm)

fa = tegangan tarik yang terjadi (ksi)

n = jumlah batang

\varnothing = diameter (in)

μ = faktor reduksi luas netto, dengan kriteria :

- a. lebar sayap $\geq 2/3$ X kedalaman; sambungan pada sayap-sayap minimal 3 ikatan pergaris dalam garis tekanan $\mu = 0,90$
- b. minimum 3 ikatan pergaris tekanan yang tidak sama dengan kriteria (a) $\mu = 0,85$
- c. 2 ikatan pergaris tekanan $\mu = 0,75$

3.1.5 Perencanaan Batang Desak

3.1.5.1 Kontrol tekuk

$$\frac{bf}{tw} \leq \frac{76}{\sqrt{F_y}} \quad (\text{Ksi}) \quad \dots\dots\dots (3-26)$$

3.1.5.2 kontrol kelangsingan :

$$a. \frac{kL}{r} \leq C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \frac{755}{\sqrt{F_y}} \quad (\text{Fy dalam Ksi}) \quad \dots\dots (3-27)$$

$$\leq C_c = \frac{6400}{\sqrt{F_y}} \quad (\text{Fy dalam Kg/cm}^2) \quad \dots\dots (3-28)$$

$$\leq C_c = \frac{1987}{\sqrt{F_y}} \quad (\text{Fy dalam Mpa}) \quad \dots\dots (3-29)$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{kL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left(\frac{kL/r}{C_c} \right)^3 \quad \dots\dots\dots (3-30)$$

$$F_a = \frac{F_y}{FS} \left(1 - 0,5 \left(\frac{Kl/r}{C_c} \right)^2 \right) \quad \dots\dots\dots (3-31)$$

$$b. \frac{kL}{r} > C_c$$

$$F_a = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{(Kl/r)^2} \quad \dots\dots\dots (3-32)$$

3.1.5.3 Kontrol Beban

$$T = F_a \cdot A > P \quad \dots\dots\dots (3-33)$$

Keterangan : F_a = tegangan ijin pada luas bruto dalam kondisi beban kerja (ksi)

Kl/r = angka kelangsingan elemen desak

FS = faktor keamanan

T = beban ijin

P = beban yang terjadi

3.1.6 Perencanaan Sambungan

$$P_{\text{tumpuan}} = t_p \cdot D_{\text{baut}} \cdot 1,2 \cdot F_u \cdot N \quad \dots\dots\dots (3-34)$$

$$D_{\text{baut}} = \frac{P_{\text{tumpuan}}}{1,2 \cdot F_u \cdot N \cdot t_p} \quad \dots\dots\dots (3-35)$$

$$P_{\text{geser}} = A_{\text{baut}} \cdot F_v \cdot 2n = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{\text{baut}}^2 \cdot F_v \cdot 2n \quad \dots\dots\dots (3-36)$$

$$D_{\text{baut}} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{geser}}}{2 \cdot \pi \cdot F_v \cdot N}} \quad \dots\dots\dots (3-37)$$

3.2 PERENCANAAN PELAT 2 ARAH

3.2.1 Menentukan tebal minimum pelat (h)

Menurut SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5 butir 3.3 rumus pendekatan mengenai tebal pelat (h) :

$$h \geq \frac{Ln \cdot (0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta \cdot \left[\alpha_m - 0,12 \cdot \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]} \quad \dots\dots\dots (3-38)$$

tetapi tidak boleh kurang dari : $h \geq \frac{Ln \cdot (0,8 + f_y/1500)}{36 + 9\beta} \quad \dots\dots\dots (3-39)$

dan tidak perlu lebih dari : $h \leq \frac{Ln \cdot (0,8 + f_y/1500)}{36} \quad \dots\dots\dots (3-40)$

Dalam segala hal tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari harga berikut :

- Untuk α_m kurang dari (<) 2,0 digunakan nilai h minimal 120 mm.
- Untuk α_m lebih dari (\geq) 2,0 digunakan nilai h minimal 90 mm.

keterangan: L_n = bentang bersih pada pelat dihitung dari muka kolom (mm)

α_m = rasio kekakuan balok terhadap pelat

β = rasio panjang terhadap lebar bentang pelat

3.2.2 Menentukan Momen Lentur terjadi

Berdasar *metode koefisien momen*, besar momen lentur dalam arah bentang panjang :

$$\begin{aligned} M_{tx} &= 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X_{tx} \\ M_{lx} &= 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X_{lx} \\ M_{ty} &= 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X_{ty} \\ M_{ly} &= 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X_{ly} \end{aligned} \dots\dots\dots(3-41)$$

keterangan : qu = beban merata

Lx = panjang bentang pendek

X_{tx} = koefisien momen tumpuan arah x

X_{lx} = koefisien momen lapangan arah x

X_{ty} = koefisien momen tumpuan arah y

X_{ly} = koefisien momen lapangan arah y

Nilai koefien momen (X) diambil dari tabel 13.3.1 dan 13.3.2 PBTI 1971

3.2.3 Menentukan Tinggi manfaat (d) arah x dan y

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots(3-42)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots(3-43)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(3-44)$$

Pada pelat dua arah, tulangan momen positif untuk kedua arah dipasang saling tegak lurus. Karena momen positif arah bentang pendek (x) lebih besar dari bentang panjang (y), maka tulangan bentang pendek diletakkan pada lapis bawah agar memberikan d (tinggi manfaat) yang besar.

$$d_x = h - P_b - \frac{1}{2} \cdot \phi_{tul. x} \dots\dots\dots(3-45)$$

$$d_y = h - P_b - \phi_{tul. x} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{tul. y} \dots\dots\dots(3-46)$$

3.2.4 Menentukan Luas Tulangan (As) arah x dan y

$$R_n = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots(3-47)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} \dots\dots\dots (3-48)$$

$$\rho_{ada} = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \dots\dots\dots (3-49)$$

- Jika $\rho_{ada} > \rho_{maks}$, \longrightarrow tebal minimum (h) harus perbesar
- Jika $\rho_{min} < \rho_{ada} < \rho_{maks}$ \longrightarrow $\rho_{perlu} = \rho_{ada}$
- Jika $\rho_{ada} < \rho_{maks}$, dan juga $< \rho_{min}$, maka :
 - $1,33 \cdot \rho_{ada} > \rho_{min}$ \longrightarrow $\rho_{perlu} = \rho_{min}$
 - $0,002 < 1,33 \cdot \rho_{ada} < \rho_{min}$ \longrightarrow $\rho_{perlu} = 1,33 \cdot \rho_{ada}$
 - $1,33 \cdot \rho_{ada} < \rho_{min}$, dan juga $< 0,002$ \longrightarrow $\rho_{perlu} = 0,002$

$$\text{Luas tulangan pokok : } A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (3-50)$$

Jarak tulangan pokok (diambil $b = 1$ meter)

$$s \leq \frac{A_1 \cdot b}{A_{s_{perlu}}} \dots\dots\dots (3-51)$$

$$s \leq 2h \dots\dots\dots (3-52)$$

$$s \leq 250 \text{ mm} \dots\dots\dots (3-53)$$

Diambil nilai jarak antar tulangan (s) yang terkecil, sehingga didapatkan nilai

$$A_{S_{ada}} : A_{S_{ada}} = \frac{A_1 \cdot b}{s} \dots\dots\dots (3-54)$$

3.2.5 Kontrol kapasitas lentur pelat yang terjadi

$$a = \frac{A_{s_{ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \dots\dots\dots (3-55)$$

$$M_n = A_{S_{ada}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \geq \frac{M_u}{\phi} \dots\dots\dots (3-56)$$

3.3 PENENCANAAN BALOK

- faktor blok tegangan beton (β_1), sama dengan : (SK SNI T-15-1991-03 Pasal 3.3.2 butir 7.3)

$$f'c \leq 30 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$f'c > 30 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 \cdot (f'c - 30) \geq 0,65 \dots (3-57)$$

- Menentukan nilai rasio tulangan (ρ)

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (3-58)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots (3-59)$$

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y$$

dalam perencanaan dipakai nilai ρ : $\rho_{pakai} = 0,5 \cdot \rho_{maks} \dots\dots\dots (3-60)$

keterangan :

ρ_b = rasio tulangan terhadap luas beton efektif dalam keadaan seimbang

ρ_{maks} = rasio tulangan maksimum

ρ_{pakai} = rasio tulangan yang dipakai dalam perencanaan

- Menentukan tinggi efektif (d) dan lebar (b) penampang beton

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \dots\dots\dots (3-61)$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot (1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m) \dots\dots\dots (3-62)$$

$$b \cdot d^2 = \frac{M_u / \theta}{R_n} ; \text{ sehingga } d = \sqrt{\frac{M_u / \theta}{R_n \cdot b}} \dots\dots\dots (3-63)$$

dengan : $b \geq 250$ mm dan $b/h \geq 0,3$

Tentukan diameter (ϕ) rencana dan penutup beton

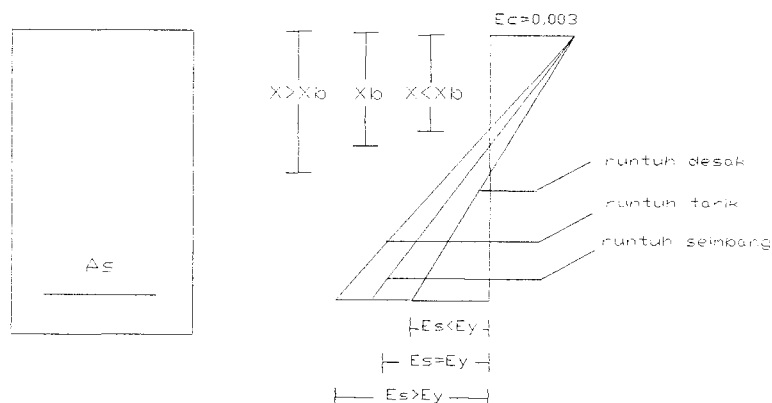
$$d = h - P_b - \phi \text{ sengkang} - z$$

Apabila $d \geq d_{perlu}$ maka dipakai tulangan sebelah

Apabila $d < d_{perlu}$ maka dipakai tulangan rangkap

3.2.1 Perencanaan Dengan Tulangan Sebelah

- Menentukan ρ_{ada} dan $R_{n_{ada}}$



Gambar 3.1 Distribusi regangan untuk berbagai ragam keruntuhan

$$Rn_{ada} = \frac{Mu/\phi}{b \cdot d_{ada}^2} \dots\dots\dots(3-64)$$

$$\rho_{ada} = \frac{Rn_{ada}}{Rn} \cdot \rho \dots\dots\dots(3-65)$$

▪ Menentukan Luas tulangan (As)

$$As = \rho_{ada} \cdot b \cdot d_{ada} \dots\dots\dots (3-66)$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{As}{A_1} \dots\dots\dots (3-67)$$

$$As_{ada} = n \cdot A_1 > As \dots\dots\dots (3-68)$$

keterangan :

z = Jarak pusat tulangan pokok ke sisi dalam sengkang (mm)

As = Luas tulangan tarik longitudinal (mm²)

As_{ada} = Luas tulangan tarik longitudinal yang ada (mm²)

A₁ = Luas tampang 1 buah tulangan (mm²)

ρ_{ada} = rasio tulangan berdasarkan perhitungan luas penampang beton

▪ Kontrol kapasitas Lentur yang terjadi

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \dots\dots\dots (3-69)$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - a/2) > Mu/\phi \dots\dots\dots (3-70)$$

keterangan :

a = tinggi blok tegangan persegi ekuivalen (mm)

Mn = kapasitas lentur nominal yang terjadi (Nmm)

3.3.2 Perencanaan Dengan Tulangan Rangkap

▪ Menentukan As₁ dan Mn₁

Ambil ρ₁ = ρ - ρ = ρ tulangan sebelah

$$As_1 = \rho_1 \cdot b \cdot d_{ada} \dots\dots\dots (3-71)$$

$$a = \frac{As_1 \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \dots\dots\dots (3-72)$$

$$Mn_1 = As_1 \cdot fy \cdot (d - a/2) < Mu/\phi \dots\dots\dots (3-73)$$

- Menentukan Mn_2

$$\frac{Mu}{\phi} \leq Mn = Mn_1 + Mn_2$$

$$Mn_2 = \frac{Mu}{\phi} - Mn_1 \quad \dots\dots\dots (3-74)$$

keterangan:

Mn_1 = kuat momen pas. kopel gaya beton tekan dan tul. baja tarik (Nmm)

Mn_2 = kuat momen pas.kopel tul.baja tekan dan baja tarik tambahan (Nmm)

- Menentukan $As' = As_2$ dan As

$$fs' = 600. \left\{ 1 - \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot d'}{(\rho - \rho') \cdot fy \cdot d} \right\} \quad \dots\dots\dots (3-75)$$

jika $fs' \geq fy$, maka $fs' = fy$

jika $fs' < fy$, maka $fs' = fs'$

$$As' = \frac{Mn_2}{fs' \cdot (d - d')} \quad \dots\dots\dots (3-76)$$

$$\text{Jumlah tulangan tarik : } n' = \frac{As'}{A_1}$$

$$As = As_1 + As', \quad As' = As_2 \quad \dots\dots\dots (3-77)$$

$$\text{Jumlah tulangan tekan : } n = \frac{As}{A_1}$$

keterangan: ρ_1 = rasio tulangan yang dipakai dalam perencanaan

As_1 = luas penampang tulangan baja tarik (mm^2)

As_2 = luas penampang tulangan baja tarik tambahan (mm^2)

As' = luas penampang tulangan baja tekan (mm^2)

- Kontrol kapasitas Lentur yang terjadi

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d_{ada}} \quad \dots\dots\dots (3-78)$$

$$\rho' = \frac{As'}{b \cdot d_{ada}} \quad \dots\dots\dots (3-79)$$

$$\diamond \text{ Jika } (\rho - \rho') < \left[\frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot d'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 - f_y} \right) \right]; fs' \leq fy \text{ maka } fs' = fs'$$

$$a = \frac{As \cdot fy - As' \cdot fs'}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \dots\dots\dots (3-80)$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2$$

$$= (As \cdot fy - As' \cdot fs') \cdot (d - a/2) + (As' \cdot fs') \cdot (d - d') \dots\dots\dots (3-81)$$

$$\diamond \text{ Jika } (\rho - \rho') \geq \left[\frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot d'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 - f_y} \right) \right]; fs' > fy \text{ maka } fs' = fy$$

$$a = \frac{(As - As') \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \dots\dots\dots (3-82)$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2$$

$$= (As - As') \cdot fy \cdot (d - a/2) + (As' \cdot fy) \cdot (d - d') \dots\dots\dots (3-83)$$

keterangan :

d' = tebal selimut beton, diukur dari serat atas ke pusat tul.tekan (mm)

fs' = tegangan tul. baja tekan yang terjadi (Mpa)

3.3.3 Perencanaan Geser Balok

3.3.3.1 Menentukan tegangan geser beton (V_c)

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \right) \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (3-84)$$

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (3-85)$$

3.3.3.2 Menentukan jarak sengkang

1. Bila $V_u \leq 0,5 \phi V_c \rightarrow$ tulangan geser diabaikan
2. Bila $0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$
 - a. untuk pelat lantai, pelat atap, ponasi dan balok, dengan $d \leq 25$ cm atau $d \leq 2,5$. tebal sayap, geser tidak diperhitungkan.
 - b. Selain point a, dipakai tulangan geser minimum sebesar:

$$S \leq (A_v \cdot fy \cdot d) / (1/3 \cdot b \cdot d) \dots\dots\dots (3-86)$$

$$S \leq d/2$$

$$S \leq 600 \text{ mm}$$

3. Bila $\phi V_c < V_u \leq (\phi V_u + \phi V_{s_{\min}})$. Dengan $V_{s_{\min}} = 1/3 \cdot B \cdot d$

Dipakai sengkang dengan jarak sebesar:

$$S \leq (A_v \cdot f_y \cdot d) / (1/3 \cdot b \cdot d) \dots\dots\dots (3-87)$$

$$S \leq d/2$$

$$S \leq 600 \text{ mm}$$

4. Bila $(\phi V_u + \phi V_{s_{\min}}) < V_u \leq 3 \phi V_c$

Dipakai sengkang dengan jarak sebesar :

$$S \leq (A_v \cdot f_y \cdot d) / V_s ; V_s = V_u / \phi - V_c \dots\dots\dots (3-88)$$

$$S \leq d/2$$

$$S \leq 600 \text{ mm}$$

5. Bila $3 \phi V_c < V_u < 5 \phi V_c$

Dipakai sengkang dengan jarak sebesar :

$$S \leq (A_v \cdot f_y \cdot d) / V_s ; V_s = V_u / \phi - V_c \dots\dots\dots (3-89)$$

$$S \leq d/4$$

$$S \leq 300 \text{ mm}$$

6. Bila $V_u > 5 \phi V_c$

Untuk balok dimensinya diperbesar atau dirubah.

keterangan : V_s = kuat geser nominal tulangan geser (N)

$V_{s_{\min}}$ = kuat geser nominal tulangan geser minimal (N)

V_c = tegangan ijin geser beton (MPa)

V_u = gaya geser berfaktor akibat beban luar (N)

ϕ = faktor reduksi kekuatan, diambil nilai 0,60 (geser dan torsi)

A_v = luas penampang tulangan geser (mm)

3.3.4 Perencanaan Geser Dan Torsi Balok

Langkah-langkah perencanaan geser dan torsi balok adalah sebagai berikut:

1. Diketahui gaya geser (V_u), momen torsi (T_u), momen lentur (M_n), gaya aksial (N_u).
2. Diketahui penampang material : lebar badan (b_w), tinggi (h), tinggi efektif (d), penutup beton (p_b), luas sengkang s kaki (A_{sk}), luas tulangan lentur (A_s), kuat desak beton (f'_c), tegangan leleh baja (f_y).
3. Kontrol
 - Struktur statis tertentu : torsi keseimbangan

$$T_u > \phi \left(\frac{1}{20} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \Sigma x^2 \cdot y \right) \dots\dots\dots (3-90)$$

- Struktur statis tak tentu : torsi komabilitas

$$T_u \geq \phi \left(\frac{1}{9} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \Sigma x^2 \cdot y \right) \dots\dots\dots (3-91)$$

2. Hitung

$$T_c = \frac{\left(\frac{1}{15} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \Sigma x^2 \cdot y \right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,4 \cdot V_u}{C_t \cdot T_u} \right)^2}} \dots\dots\dots (3-92)$$

$$C_t = \frac{b_w \cdot d}{\Sigma x^2 \cdot y} \dots\dots\dots (3-93)$$

Apabila struktur mengalami gaya aksial cukup besar, T_c dikalikan $1 + 0,3 \cdot \frac{N_u}{A_g}$

Jika $\frac{T_u}{\phi} \leq T_c$ \longrightarrow torsi diabaikan

Jika $\frac{T_u}{\phi} > T_c$ \longrightarrow perlu tulangan torsi

Untuk torsi keseimbangan : $T_s = \frac{T_u}{\phi} - T_c \dots\dots\dots (3-94)$

Untuk torsi komabilitas : $T_s = \frac{1}{9} \sqrt{f'_c} \cdot \Sigma x^2 \cdot y \cdot \frac{1}{3} - T_c \dots\dots\dots (3-95)$

Jika $Tu/\phi > 4 Tc$ \longrightarrow tampang diperbesar

Kontrol kuat momen torsi yang terjadi : $Tu \geq \phi Tn$

$$Tn = Tc + Ts \quad \dots\dots\dots (3-96)$$

3. Hitung

$$\frac{At}{s} = \frac{Ts}{\alpha t \cdot x_1 \cdot y_1 \cdot fy} \quad \dots\dots\dots (3-97)$$

$$\alpha_t = \frac{1}{3} \cdot \left(2 + \frac{y_1}{x_1} \right) \leq 1,5 \quad \dots\dots\dots (3-98)$$

4. Hitung tulangan geser (sengkang)

Bila $Vc < Vu/\phi$, maka diperlukan tulangan geser.

$$Vs = Vu/\phi - Vc \quad \dots\dots\dots (3-99)$$

$$Vc = \frac{\left(\frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \right)}{\sqrt{1 + \left(2,5 \cdot Ct \cdot \frac{Tu}{Vu} \right)^2}} \quad \dots\dots\dots (3-100)$$

5. Dapatkan luas total sengkang

$$\frac{Avt}{s} = \frac{2 \cdot At}{s} + \frac{Av}{s} \geq \frac{bw \cdot s}{3 \cdot fy} \quad \dots\dots\dots (3-101)$$

6. Hitung tulangan torsi memanjang

$$Al_1 = 2 \cdot At \cdot \left(\frac{x_1 + y_1}{s} \right) \text{ atau ; } \quad \dots\dots\dots (3-102)$$

$$Al_1 = \left[\frac{2,8 \cdot x \cdot s}{fy} \left(\frac{Tu}{Tu + Vu/3Ct} \right) - 2 \cdot 2t \right] \cdot \left(\frac{x_1 + y_1}{s} \right) \quad \dots\dots(3-103)$$

Nilai Al_1 diambil yang terbesar, tetapi nilai Al_1 tidak lebih dari :

$$Al_2 = \left[\frac{2,8 \cdot x \cdot s}{fy} \left(\frac{Tu}{Tu + Vu/3Ct} \right) - \frac{bw \cdot s}{3 \cdot fy} \right] \cdot \left(\frac{x_1 + y_1}{s} \right) \quad \dots\dots(3-104)$$

keterangan : Av = luas sengkang menahan geser (mm^2)

At = luas sengkang menahan torsi (mm^2)

A_l = luas tulangan memanjang tambahan pada torsi (mm^2)

4. Susun tulangan torsi

- Jarak tulangan sengkang : $s \leq \frac{x_1 + y_1}{4}$ (3-105)

$$\leq 300 \text{ mm}$$

- Tulangan memanjang disebar merata ke semua sisi dengan jarak tulangan memanjang $\leq 300 \text{ mm}$
- ϕ tulangan memanjang $\geq 12 \text{ mm}$
- f_y tulangan torsi $\leq 400 \text{ Mpa}$
- Tulangan torsi harus ada paling tidak sejauh $(b + d)$ dari titik ujung teoritis torsi yang diperlukan.

3.4 PERENCANAAN PENULANGAN KOLOM.

3.4.1 Perencanaan Kolom Pendek

Perencanaan kolom pendek diawali dengan penentuan dimensi kolom, secara lengkap langkah-langkah perencanaan kolom pendek sebagai berikut :

1. Menentukan nilai b , h , f_c' , f_y , d' , d
2. Menghitung kapasitas kolom pendek

$$P_o = 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \text{(3-106)}$$

- Untuk sengkang biasa :

$$\phi P_{no} = 0,8 \cdot \phi P_o = 0,8 \cdot \phi (0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y) \text{(3-107)}$$

Karena $P_u \leq \phi \cdot P_n$, maka untuk kolom sehingga diperoleh $A_{g\text{perlu}}$:

$$A_{g\text{perlu}} = \frac{P_u}{0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot (1 - \rho_g) + f_y \cdot \rho_g)} \text{ (3-108)}$$

- Untuk sengkang spiral :

$$\phi P_{no} = 0,85 \cdot \phi P_o = 0,85 \cdot \phi (0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y) \text{ (3-109)}$$

Karena $P_u \leq \phi \cdot P_n$, maka untuk kolom sehingga diperoleh $A_{g\text{perlu}}$:

$$A_{g\text{perlu}} = \frac{P_u}{0,85 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot (1 - \rho_g) + f_y \cdot \rho_g)} \text{(3-110)}$$

Sehingga setelah nilai $A_{g\text{perlu}}$ diperoleh, panjang dan lebar sisi kolom persegi atau diameter kolom bulat dapat ditentukan.

$$A_g = b \cdot h = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad \dots\dots\dots(3-111)$$

$$A_{st} = n\% \cdot A_g = A_s + A_{s'} \quad \dots\dots\dots(3-112)$$

$$A_{s'} = A_s = \frac{A_{st}}{2} \quad \dots\dots\dots (3-113)$$

$$P_o = 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \quad \dots\dots\dots (3-114)$$

$$P_{no} = 0,8 \cdot P_o \quad ; \text{ untuk sengkang biasa} \quad \dots\dots\dots (3-115)$$

$$P_{no} = 0,85 \cdot P_o \quad ; \text{ untuk sengkang spiral} \quad \dots\dots\dots(3-116)$$

keterangan : P_o = kuat desak aksial nominal pada eksentrisitas nol (N)

P_u = gaya desak aksial terfaktor pada eksentrisitas tertentu (N)

P_n = kuat desak aksial pada eksentrisitas tertentu (N)

A_{st} = luas tulangan total pada kolom (mm^2)

$A_{s'}$ = luas tulangan tekan pada kolom (mm^2)

A_s = luas tulangan tarik pada kolom (mm^2)

3. Tentukan nilai x yang akan digunakan

jika $x > x_b$; kolom ditinjau terhadap kegagalan akibat desak

jika $x < x_b$; kolom ditinjau terhadap kegagalan akibat tarik

$$\text{dengan } x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \quad \dots\dots\dots(3-117)$$

syarat kegagalan :

a. runtuh seimbang

$$x = x_b$$

b. runtuh desak

$$M_n < M_{nb} ; e < e_b ; P_n > P_{nb} ; x > x_b$$

c. runtuh tarik

$$M_n < M_{nb} ; e > e_b ; P_n < P_{nb} ; x < x_b$$

4. Dihitung

$$a = \beta_1 \cdot x \quad \dots\dots\dots(3-118)$$

$$f_{s'} = \frac{x_b - d'}{x_b} \cdot 600 \quad \dots\dots\dots(3-119)$$

$$f_s' = \frac{d-x}{x} \cdot 600 \leq f_y \quad \dots\dots\dots (3-120)$$

jika $f_s' > f_y$; $f_s' = f_y$

$f_s' < f_y$; $f_s' = f_s'$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot (x \cdot \beta_1) \quad \dots\dots\dots(3-121)$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') \quad \dots\dots\dots(3-122)$$

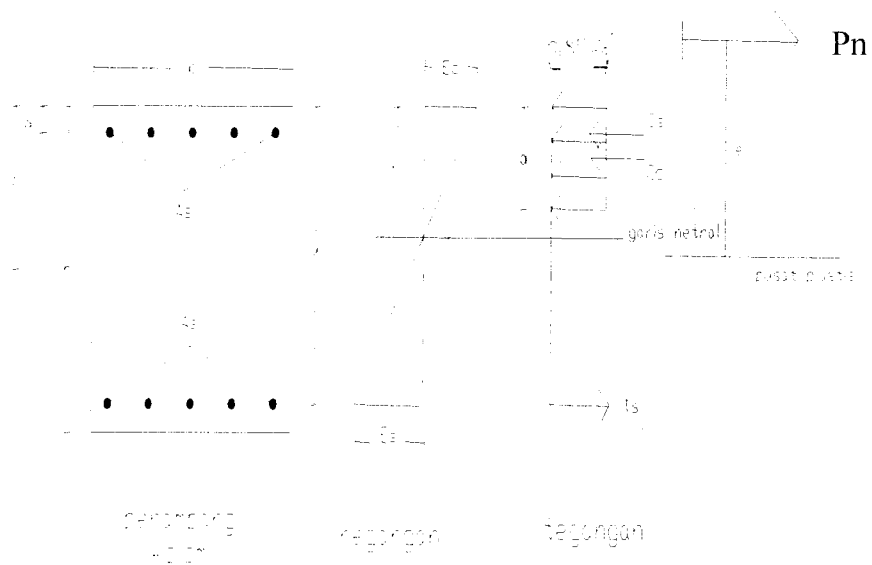
$$T = A_s \cdot f_y \quad \dots\dots\dots(3-123)$$

$$P_n = C_c + C_s - T \quad \dots\dots\dots(3-124)$$

$$M_n = C_c \left(y - \frac{a}{2} \right) + C_s (y - d') + T (d - y) \quad \dots\dots\dots (3-125)$$

$$y = h/2 \quad \dots\dots\dots (3-126)$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} \quad \dots\dots\dots(3-127)$$



Gambar Diagram Tegangan-Regangan Kolom

keterangan : M_n = kapasitas lentur kolom dalam keadaan seimbang (Nmm)

P_n = kuat Desak aksial kolom (N)

e = eksentrisitas gaya pada kolom (mm)

f_s' = tegangan leleh baja tulangan (MPa)

x = jarak serat terluar beton ketitik ditinjau (mm)

5. Pada saat $P_n = 0$; M_n dihitung dengan menghitung seperti balok bertulangan sebelah.

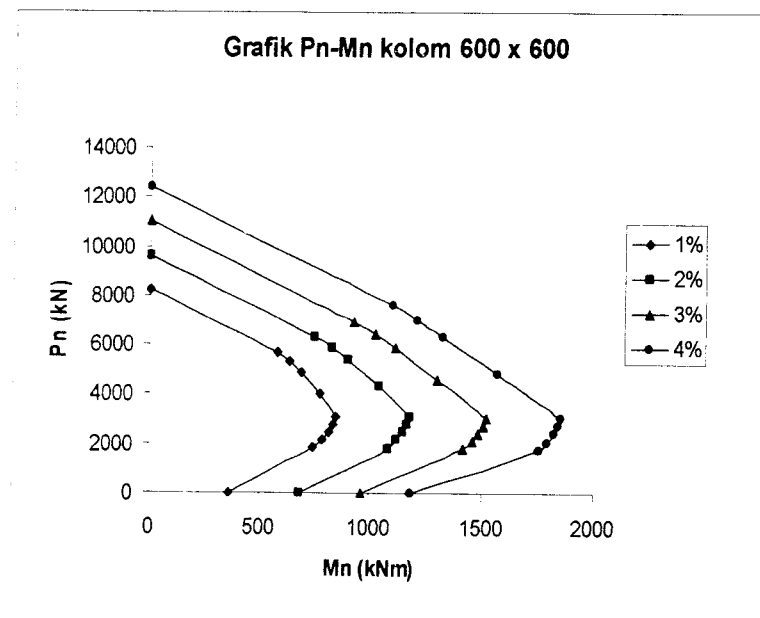
$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad \dots\dots\dots(3-128)$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \dots\dots\dots(3-129)$$

6. Diagram Momen Nominal (M_n) dan Gaya Desak Aksial Nominal (P_n)

$$(A_{st}=1\%.A_g, A_{st}=2\%.A_g, A_{st}=3\%.A_g, A_{st}=4\%.A_g)$$

Gambar dibawah adalah Diagram Interaksi Kolom, dimana kuat desak aksial diungkapkan sebagai ϕP_n pada sumbu tegak dan kuat momen diungkapkan sabagai $\phi P_n.e$ pada sumbu datar. Diagram hanya berlaku untuk kolom yang dianalisis saja, dan dapat memberikan gambaran tentang susunan pasangan kombinasi beban aksial dan kuat momen. Untuk titik-titik yang berada disebelah dalam diagram akan memberikan pasangan beban dan momen ijin, akan tetapi dengan menggunakannya perencanaan kolom menjadi berlebihan (*overdesigned*). Dan titik-titik yang diluar diagram akan memberikan pasangan beban dan momen yang menghasilkn penulangan yang kurang (*underdesigned*).



Gambar 3.1 Diagram Momen Nominal-Kuat Desak Aksial Nominal (M_n - P_n)

3.4.2 Kolom Langsing

Tahap-tahap perencanaan kolom langsing adalah sebagai berikut :

1. Menentukan tingkat kelangsingan kolom

$$\begin{aligned} \text{Kelangsingan} &= \frac{k \cdot l_u}{r} \longrightarrow r = \sqrt{\frac{I}{A}} \\ &= 0,3 h \text{ (untuk kolom tampang persegi)} \\ &= 0,25 D \text{ (untuk kolom tampang bulat)} \end{aligned}$$

keterangan : k = faktor panjang efektif

l_u = panjang bersih kolom

r = radius girasi

I = inersia tampang

A = luas tampang

Nilai k ditentukan dengan memperhatikan kondisi kolom :

- Untuk kolom lepas

Kedua ujung sendi, tidak tergerak lateral	$k = 1,0$
Kedua ujung sendi	$k = 0,5$
Satu ujung jepit, ujung yan lain bebas	$k = 2,0$
Kedua ujung jepit, ada gerak lateral	$k = 1,0$
- Untuk kolom yang merupakan bagian portal

Sebagai langkah awal adalah menentukan nilai kekakuan relatif (Ψ)

$$\Psi = \frac{\sum (EI/l)_{kolom}}{\sum (EI/l)_{balok}} \dots\dots\dots(3-130)$$

kemudian nilai Ψ diplotkan ke dalam grafik nomogram atau grafik *alignment*, sehingga didapat nilai k .

Batasan-batasan kolom disebut langsing, adalah :

$$\begin{aligned} \frac{kI}{r} &> 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}}, \text{ untuk rangka dengan pengaku lateral (tak bergoyang)} \\ &> 22 \quad \text{untuk rangka/portal bergoyang} \end{aligned}$$

dimana : M_{1b} dan M_{2b} adalah momen-momen ujung terfaktor pada kolom yang posisinya berlawanan ($M_{1b} \leq M_{2b}$)

2. Momen rencana

$$M_{\text{rencana}} = \delta_b \cdot M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s} \dots\dots\dots(3-131)$$

$$\delta_b = \frac{Cm}{1 - \frac{P_u}{\phi P_c}} \geq 1,0 \quad \dots\dots\dots(3-132)$$

$$Cm = 0,6 + 0,4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \geq 0,4 \quad \dots\dots\dots(3-133)$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{\phi \Sigma P_c}} \quad \dots\dots\dots(3-134)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(kl)^2} \quad (\text{rumus Euler}) \quad \dots\dots\dots(3-135)$$

Dalam peraturan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11 aya 5.2, memberikan ketentuan untuk memperhitungkan EI sebagai berikut :

$$EI = \frac{\frac{1}{5}(E_c \cdot I_g) + E_s \cdot I_{se}}{1 + \beta d} \quad \dots\dots\dots(3-136)$$

Bila $A_{sst} \leq 3 \% A_g$, maka :

$$EI = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5(1 + \beta d)} \quad \dots\dots\dots(3-137)$$

Keterangan :

δ_b = pembesaran momen dengan pengaku pada pembebanan tetap

δ_s = pembesaran momen tanpa pengaku pada pembebanan sementara

M_{2b} = momen terfaktor terbesar pada ujung komponen tekan akibat pembebanan tetap

M_{2s} = momen terfaktor terbesar disepanjang komponen struktur tekan akibat pembebanan sementara

P_u = beban aksial kolom akibat gaya luar

ϕ = 0,65 = faktor reduksi

P_c = beban tekuk

E_c = modulus elastis beton

E_s = modulus elastis baja tulangan

I_g = momen inersia beton kotor (penulangan diabaikan)

$$I_{se} = \text{momen inersia terhadap sumbu pusat penampang komponen struktur}$$

$$\beta_d = \frac{\text{momen.akibat.beban.mati.rencana}}{\text{momen.akibat.beban.total}} \dots\dots\dots(3-138)$$

3. Mencari Mn dan Pn

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} \dots\dots\dots(3-139)$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \dots\dots\dots(3-140)$$

Dari nilai tersebut dimasukkan ke dalam diagram Pn-Mn kolom untuk mendapatkan luas tulangan rencana.

3.5 PERENCANAAN BEBAN GEMPA

3.5.1 Perencanaan Struktur Portal Dengan Daktilitas Penuh

Pembebanan gempa menurut PPKGURDG 1987 :

$$V_b = C.I.K.W_t \dots\dots\dots(3-141)$$

Keterangan :

V_b = gaya gempa dasar

C = koefisien gempa dasar

I = Faktor keutamaan struktur

K = Faktor jenis struktur

W_t = Berat kombinasi beban mati keseluruhan dan beban hidup vertical yang direduksi

- Koefisien gempa dasar (C) ditentukan dari gambar untuk wilayah gempa 3 dengan memakai waktu getar alami struktur.
- Waktu getar alami (T) dalam SNI 1726-86 untuk struktur portal beton ditentukan dengan rumus :

$$T = 0,06.H^{3/4} \quad ; \text{ dengan : } H = \text{tinggi struktur}$$

- Gaya geser pada masing-masing lantai tingkat dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

- untuk $\frac{hw}{lw} < 3,0$

$$F_x = \frac{W_x \cdot h_x}{\sum W_x \cdot h_x} \cdot V_{bx} \quad \dots\dots\dots(3-142)$$

$$F_y = \frac{W_y \cdot h_y}{\sum W_y \cdot h_y} \cdot V_{by} \quad \dots\dots\dots(3-143)$$

- untuk $\frac{hw}{tw} \geq 3,0$

$$F_x = 0,9 \frac{W_x \cdot h_x}{\sum W_x \cdot h_x} V_{bx} + (0,1 \cdot V_{bdipuncak}) \quad \dots\dots\dots(3-144)$$

$$F_y = 0,9 \frac{W_y \cdot h_y}{\sum W_y \cdot h_y} V_{by} + (0,1 \cdot V_{bdipuncak}) \quad \dots\dots\dots(3-145)$$

keterangan :

- F_x : beban horisontal tiap lantai pada arah x
 F_y : beban horisontal tiap lantai pada arah y
 W_x : berat tiap lantai pada arah x
 W_y : berat tiap lantai pada arah y

3.5.2 Perencanaan Balok Portal

a. Perencanaan Balok Portal Terhadap Lentur

Kuat lentur perlu balok portal ($M_{u,b}$) harus dinyatakan berdasarkan kombinasi pembebanan tanpa tanpa atau dengan beban gempa sebagai berikut ini :

$$M_{u,b} = 1,2 \cdot M_{d,b} + 1,6 \cdot M_{L,bR} \quad \dots\dots\dots(3-146)$$

$$M_{u,b} = 1,05 \cdot (M_{D,b} + M_{E,bR} + M_{E,b}) \quad \dots\dots\dots(3-147)$$

$$M_{u,b} = 0,9 \cdot M_{D,b} + M_{E,b} \quad \dots\dots\dots(3-148)$$

Keterangan :

$M_{D,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban mati tak berfaktor

$M_{L,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban hidup tak berfaktor

$M_{E,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban gempa tak berfaktor

Dalam perencanaan kapasitas balok portal, momen tumpuan negatif akibat kombinasi beban gravitasi dan beban gempa balok boleh didistribusiakan dengan menambah atau mengurangi dengan persentase yang tidak melebihi :

$$q = 30 \cdot \left\{ 1 - \frac{4}{3} \cdot \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \right\} \% \quad \dots\dots\dots(3-149)$$

Dengan syarat apabila tulangan lentur balok portal telah direncanakan ($\rho - \rho'$) tidak boleh melebihi $0,5 \rho_b$. Momen lapangan dan tumpuan pada bidang muka kolom yang diperoleh dari hasil redistribusi selanjutnya digunakan untuk menghitung penulangan lentur yang diperlukan. Untuk portal dengan daktilitas penuh perlu dihitung kapasitas lentur sendi plastis balok yang besarnya ditentukan sebagai berikut :

$$M_{kap,b} = \phi_0 \cdot M_{nak,b} \quad \dots\dots\dots(3-150)$$

Keterangan :

ϕ_0 = Faktor penambahan kekuatan (*overstrength factor*). Faktor yang memperhitungkan pengaruh penambahan kekuatan maksimal dari tulangan terhadap kuat leleh yang ditetapkan, diambil sebesar 1,25 untuk tulangan dengan $f_y \leq 400$ Mpa, 1,40 untuk $f_y \geq 400$ Mpa

$M_{nak,b}$ = Kuat momenlentur nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan yang sebenarnya ada pada penampang balok yang ditinjau.

b. Perencanaan Balok Portal Terhadap gaya geser

Besarnya gaya geser rencana V_u yang harus ditahan oleh komponen struktur lentur tahan gempa dengan daktilitas 3, menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah :

$$V_{u,b} = 0,7 \left(\frac{M_{kap} + M_{kap}'}{l_n} \right) + 1,05V_g \quad \dots\dots\dots(3-151)$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,b} = 1,05 \left(V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4,0}{K} V_{E,b} \right) \dots\dots\dots(3-152)$$

keterangan :

M_{kap} = momen kapasitas (momen nominal aktual) di sendi plastis pada suatu ujung atau bidang muka kolom.

M_{kap}' = momen kapasitas pada ujung lainnya.

L_n = bentang bersih balok

V_D = gaya geser balok akibat beban mati

V_L = gaya geser balok akibat beban hidup

V_E = gaya geser balok akibat beban gempa

K = faktor jenis struktur

V_g = gaya geser balok akibat berat sendiri dan beban gravitasi

3.5.3 Perencanaan Kolom Portal

a. Perencanaan Kolom Portal Terhadap Lentur dan Aksial

Untuk struktur rangka dengan daktilitas 3, kuat lentur minimum harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$M_{u,k} = 0,70 \cdot \omega_d \cdot \sum M_{kap,b} \dots\dots\dots(3-153)$$

$$\text{atau } M_{u,k} = 0,7 \cdot \omega_d \cdot \alpha_k \cdot (M_{kap, ki} + M_{kap, ka}) \dots\dots\dots(3-154)$$

tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$M_{u,k} = 1,05 \left(M_{D,k} + M_{L,k} + \frac{4,0}{K} M_{g,k} \right) \dots\dots\dots(3-155)$$

$$M_{u,k} = \phi_0 \cdot M_{nak,b} \dots\dots\dots(3-156)$$

$$\text{Sehingga : } \sum M_{kap,b} = M_{kap, ki} + M_{kap, ka} \dots\dots\dots (3-157)$$

keterangan :

ω = koefisien pembesaran dinamis yang memperhitungkan pengaruh terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan.

$\sum M_{kap,b}$ = jumlah momen kapasitas balok pada pusat joint, yang berhubungan dengan kapasitas lentur aktual balok (untuk jumlah luas tulangan yang sebenarnya terpasang).

$M_{D,K}$ = momen pada kolom akibat beban mati.

$M_{l,K}$ = momen pada kolom akibat beban hidup.

$M_{E,K}$ = momen pada kolom akibat beban gempa dasar (tanpa faktor pengali tambahan).

K = faktor jenis struktur

$M_{nak,b}$ = kuat momen lentur nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan yang sebenarnya ada pada penampang balok yang ditinjau.

Sedangkan beban aksial rencana yang bekerja pada kolom portal daktilitas penuh dihitung dengan:

$$N_{u,k} = \frac{0,7.R_v \cdot \sum M_{kap,b}}{l_b} + 1,05N_{g,k} \quad \dots\dots\dots(3-158)$$

tetapi dalam segala hal :

$$N_{u,k} > 1,05 \left(N_{g,k} + \frac{4,0}{K} \cdot N_{E,k} \right) \quad \dots\dots\dots(3-159)$$

keterangan :

R_v = faktor reduksi yang dihitung dari

1,0 untuk $1 < n \leq 4$

1,1-0,025n untuk $4 < n \leq 20$

0,6 untuk $n > 20$

n = jumlah lantai tingkat di atas kolom yang ditinjau

l_b = bentang balok, diukur dari pusat join

$N_{g,k}$ = gaya aksial akibat beban gravitasi terfaktor pada pusat join

$N_{E,k}$ = gaya akibat beban gempa pada pusat join

b. Perencanaan Kolom Portal Terhadap Geser

Kuat geser portal dengan daktilitas penuh berdasarkan sendi-sendi plastis pada ujung-ujung balok yang bertemu pada kolom harus dihitung sebagai berikut :

Untuk kolom lantai atas dan lantai dasar :

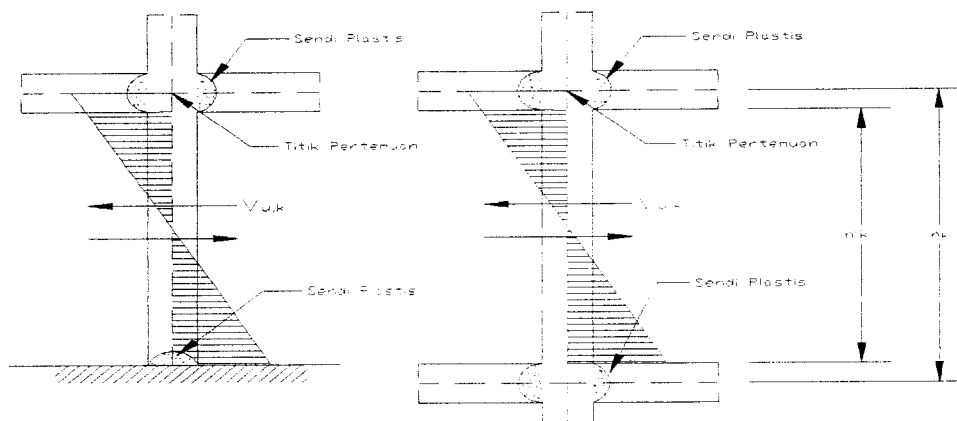
$$V_{u,k} = \frac{M_{u,katas} + M_{u,kbawah}}{h'_k} \quad \dots\dots\dots(3-160)$$

Dan dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1,05 \cdot \left(M_{D,k} + M_{L,k} + \frac{4}{K} \cdot V_{E,k} \right) \quad \dots\dots\dots(3-161)$$

Kapasitas lentur sendi plastis kolom dapat dihitung :

$$M_{\text{kap, k bawah}} = \phi_0 \cdot M_{\text{nak, k bawah}} \dots\dots\dots(3-162)$$



Gambar 3.2 Kolom dengan $M_{u,k}$ Berdasarkan Kapasitas Sendi Plastis Balok

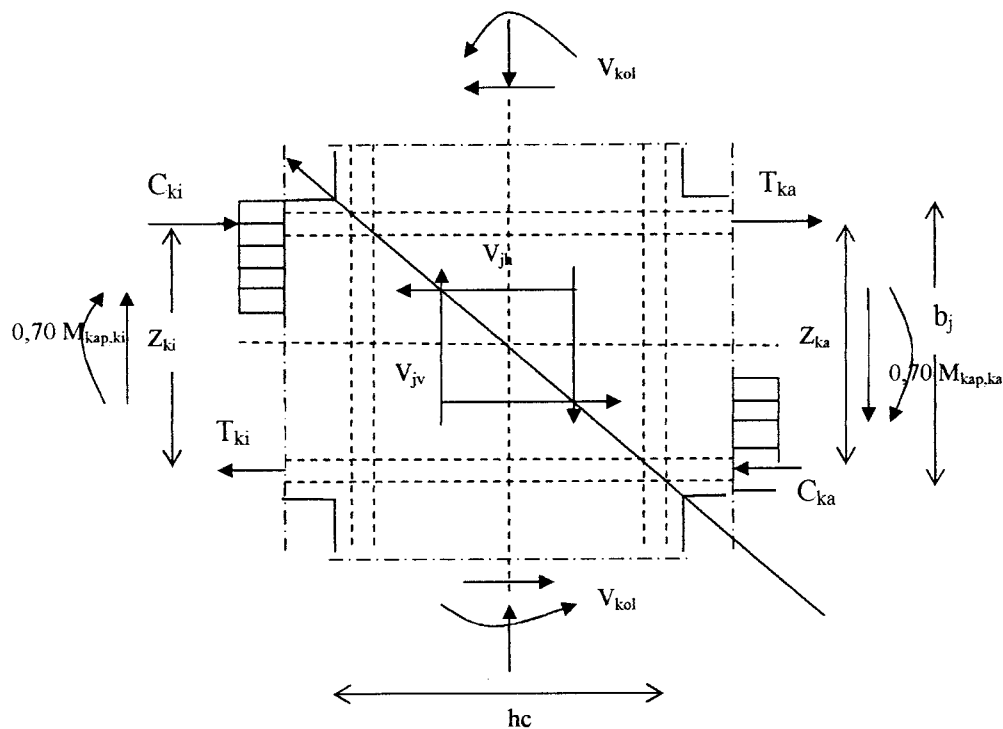
keterangan :

- $M_{u,k}$ atas = momen rencana kolom ujung atas dihitung pada muka balok
- $M_{u,k}$ bawah = momen rencana kolom ujung bawah dihitung pada muka balok
- h'_k = tinggi bersih kolom
- $V_{D,k}$ = gaya geser kolom akibat beban mati
- $V_{L,k}$ = gaya geser kolom akibat beban hidup
- $V_{E,k}$ = gaya geser kolom akibat beban gempa.
- $M_{\text{kap, k bawah}}$ = kapasitas lentur ujung dasar kolom lantai dasar
- $M_{\text{nak, k bawah}}$ = kuat lentur nominal actual ujung dasar kolom lantai dasar
- $M_{\text{kap,ki}}$ = momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada salah satu ujung balok kiri atau bidang muka kolom kiri.
- $M_{\text{kap,ka}}$ = momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada salah satu ujung balok kanan atau bidang muka kolom kanan.
- $V_{D,b}$ = gaya geser balok portal akibat beban mati
- $V_{L,b}$ = gaya geser balok portal akibat beban hidup
- $V_{E,b}$ = gaya geser balok portal akibat beban gempa.
- l_n = bentang bersih balok

3.5.4 Perencanaan Titik Pertemuan Balok Kolom

Pada titik pertemuan rangka join harus memenuhi beberapa ketentuan. Momen lentur dan gaya geser kolom, serta geser horisontal V_{jh} dan geser vertikal V_{jv} yang melewati inti join harus dianalisis dengan memperhitungkan seluruh pengaruh gaya-gaya yang membentuk keseimbangan pada titik pertemuan (join).

Keseimbangan gaya-gaya pada titik pertemuan rangka dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.3 Panel Pertemuan Balok dan Kolom Portal

Dimana:

$$V_{jh} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol} \quad \dots\dots\dots(3-163)$$

Dengan,

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,70 \frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}} \quad \dots\dots\dots(3-164)$$

$$T_{ka} = C_{ka} = 0,70 \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}} \quad \dots\dots\dots(3-165)$$

$$V_{kol} = \frac{0,70 \left(\frac{I_{ki}}{I_{ki}'} M_{kap,ki} + \frac{I_{ka}}{I_{ka}'} M_{kap,ka} \right)}{1/2(h_{ka} + h_{ki})} \dots\dots\dots(3-166)$$

Tegangan geser horizontal nominal dalam join adalah sebagai berikut:

$$V_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j \cdot h_c} < 1,5 \sqrt{f'c} \text{ (MPa)} \dots\dots\dots(3-167)$$

Keterangan :

b_j = lebar efektif join, mm

h_c = tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau, mm

Gaya geser horizontal V_{jh} ini tahan oleh dua mekanisme kuat geser int join, yaitu;

1. strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung join yang memikul gaya geser V_{ch}
2. mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horisontal dan strat beton diagonal daerah tarik join yang memikul gaya geser V_{sh}

Besarnya V_{ch} harus diambil sama dengan nol, kecuali bila :

1. Tegangan tekan minimal rata-rata pada penampang bruto kolom diatas join, termasuk tegangan prategang . Jika ada dan melebihi nilai $0,1 f'c$ maka :

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} \right) - 0,1 \cdot f'c \cdot b_j \cdot h_j} \dots\dots\dots(3-168)$$

2. Balok diberi gaya prategang yang melewati join, maka :

$$V_{ch} = 0,7 \cdot P_{cs} \dots\dots\dots(3-169)$$

Dengan P_{cs} adalah gaya permanen gaya prategang yang terletak di sepertiga bagian tengah tinggi kolom.

3. Seluruh balok pada join dirancang sehingga penampang kritis dari sendi plastis terletak pada jarak yang lebih kecil dari tinggi penampang balok diukur dari muka kolom, maka :

$$V_{ch} = 0,5 \cdot \frac{A_s'}{A_s} \cdot V_{jh} \cdot \left(1 + \frac{N_{u,k}}{0,4 \cdot A_g \cdot f'c} \right) \dots\dots\dots(3-170)$$

Dimana rasio A_s'/A_s tidak boleh lebih besar dari satu (1).

Bila tegangan rata-rata minimum pada penampang bruto kolom diatas join kurang dari $0,1.f'c$ ($\rho_c < 0,1 f'c$) maka :

$$V_{sh} = V_{jh} - \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g}\right)} - 0,1.f'c.b_j.h_j \quad \dots\dots\dots(3-171)$$

Pada join rangka dengan melakukan relokasi sendi plastis :

$$V_{sh} = V_{jh} - 0,5 \cdot \frac{A_s'}{A_s} \cdot V_{jh} \cdot \left(1 + \frac{N_{u,k}}{0,4.A_g.f'c}\right) \quad \dots\dots\dots(3-172)$$

Luas total efektif dari tulangan geser horizontal yang melewati bidang kritis diagonal dengan yang diletakkan di daerah tekan join efektif (b_j) tidak boleh

kurang dari : $A_{jh} = \frac{V_{jh}}{f_y} \quad \dots\dots\dots (3-173)$

Luas total efektif dari tulangan geser ini harus didistribusikan secara merata diantara tulangan balok longitudinal atas dan bawah.

Geser join vertical (V_{jv}) dapat dihitung dengan rumus :

$$V_{jv} = V_{jh} \cdot \frac{h_c}{b_j} \quad \dots\dots\dots(3-174)$$

Tulangan join geser vertikal didapat dari : $V_{sv} = V_{jv} - V_{cv}$

menjadi : $V_{cv} = A_{sc}' \cdot \frac{V_{sh}}{V_{sc}} \cdot \left(0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g.f'c}\right) \quad \dots\dots\dots(3-175)$

keterangan : A_{sc}' = luas tulangan longitudinal tekan

A_{sc} = luas tulangan longitudinal tarik

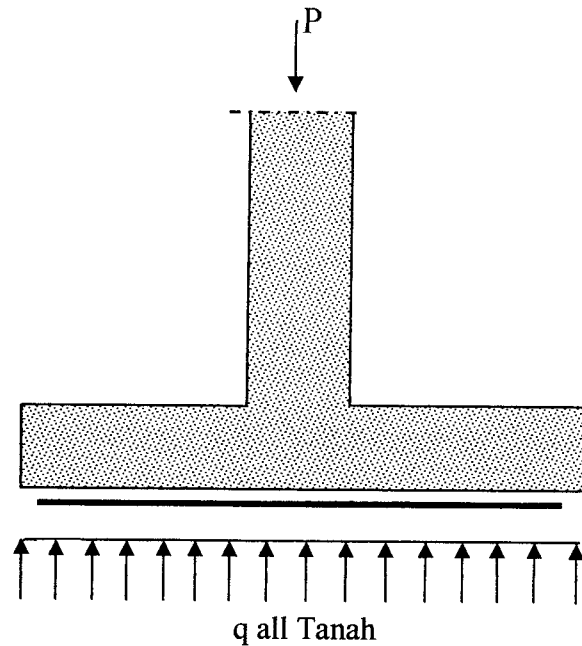
Sehingga luas tulangan join vertikal : $A_{jv} = \frac{V_{sv}}{f_y} \quad \dots\dots\dots(3-176)$

Tulangan geser join vertikal ini harus terdiri dari tulangan kolom antara (*internidiate bars*) yang terletak pada bidang lentur antara ujung tulangan terbesar atau terdiri dari sengkang-sangkang pengikat vertical (syarat-syarat tulangan geser join vertikal dapat dilihat dalam SK SNI T-15-1991-03 pada 3.14.6.6)

3.6 PONDASI

3.6.1 Perencanaan Dimensi Penampang Pondasi

1. Tinjauan Terhadap Beban Tetap



Gambar 3.4 Potongan Pondasi

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{netto tanah}} &= \sigma_{\text{tanah}} - \Sigma(h \cdot \gamma_{\text{beton}}) - \Sigma(h \cdot \gamma_{\text{tanah}}) \\ \sigma_{\text{netto tanah}} &= \frac{P}{A_{\text{perlu}}} + \frac{My}{1/6 \cdot Bx^2 \cdot By} + \frac{Mx}{1/6 \cdot By^2 \cdot Bx} \quad \dots\dots\dots(3-177)\end{aligned}$$

Kemudian dengan coba-coba diambil nilai L_p (lebar pondasi) dan P_p (panjang pondasi)

Sehingga didapat nilai $A_{\text{ada}} = L_p \times P_p > A_{\text{perlu}}$

Kontrol tegangan kontak yang terjadi di dasar pondasi :

$$\sigma_{\text{netto tanah}} = \frac{P}{A_{\text{ada}}} + \frac{My}{1/6 \cdot P^2 \cdot L} + \frac{Mx}{1/6 \cdot L^2 \cdot P} < \sigma_{\text{netto tanah}} \quad \dots\dots\dots(3-178)$$

Jarak pusat tulangan tarik ke serat tekan beton :

$$d = h - P_b - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{\text{tul. pokok}} \quad \dots\dots\dots(3-179)$$

keterangan :

- Nila P , M_x , M_y dari hasil analisis SAP 2000

- $\gamma_{\text{tanah}} = \text{berat volume tanah (kN/m}^3\text{)}$

2. Tinjauan Terhadap Beban Sementara

Eksentrisitas yang terjadi :

$$- e_x = \frac{M_x}{P} \dots\dots\dots(3-180)$$

$$- e_y = \frac{M_y}{P} \dots\dots\dots(3-181)$$

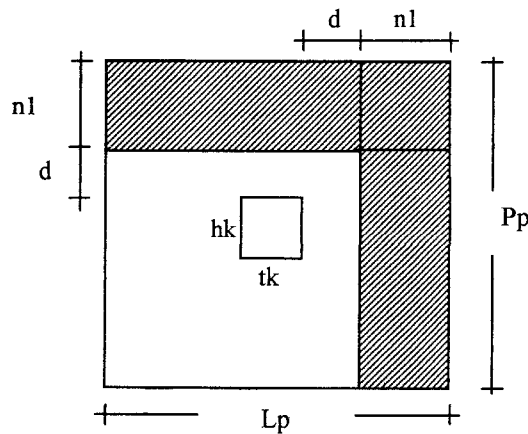
Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\sigma = \frac{P}{(L.(P - 2.e_x)) + (P.(L - 2.e_y))} \dots\dots\dots(3-182)$$

3.6.2 Perencanaan Geser Pondasi

3.6.2.1 Geser satu (1) arah

→ Ditinjau pada arah momen terbesar .



Gambar 3.5 Pondasi dengan geser satu arah

$$n_1 = \frac{Lp - tk - 2.d}{2} \dots\dots\dots(3-183)$$

• Tegangan kontak yang terjadi :

$$q_{u_{\max}} = \frac{P}{A_{\text{ada}}} + \frac{M}{1/6.L^2.P} \dots\dots\dots(3-184)$$

$$q_{u_{\min}} = \frac{P}{A_{\text{ada}}} - \frac{M}{1/6.L^2.P} \dots\dots\dots(3-185)$$

$$q_{u_m} = \frac{(Lp - m) \cdot q_{\max} + m \cdot q_{u_{\min}}}{Lp} \dots\dots\dots(3-186)$$

$$q_{u_{\text{terjadi}}} = q_{u_{\max}} + q_{u_m} \dots\dots\dots(3-187)$$

Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi :

$$V_u = q_{u_{\text{terjadi}}} \cdot n_1 \cdot \frac{Vu}{\phi} \dots\dots\dots(3-188)$$

- Kekuatan beton menahan geser:

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot L \cdot d \dots\dots\dots(3-189)$$

- Kontrol gaya geser :

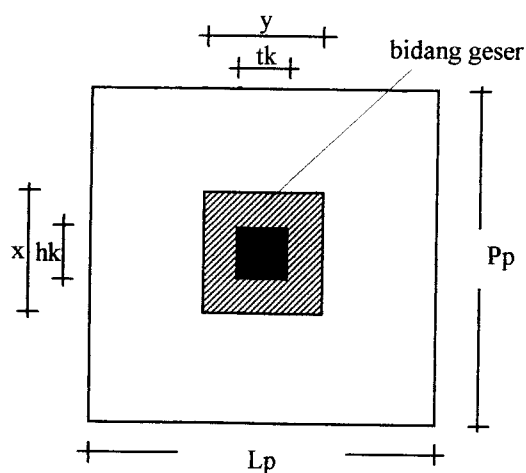
$$V_c \geq \frac{Vu}{\phi} \dots\dots\dots(3-190)$$

3.6.2.2 Perencanaan Geser Dua Arah

→ Ditinjau pada arah momen terbesar.

$$x = hk + d$$

$$y = tk + d$$



Gambar 3.6 Pondasi dengan geser dua arah

- Tegangan kontak yang terjadi :

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A_{ada}} + \frac{My}{1/6.P^2.L} + \frac{Mx}{1/6.L^2.P} \dots\dots\dots(3-191)$$

$$\sigma_{\min} = \frac{P}{A_{ada}} - \frac{My}{1/6.P^2.L} - \frac{Mx}{1/6.L^2.P} \dots\dots\dots(3-192)$$

$$q_{u_{terjadi}} = q_{u_{\max}} + q_{u_{\min}} \dots\dots\dots(3-193)$$

- Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi :

$$V_u = q_{u_T} \cdot ((P_p \cdot L_p) - (x \cdot y)) \dots\dots\dots(3-194)$$

- Kekuatan beton menahan geser :

$$\beta_c = \frac{\text{sisipanjang}}{\text{sisipendek}} \dots\dots\dots(3-195)$$

$$b_o = 2 \cdot (x + y) \dots\dots\dots(3-196)$$

$$V_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) \cdot (2 \cdot \sqrt{f'c}) \cdot b_o \cdot d \dots\dots\dots(3-197)$$

$$V_{c2} = 4 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d \dots\dots\dots(3-198)$$

- Kontrol gaya geser :

Digunakan nilai yang terkecil dari V_{c1} dan V_{c2}

$$V_c \geq \frac{V_u}{\phi} \dots\dots\dots(3-199)$$

3.6.3 Kuat Tumpuan Pondasi

- Kuat tumpuan Pondasi :

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}) \dots\dots\dots(3-200)$$

- Kuat tumpuan kolom :

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot A_1) \dots\dots\dots(3-201)$$

- Kontrol kuat tumpuan :

$$\phi \cdot P_{n_{pondasi}} > \phi \cdot P_{n_{kolom}} \dots\dots\dots(3-202)$$

keterangan :

A_1 = Luas penampang kolom

A_2 = Luas pelat pondasi

3.7.3 Perencanaan Tulangan Lentur Pondasi

Diambil nilai lebar (b) pondasi tiap 1 meter = 1000 mm

- Tulangan arah x : $l_1 = \frac{1}{2} (P - h_k)$ (3-203)
 $Mu_1 = \frac{1}{2} \cdot qu \cdot l_1^2$ (3-204)
- Tulangan arah y : $l_2 = \frac{1}{2} (P - b_k)$ (3-205)
 $Mu_2 = \frac{1}{2} \cdot qu \cdot l_2^2$ (3-206)

Diambil nilai Mu_1 atau Mu_2 yang terbesar. Untuk Mu yang besar letak tulangan dibawah sedangkan Mu yang kecil letak tulangan diatas. Untuk pondasi diambil nilai penutup beton (P_b) ≥ 70 mm.

Gambar 3.7 Tegangan Lentur Pondasi

$$d = h + P_b - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul.bawah} \longrightarrow \text{untuk tul. bawah}$$

$$d = h + P_b - \varnothing_{tul.bawah} - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul.atas} \longrightarrow \text{untuk tul. atas}$$

Untuk selanjutnya seperti pada perhitungan penulangan pada pelat lantai.

3.7 PERENCANAAN TANGGA

Langkah-langkah perencanaan tangga adalah sebagai berikut ini :

1. Menentukan lebar dan jumlah *optrede* dan *antrede*

- Tinggi bersih antar lantai (h) dalam meter dapat diketahui.
- Lebar bordes (L_b) dalam meter dapat ditentukan, diambil $\geq 1,20$ meter.
- Tinggi *optrede* ideal ≤ 20 cm (15 – 18 cm)

maka jumlah *optrede* (buah) :

$$\text{Jumlah } optrede = \frac{h}{h_o} \text{ (dibulatkan keatas)} \dots\dots\dots(3-207)$$

sehingga tinggi *optrede* sebenarnya :

$$h'_o = \frac{h}{\text{jumlahoptrede}} \dots\dots\dots(3-208)$$

- Lebar *antrede* ideal ≥ 30 cm, diambil nilai lebar *antrede* (L_a) = 30 cm

$$\text{Jumlah antrede} = \text{Jumlah optrede} - 2 \quad \dots\dots\dots(3-209)$$

Tangga dibagi menjadi dua (2) bagian, sehingga panjang bentang tangga (P_t) :

$$P_t = (P_a \times \text{Jumlah antred}/2) + L_b \leq 4,50 \text{ meter} \quad \dots(3-210)$$

2. Menentukan tebal pelat tangga (h_1) dan lebar tangga (L_t)

Untuk panjang bentang tangga $\pm 4,50$ meter.

- Diambil nilai tebal pelat (h) : 17,5 cm
- Sudut kemiringan ideal tangga antara $30^\circ - 35^\circ$ misal diambil sudut perkiraan awal (α) = 30° , maka tebal pelat sisi miring (h') :

$$h' = \frac{h}{\cos \alpha} \quad \dots\dots\dots (3-211)$$

Sehingga sudut tangga sebenarnya (α') : $\alpha' = \frac{h'}{L_a} \quad \dots\dots\dots (3-212)$

- Jarak antar as-as kolom (d) dalam meter dapat diketahui, sehingga jarak bersih antar as-as kolom (d') :

$$d' = d - 2 \cdot (\text{lebar balok induk}/2) \quad \dots\dots\dots (3-213)$$

- Jarak antar balok-tangga, jarak antar tangga-tangga, diambil nilai = 10 cm, sehingga Lebar bersih untuk 1 buah tangga :

$$L_t = \frac{1}{2} \cdot (d' - (3 \times 0,1)) \geq 1,20 \text{ meter} \quad \dots\dots\dots (3-214)$$

3. Menentukan tulangan pelat tangga

Untuk perhitungan penulangan pelat tangga sama dengan perhitungan pada penulangan pelat lantai.

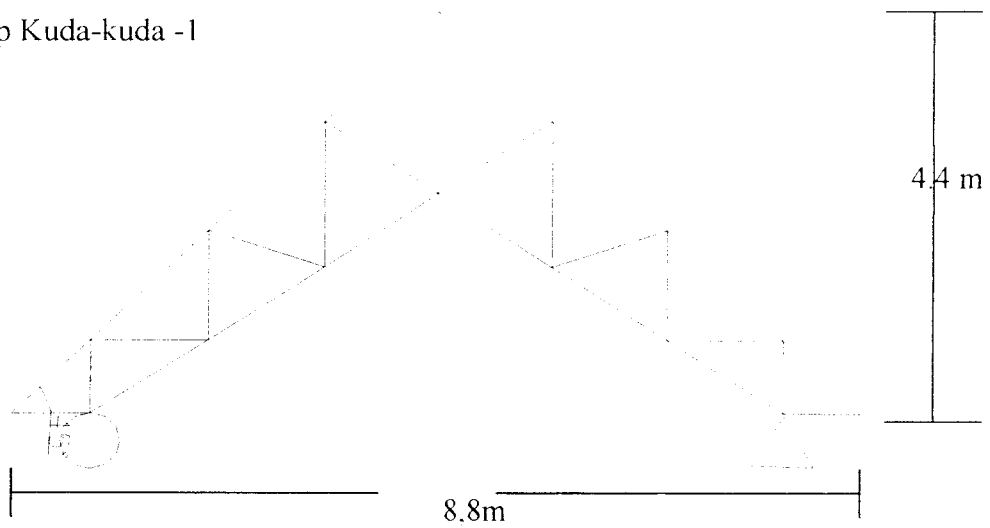


BAB IV

PERHITUNGAN KONSTRUKSI

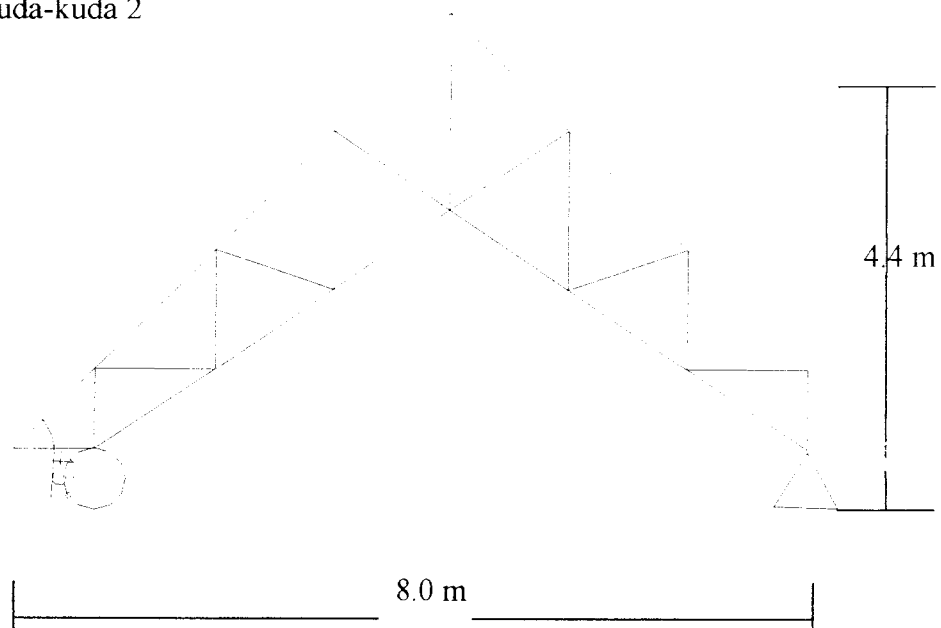
4.1 RENCANA KUDA-KUDA BAJA

1. Atap Kuda-kuda -1



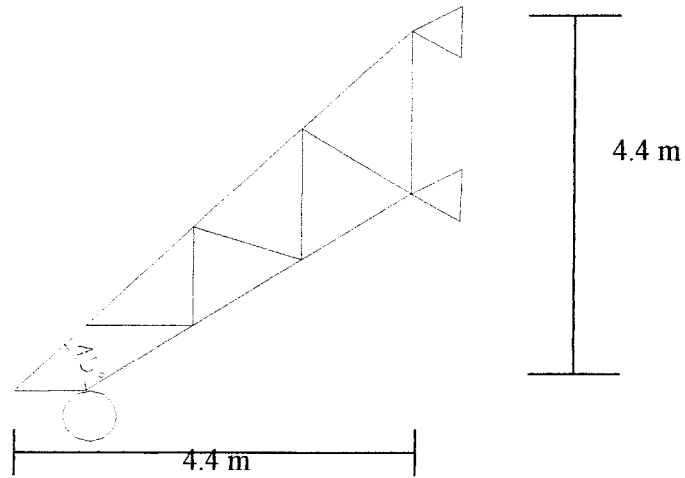
Gambar 4.1 Rencana atap kuda-kuda -1

2. Atap Kuda-kuda 2



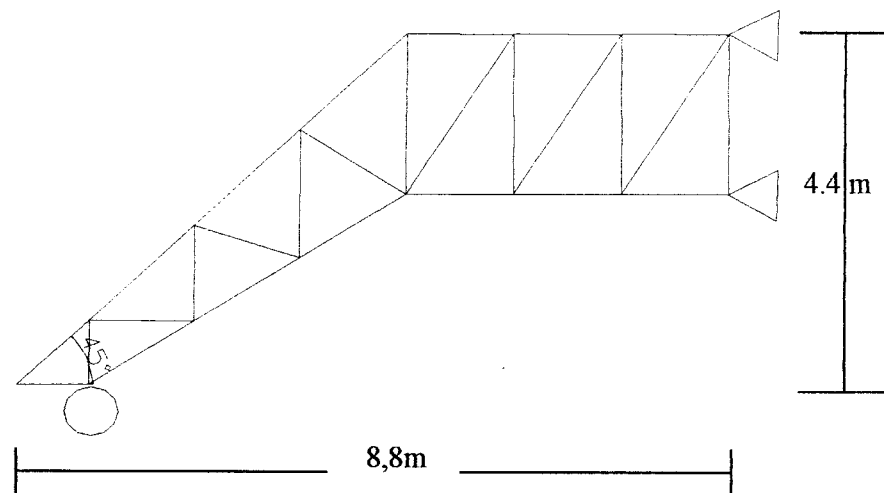
Gambar 4.2 Rencana atap kuda-kuda -2

3. Atap Kuda-kuda 3



Gambar 4.3 Rencana atap kuda-kuda -3

3. Atap Kuda-kuda 4



Gambar 4.4 Rencana atap kuda-kuda -4

4.1.1 Data-data

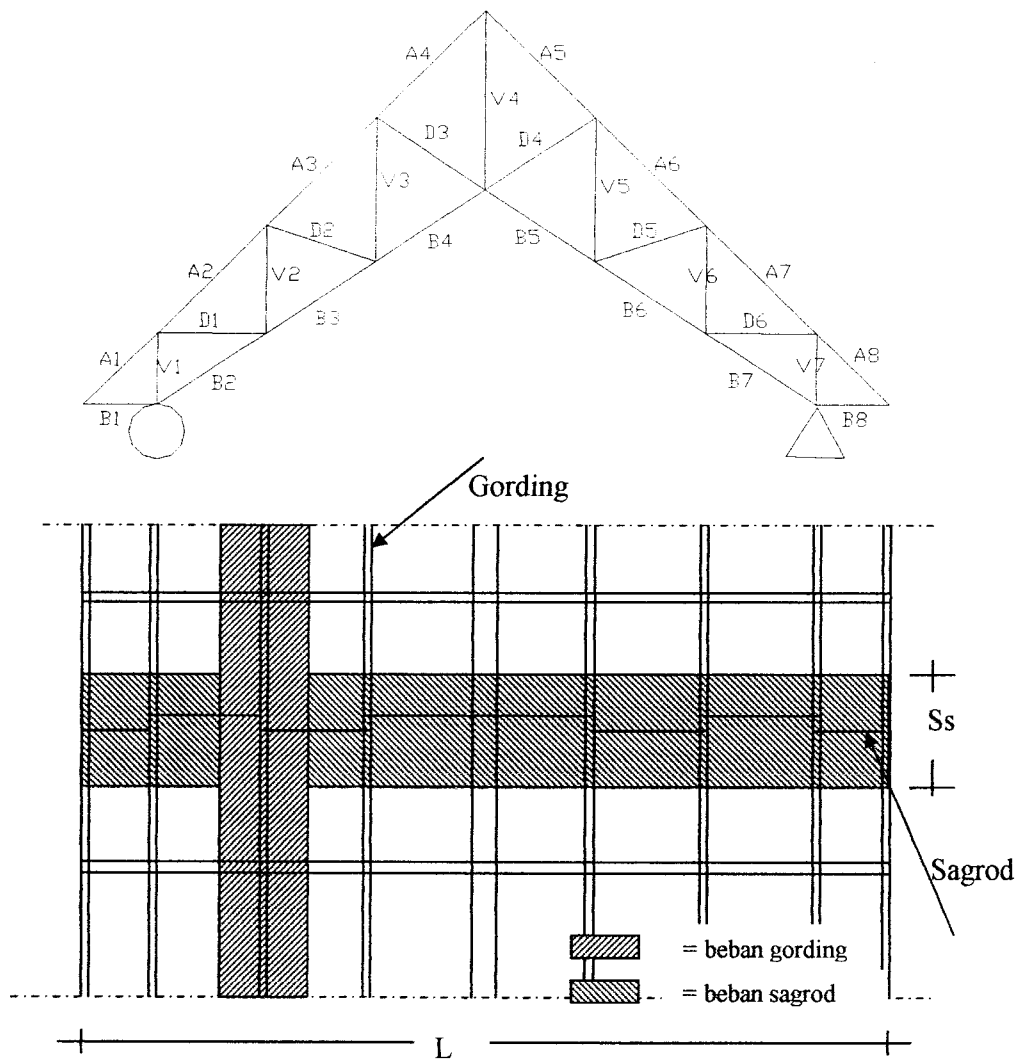
- Jarak antar kuda-kuda = 3,6 m
- Mutu baja profil $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$
- Kuat tarik $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$

- Mutu baut non full drat dari AISC A_{325x}

$$F_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = 2050 \text{ kg/cm}^2$$

- Direncanakan terhadap bangunan di darat.
- Panjang batang, diberikan contoh perencanaan Kuda-kuda 1



Gambar 4.5 Pembebanan atap

Tabel 4.1 Dimensi Batang kuda-kuda -I

Batang	Panjang	Batang	Panjang	Batang	Panjang
A1	1,131	V3	1,600	D6	1,200
A2	1,697	V4	2,000	B1	0,800
A3	1,697	V5	1,600	B2	1,442
A4	1,697	V6	1,200	B3	1,442
A5	1,697	V7	0,800	B4	1,442
A6	1,697	D1	1,200	B5	1,442
A7	1,697	D2	1,265	B6	1,442
A8	1,131	D3	1,442	B7	1,442
V1	0,800	D4	1,442	B8	0,800
V2	1,200	D5	1,265		

4.1.2 Perencanaan Gording

a. Pembebanan Gording

1. Beban Tetap

- Berat penutup atap

Berat penutup atap yang berupa genting dalam PPIUG 1983 tabel 2.1 hal 11 adalah 50 kg/m^2

$$= 50 \text{ kg/m}^2 \times 1,70 \text{ m} = 85 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada atap berupa beban air hujan. Menurut PPIUG 1983 pada pasal 3.2.2 besar beban air hujan = $(40 - 0,8\alpha)$, dimana α adalah sudut kemiringan atap

$$= (40 - 0,8 \cdot 45) \times 1,70 = 6,8 \text{ kg/m}$$

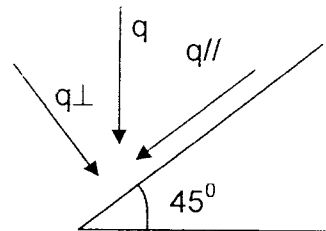
- Berat gording sendiri (perkiraan) $= 10 \text{ kg/m}$

$$q = 101,8 \text{ kg/m}$$

$$q_{\perp} = q \cdot \cos \alpha$$

$$= 101,8 \cdot \cos 45 = 72,125 \text{ kg/m}$$

$$q_{//} = 101,8 \cdot \sin 45 = 72,125 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.6 Arah gaya akibat beban tetap

2. Beban Angin

W angin (dalam PPIUG 1983, pasal 4.2.1) = 25 kg/m^2

a. Angin Tekan (W_t), untuk $\alpha < 65^\circ$, diketahui $\alpha = 45^\circ$

$$C_1 = 0,02 \alpha - 0,4$$

$$= 0,02 \cdot 45 - 0,4 = -0,5$$

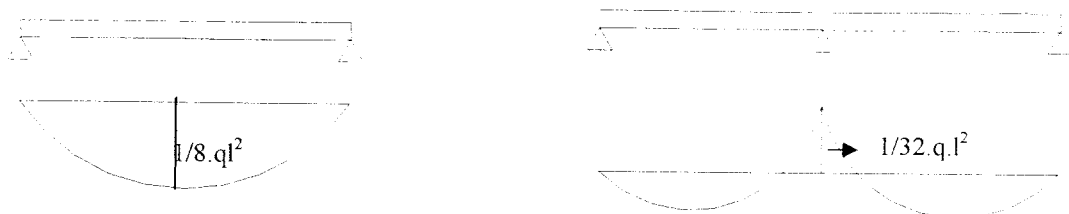
- $W_t = C_1 \times W \times \text{jarak gording}$
 $= 0,5 \times 25 \times 1,70 = 21,25 \text{ kg/m}$

b. Angin hisap (W_h)

$$C_2 = -0,4$$

- $W_h = -0,4 \times 25 \times 1,70 = -17 \text{ kg/m}$

b. Momen yang terjadi



Gambar 4.7 BMD Gording

- Akibat beban tetap

$$M_{\perp \max} = 1/8 \cdot q_{\perp} \cdot b^2$$

$$= 1/8 \cdot 72,125 \cdot 3,6^2 = 116,842 \text{ kgm}$$

$$M_{// \max} = 1/32 \cdot q_{//} \cdot b^2$$

$$= 1/32 \cdot 72,125 \cdot 3,6^2 = 29,211 \text{ kgm}$$

- Akibat beban angin

$$M_{\perp \max} = 1/8 \cdot W_t \cdot b^2$$

$$= 1/8 \cdot 21,25 \cdot 3,6^2 = 34,425 \text{ kgm}$$

c. Penentuan profil baja :

Dicoba profil C 150 x 50 x 20 x 2,3

$$S_x = 1,709 \text{ in}^3 = 28 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 0,513 \text{ in}^3 = 6,33 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 5,045 \text{ in}^4 = 210 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 0,526 \text{ in}^4 = 21,9 \text{ cm}^4$$

$$W = 3,33 \text{ lb/ft} = 4,96 \text{ kg/m}^2$$

d. Kontrol Tegangan

$$f_{bx} = \frac{M_{\perp \max}}{S_x}$$

$$= \frac{(116,842 + 34,425) 100}{28} = 540,241 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{by} = \frac{M_{// \max}}{S_y}$$

$$= \frac{29,211 \cdot 100}{6,33} = 461,469 \text{ kg/cm}^2$$

Berat penutup atap yang berupa genting dalam PPIUG 1983 tabel 2.1 hal 11 adalah sama dengan 50 kg/m^2

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \times (1/2 \cdot 3,6/\cos 45) = 127,279 \text{ kg/m}$$

- **Beban hidup**

Beban hidup yang bekerja pada atap berupa beban air hujan. Menurut PPIUG 1983 pada pasal 3.2.2 besar beban air hujan = $(40 - 0,8\alpha)$, dimana α adalah sudut kemiringan atap.

$$\text{Beban hidup} = (40 - 0,8 \cdot 45) \times (1/2 \cdot 3,6/\cos \alpha) = 10,182 \text{ kg/m}$$

- **Beban gording** = $5 \times 4,96 \text{ kg/m} = 24,800 \text{ kg/m}$

$$P = 162,262 \text{ kg/m}$$

$$P_{//} = P \cdot \sin \alpha \cdot S_s$$

$$= 162,262 \cdot \sin 45 \cdot 1,8 = 206,526 \text{ kg/m}$$

$$A_{\text{sagrod}} = \frac{P_{//}}{0,33 \cdot Fu} = 1/4 \cdot \pi \cdot D_{\text{sagrod}}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{P_{//} \cdot 4}{0,33 \cdot Fu \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{206,526 \times 4}{0,33 \cdot 3700 \cdot \pi}} = 0,464 \text{ cm}$$

$$\text{Sagrod} = D + 3 = 4,64 + 3 = 7,64 \text{ mm, Dipakai} = 8 \text{ mm}$$

b. Perencanaan Tierod

$$\text{Beban tierod} = T = P_{//} \cdot \cos \alpha \cdot 2$$

$$= 206,526 \cdot \cos 45 \cdot 2 = 292,072 \text{ kg/cm}$$

$$A_{\text{tierod}} = \frac{T}{0,33 \cdot Fu} = 1/4 \cdot \pi \cdot D_{\text{tierod}}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{T \cdot 4}{0,33 \cdot Fu \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{292,072 \times 4}{0,33 \cdot 3700 \cdot \pi}} = 0,552 \text{ cm}$$

$$\text{Tierod} = 5,52 + 3 = 8,52 \text{ mm, Dipakai} = 10 \text{ mm}$$

$$\bullet \quad \frac{fbx}{0,66.Fy} + \frac{fby}{0,75.Fy} \leq 1,0$$

$$\frac{540,241}{0,66.2500} + \frac{461,469}{0,75.2500} \leq 1,0$$

$$0,597 \leq 1,0$$

e. Kontrol Lendutan

$$\delta_{\perp} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{\perp} \cdot L^4}{E.Ix} \leq \frac{L}{360}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{72,125 \times 10^{-2} \cdot 360^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 210} \leq \frac{360}{360}$$

$$= 0,358 < 1 \quad \dots \text{OK}$$

$$\delta_{//} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{//} \cdot \left(\frac{L}{(a+1)}\right)^4}{E.Iy} \leq \frac{L}{360}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{72,125 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{360}{(1+1)}\right)^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 21,9} \leq \frac{360}{360}$$

$$= 0,214 < 1 \quad \dots \text{OK}$$

$$\delta = \sqrt{\delta_{\perp}^2 + \delta_{//}^2}$$

$$= \sqrt{0,358^2 + 0,214^2} = 0,417 < 1$$

Profil *Light lip channel* 150 x 50 x 20 x 2,3 dapat digunakan.

4.1.3. Perencanaan Sagrod dan Tierod

a. Perencanaan Sagrod

Beban Sagrod dan Tierod :

- Berat penutup atap

4.1.4. Perencanaan Kuda-Kuda

1. Pembebanan dan Gaya Batang Rencana Kuda-kuda

a. Kuda-kuda I

1. Beban tetap

- Berat gording = 4,96 kg/m
- Berat eternit = 11 kg/m²
- Berat penutup atap = 50 kg/m²
- Beban hidup (PPIUG '83) = $(40 - 0,8 \cdot 45) = 4 \text{ kg/m}^2$
- Berat kuda-kuda (taksiran) :

$$W = \left(10 \pm \left(\frac{L-12}{3} \right) \cdot 5 \right) \cdot \text{jarak kuda-kuda}$$

$$= \left(10 \pm \left(\frac{8,8-12}{3} \right) \cdot 5 \right) \cdot 3,6 = 55,2 \text{ kg/m'}$$

Beban-beban pada joint :

a) $P_1 = P_9$

Berat gording	= 4,96 x 3,6	= 17,856 kg
Berat penutup atap	= 50 x 3,6 x ½ 1,131	= 101,79 kg
Beban hidup	= 4 x 3,6 x ½ 1,131	= 8,143 kg
		= 127,789 kg

b) $P_2 = P_8$

Berat gording	= 4,96 x 3,6	= 17,856 kg
Berat penutup atap	= 50 x 3,6 x ½ (1,131+1,697)	= 254,52 kg
Beban hidup	= 4 x 3,6 x ½ (1,131+1,697)	= 20,362 kg
		= 282,738 kg

$$= 292,738 \text{ kg}$$

c) $P_3 = P_7 = P_4 = P_6$

$$\text{Berat gording} = 4,96 \times 3,6 = 17,856 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \times 3,6 \times 1,697 = 305,46 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = \underline{4 \times 3,6 \times 1,697} = 24,437 \text{ kg}$$

$$= 347,753 \text{ kg}$$

d) P_5

$$\text{Berat gording} = 2 (4,96 \times 3,6) = 35,712 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \times 3,6 \times 1,697 = 305,46 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = \underline{4 \times 3,6 \times 1,697} = 24,437 \text{ kg}$$

$$= 365,609 \text{ kg}$$

e) $P'_1 = P'_9$

$$\text{Berat eternit} = 11 \times 3,6 \times \frac{1}{2} 0,8 = 15,84 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kuda-kuda} = \underline{55,2 \times \frac{1}{2} 0,8} = 22,08 \text{ kg}$$

$$= 37,92 \text{ kg}$$

f) $P'_2 = P'_8$

$$\text{Berat eternit} = 11 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (0,8+1,442) = 44,392 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kuda-kuda} = \underline{55,2 \times \frac{1}{2} (0,8+1,442)} = 61,879 \text{ kg}$$

$$= 106,271 \text{ kg}$$

g) $P'_3 = P'_4 = P'_5 = P'_6 = P'_7$

$$\text{Berat eternit} = 11 \times 3,6 \times 1,442 = 57,103 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kuda-kuda} = \underline{55,2 \times 1,442} = 79,598 \text{ kg}$$

$$= 136,701 \text{ kg}$$

b. Kuda-kuda II

1. Beban tetap

- Berat gording = 4,96 kg/m
- Berat eternit = 11 kg/m²
- Berat penutup atap = 50 kg/m²
- Beban hidup (PPIUG '83) = $(40 - 0,8 \cdot 45) = 4 \text{ kg/m}^2$
- Berat kuda-kuda (taksiran) :

$$W = \left(10 \pm \left(\frac{8-12}{3} \right) 5 \right) \cdot 3,6 = 60 \text{ kg/m}^2$$

Beban-beban pada joint :

a. P₁

Berat gording	= 4,96 x 3,6	= 17,856 kg
Berat penutup atap	= 50 x 3,6 x ½ 1,131	= 101,79 kg
Beban hidup	= 4 x 3,6 x ½ 1,131	= 8,143 kg
	<hr/>	
		= 127,789 kg

b. P₂

Berat gording	= 4,96 x 3,6	= 17,856 kg
Berat penutup atap	= 50 x 3,6 x ½ (1,131+1,697)	= 254,52 kg
Beban hidup	= 4 x 3,6 x ½ (1,131+1,697)	= 20,362 kg
	<hr/>	
		= 292,738 kg

c. P₃ = P₄ = P₆ = P₇

Berat gording	= 4,96 x 3,6	= 17,856 kg
Berat penutup atap	= 50 x 3,6 x 1,697	= 305,46 kg

2. Beban Angin

$$W \text{ angin (PPIUG 1983 pasal 4.2.1)} = 25 \text{ kg/m}^2$$

Koefisien angin :

- Angin Tekan (Wt)

$$\begin{aligned} C_1 &= 0,02 \alpha - 0,4 \\ &= 0,02 \cdot 45 - 0,4 = -0,5 \end{aligned}$$

- Angin hisap (Wh)

$$C_2 = -0,4$$

Beban-beban angin

- Angin tekan (Wt) $= 0,5 \times 25 = 12,5 \text{ kg/m}^2$
- Angin hisap (Wh) $= -0,4 \times 25 = -10 \text{ kg/m}^2$

a) Angin kiri

$$W_{t1} = 12,5 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \cdot 1,13 = 25,448 \text{ kg}$$

$$W_{t2} = 12,5 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,131 + 1,697) = 63,63 \text{ kg}$$

$$W_{t3} = W_{t4} = 12,5 \times 3,6 \times 1,697 = 76,365 \text{ kg}$$

$$W_{t5} = 12,5 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \cdot 1,697 = 38,183 \text{ kg}$$

$$W_{h1} = -10 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \cdot 1,131 = -20,358 \text{ kg}$$

$$W_{h2} = -10 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,131 + 1,697) = -50,904 \text{ kg}$$

$$W_{h3} = W_{h4} = -10 \times 3,6 \times 1,697 = -61,092 \text{ kg}$$

$$W_{h5} = -10 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \cdot 1,697 = -30,546 \text{ kg}$$

b) Angin kanan

besar angin kanan sama dengan besar angin kiri.

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup} &= 4 \times 3,6 \times 1,697) &= 24,437 \text{ kg} \\ & &= 347,753 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. P₅

$$\begin{aligned} \text{Berat gording} &= 2 (4,96 \times 3,6) &= 35,712 \text{ kg} \\ \text{Berat penutup atap} &= 50 \times 3,6 \times 1,697 &= 305,46 \text{ kg} \\ \text{Beban hidup} &= 4 \times 3,6 \times 1,697 &= 24,437 \text{ kg} \\ & &= 365,609 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. P₈

$$\begin{aligned} \text{Berat gording} &= 4,96 \times 3,6 &= 17,856 \text{ kg} \\ \text{Berat penutup atap} &= 50 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \cdot 1,697) &= 152,73 \text{ kg} \\ \text{Beban hidup} &= 4 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \cdot 1,697) &= 12,218 \text{ kg} \\ & &= 182,804 \text{ kg} \end{aligned}$$

f. P'₁

$$\begin{aligned} \text{Berat eternit} &= 11 \times 3,6 \times \frac{1}{2} 0,8 &= 15,84 \text{ kg} \\ \text{Berat kuda-kuda} &= 60 \times \frac{1}{2} 0,8 &= 24 \text{ kg} \\ & &= 39,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

g. P'₂

$$\begin{aligned} \text{Berat eternit} &= 11 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (0,8+1,442) &= 44,39 \text{ kg} \\ \text{Berat kuda-kuda} &= 60 \times \frac{1}{2} \cdot (0,8+1,442) &= 67,26 \text{ kg} \\ & &= 111,65 \text{ kg} \end{aligned}$$

h. P'₃ = P'₄ = P'₅ = P'₆ = P'₇

$$\begin{aligned} \text{Berat eternit} &= 11 \times 3,6 \times 1,442 &= 57,103 \text{ kg} \\ \text{Berat kuda-kuda} &= 60 \times 1,442 &= 86,52 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$= 143,623 \text{ kg}$$

i. P'_8

$$\text{Berat eternit} = 11 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \cdot 1,442) = 28,551 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kuda-kuda} = \underline{60 \times \frac{1}{2} \cdot 1,442)} = 43,26 \text{ kg}$$

$$= 71,811 \text{ kg}$$

2. Beban Angin

$$W \text{ angin (PPIUG 1983 pasal 4.2.1)} = 25 \text{ kg/m}^2$$

Koefisien angin :

- Angin Tekan (W_t)

$$C_1 = 0,02 \alpha - 0,4$$

$$= 0,02 \cdot 45 - 0,4 = -0,5$$

- Angin hisap (W_h)

$$C_2 = -0,4$$

Beban-beban angin

- Angin tekan (W_t) $= 0,5 \times 25 = 12,5 \text{ kg/m}^2$

- Angin hisap (W_h) $= -0,4 \times 25 = -10 \text{ kg/m}^2$

a) Angin kiri

$$W_{t1} = 12,5 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \cdot 1,13 = 25,448 \text{ kg}$$

$$W_{t2} = 12,5 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,131 + 1,697) = 63,63 \text{ kg}$$

$$W_{t3} = W_{t4} = 12,5 \times 3,6 \times 1,697 = 76,365 \text{ kg}$$

$$W_{t5} = 12,5 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \cdot 1,697 = 38,183 \text{ kg}$$

$$W_{h2} = W_{h5} = -10 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \cdot 1,697) = -30,546 \text{ kg}$$

$$W_{h3} = W_{t4} = -10 \times 3,6 \times 1,697 = -61,092 \text{ kg}$$

b) Angin kanan

besar angin kanan sama dengan besar angin kiri.

W_{t1} tidak ada

$$W_{t2} = 12,5 \times 3,6 \times \frac{1}{2} 1,697 = 38,183 \text{ kg}$$

$$W_{h1} = -10 \times 3,6 \times \frac{1}{2} 1,13 = 20,340 \text{ kg}$$

$$W_{h2} = -10 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,131 + 1,697) = 50,904 \text{ kg}$$

c. Kuda-kuda III

1. Beban tetap

- Berat gording = 4,96 kg/m
- Berat eternit = 11 kg/m²
- Berat penutup atap = 50 kg/m²
- Beban hidup (PPIUG '83) = (40 - 0,8 . 45) = 4 kg/m²
- Berat kuda-kuda (taksiran) :

$$W = \left(10 \pm \left(\frac{4,4 - 12}{3} \right) . 5 \right) . 3,6 = 81,6 \text{ kg/m'}$$

Beban-beban pada joint :

a. P_1

$$\text{Berat gording} = 4,96 \times 3,6 = 17,856 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \times 3,6 \times \frac{1}{2} 1,131 = 101,79 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = \underline{4 \times 3,6 \times \frac{1}{2} 1,131} = 8,143 \text{ kg}$$

$$= 127,789 \text{ kg}$$

b P_2

$$\text{Berat gording} = 4,96 \times 3,6 = 17,856 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,131+1,697) = 254,52 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup} &= 4 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,131+1,697) = 20,362 \text{ kg} \\ &= 292,738 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. $P_3 = P_4$

$$\text{Berat gording} = 4,96 \times 3,6 = 17,856 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \times 3,6 \times 1,697 = 305,46 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup} &= 4 \times 3,6 \times 1,697 = 24,437 \text{ kg} \\ &= 347,753 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. P_5

$$\text{Berat gording} = 2 (4,96 \times 3,6) = 35,712 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \times 3,6 \times 1,697 \times \frac{1}{2} = 152,73 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup} &= 4 \times 3,6 \times 1,697 \times \frac{1}{2} = 12,218 \text{ kg} \\ &= 200,66 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. P'_1

$$\text{Berat eternit} = 11 \times 3,6 \times \frac{1}{2} 0,8 = 15,84 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat kuda-kuda} &= 81,6 \times \frac{1}{2} 0,8 = 32,64 \text{ kg} \\ &= 48,48 \text{ kg} \end{aligned}$$

f. P'_2

$$\text{Berat eternit} = 11 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (0,8+1,442) = 44,392 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat kuda-kuda} &= 81,6 \times \frac{1}{2} (0,8+1,442) = 91,474 \text{ kg} \\ &= 135,866 \text{ kg} \end{aligned}$$

g. $P'_3 = P'_4$

$$\text{Berat eternit} = 11 \times 3,6 \times 1,442 = 57,103 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat kuda-kuda} &= 81,6 \times 1,442 &= 117,667 \text{ kg} \\ & &= 174,77 \text{ kg} \end{aligned}$$

h. P₅

$$\begin{aligned} \text{Berat eternit} &= 11 \times 3,6 \times \frac{1}{2} 1,442 &= 28,552 \text{ kg} \\ \text{Berat kuda-kuda} &= 81,6 \times \frac{1}{2} 1,442 &= 58,834 \text{ kg} \\ & &= 87,386 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Beban Angin

$$W \text{ angin (PPIUG 1983 pasal 4.2.1)} = 25 \text{ kg/m}^2$$

Koefisien angin :

- Angin Tekan (W_t)

$$C_1 = 0,02 \alpha - 0,4$$

$$= 0,02 \cdot 45 - 0,4 = -0,5$$

- Angin hisap (W_h)

$$C_2 = -0,4$$

Beban-beban angin

- Angin tekan (W_t) = $0,5 \times 25 = 12,5 \text{ kg/m}^2$
- Angin hisap (W_h) = $-0,4 \times 25 = -10 \text{ kg/m}^2$

a) Angin kiri

$$W_{t1} = 12,5 \times 3,6 \times \frac{1}{2} 1,13 = 25,448 \text{ kg}$$

$$W_{t2} = 12,5 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,131 + 1,697) = 63,63 \text{ kg}$$

$$W_{t3} = 12,5 \times 3,6 \times 1,697 = 76,365 \text{ kg}$$

$$W_{t5} = 12,5 \times 3,6 \times \frac{1}{2} 1,697 = 38,183 \text{ kg}$$

b) Angin kanan

$$Wh_1 = -10 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \times 1,131 = -20,358 \text{ kg}$$

$$Wh_2 = -10 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,131 + 1,697) = -50,904 \text{ kg}$$

$$Wh_3 = Wt_4 = -10 \times 3,6 \times 1,697 = -61,092 \text{ kg}$$

$$Wh_5 = -10 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \times 1,697 = -30,546 \text{ kg}$$

d. Kuda-kuda IV

1. Beban tetap

- Berat gording = 4,96 kg/m
- Berat eternit = 11 kg/m²
- Berat penutup atap = 50 kg/m²
- Beban hidup (PPIUG '83) = (40 - 0,8 . 45) = 4 kg/m²
- Berat kuda-kuda (taksiran) :

$$W = \left(10 \pm \left(\frac{8-12}{3} \right) \cdot 5 \right) \cdot 3,6 = 60 \text{ kg/m}$$

Beban-beban pada joint :

a. P₁

$$\text{Berat gording} = 4,96 \times 3,6 = 17,856 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \times 1,131 = 101,79 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = 4 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \times 1,131 = 8,143 \text{ kg}$$

$$= 127,789 \text{ kg}$$

b. P₂

$$\text{Berat gording} = 4,96 \times 3,6 = 17,856 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,131 + 1,697) = 254,52 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup} &= 4 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,131+1,697) = 20,362 \text{ kg} \\ &= 292,738 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. $P_3 = P_4$

$$\begin{aligned} \text{Berat gording} &= 4,96 \times 3,6 &= 17,856 \text{ kg} \\ \text{Berat penutup atap} &= 50 \times 3,6 \times 1,697 &= 305,46 \text{ kg} \\ \text{Beban hidup} &= 4 \times 3,6 \times 1,697 &= 24,437 \text{ kg} \\ &= 347,753 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. P_5

$$\begin{aligned} \text{Berat gording} &= 2 (4,96 \times 3,6) &= 35,712 \text{ kg} \\ \text{Berat penutup atap} &= 50 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,697 + 1,2) &= 260,73 \text{ kg} \\ \text{Beban hidup} &= 4 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,697 + 1,2) &= 20,858 \text{ kg} \\ &= 263,300 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. $P_6 = P_7$

$$\begin{aligned} \text{Berat gording} &= 2.(4,96 \times 3,6) &= 35,712 \text{ kg} \\ \text{Berat penutup atap} &= 50 \times 3,6 \times 1,2 &= 216 \text{ kg} \\ \text{Beban hidup} &= 4 \times 3,6 \times 1,2 &= 17,28 \text{ kg} \\ &= 268,992 \text{ kg} \end{aligned}$$

f. P_8

$$\begin{aligned} \text{Berat gording} &= 2.(4,96 \times 3,6) &= 35,712 \text{ kg} \\ \text{Berat penutup atap} &= 50 \times 3,6 \times \frac{1}{2} 1,2 &= 108,000 \text{ kg} \\ \text{Beban hidup} &= 4 \times 3,6 \times \frac{1}{2} 1,2 &= 8,640 \text{ kg} \\ &= 152,352 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$= 59,76 \text{ kg}$$

2. Beban Angin

$$W \text{ angin (PPIUG 1983 pasal 4.2.1)} = 25 \text{ kg/m}^2$$

Koefisien angin :

- Angin Tekan (Wt)

$$\begin{aligned} C_1 &= 0,02 \alpha - 0,4 \\ &= 0,02 \cdot 45 - 0,4 = -0,5 \end{aligned}$$

- Angin hisap (Wh)

$$C_2 = -0,4$$

Beban-beban angin

- Angin tekan (Wt) $= 0,5 \times 25 = 12,5 \text{ kg/m}^2$
- Angin hisap (Wh) $= -0,4 \times 25 = -10 \text{ kg/m}^2$

a) Angin kiri

$$W_{t1} = 12,5 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \times 1,13 = 25,448 \text{ kg}$$

$$W_{t2} = 12,5 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,131 + 1,697) = 63,63 \text{ kg}$$

$$W_{t3} = W_{t4} = 12,5 \times 3,6 \times 1,697 = 76,365 \text{ kg}$$

$$W_{t5} = 12,5 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \times 1,697 = 38,183 \text{ kg}$$

b) Angin kanan

$$W_{h1} = -10 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \times 1,131 = -20,358 \text{ kg}$$

$$W_{h2} = -10 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,131 + 1,697) = -50,904 \text{ kg}$$

$$W_{h3} = W_{h4} = -10 \times 3,6 \times 1,697 = -61,092 \text{ kg}$$

$$W_{h5} = -10 \times 3,6 \times \frac{1}{2} \times 1,697 = -30,546 \text{ kg}$$

g. P'₁

$$\text{Berat eternit} = 11 \times 3,6 \times \frac{1}{2} 0,8 = 15,84 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kuda-kuda} = 60 \times \frac{1}{2} 0,8 = 24 \text{ kg}$$

$$= 39,84 \text{ kg}$$

h. P'₂

$$\text{Berat eternit} = 11 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (0,8+1,442) = 44,392 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kuda-kuda} = 60 \times \frac{1}{2} (0,8+1,442) = 67,26 \text{ kg}$$

$$= 111,652 \text{ kg}$$

i. P'₃ = P'₄

$$\text{Berat eternit} = 11 \times 3,6 \times 1,442 = 57,103 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kuda-kuda} = 60 \times 1,442 = 86,52 \text{ kg}$$

$$= 143,623 \text{ kg}$$

j. P'₅

$$\text{Berat eternit} = 11 \times 3,6 \times \frac{1}{2} (1,442+1,2) = 52,312 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kuda-kuda} = 60 \times \frac{1}{2} (1,442+1,2) = 79,26 \text{ kg}$$

$$= 131,572 \text{ kg}$$

k. P'₆ = P'₇

$$\text{Berat eternit} = 11 \times 3,6 \times 1,2 = 47,520 \text{ kg}$$

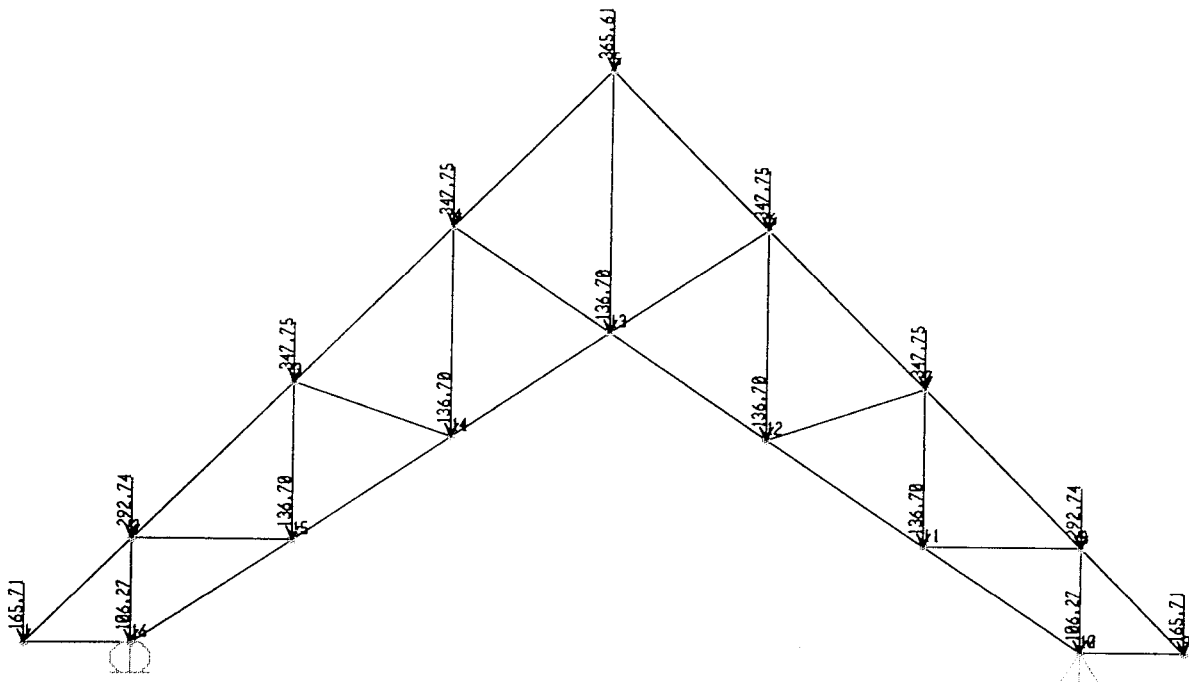
$$\text{Berat kuda-kuda} = 60 \times 1,2 = 72 \text{ kg}$$

$$= 119,52 \text{ kg}$$

l. P'₈

$$\text{Berat eternit} = 11 \times 3,6 \times \frac{1}{2} .1,2 = 23,760 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kuda-kuda} = 60 \times \frac{1}{2} .1,2 = 36 \text{ kg}$$



Analisa rangka menggunakan SAP 2000 dan gambar beban rencana Kuda-kuda dapat dilihat dalam lampiran.

Tabel 4.2 Beban Rencana Kuda-kuda -1

No	Letak	Batang	Gaya Batang (Kg)			Gaya Batang (Kg)			
			Beban Tetap	B. Angin Kiri	B. Angin Kanan	1.3 B.Tetap	B Tetap+ B A. Kiri	B Tetap + BA Kanan	B Rencana
1	Bawah	9	-165.71	28.8	-35.98	-215.423	-136.91	-201.69	-165.71
2	Bawah	10	-199.16	-393.69	385.06	-258.908	-592.85	185.9	-199.16
3	Bawah	11	1333.56	-545.83	557.4	1733.628	787.73	1890.96	1333.56
4	Bawah	12	1663.24	-544.03	546.22	2162.212	1119.21	2209.46	1663.24
5	Bawah	13	1663.24	-310.39	312.58	2162.212	1352.85	1975.82	1663.24
6	Bawah	14	1333.56	-156.44	168.01	1733.628	1177.12	1501.57	1333.56
7	Bawah	15	-166.16	-43.24	34.61	-216.008	-209.4	-131.55	-166.16
8	Bawah	16	-165.71	-35.98	28.8	-215.423	-201.69	-136.91	-165.71
9	Atas	1	234.35	25.44	-20.36	304.655	259.79	213.99	234.35
10	Atas	2	-1569.2	95.01	-126.43	-2039.96	-1474.19	-1695.63	-1569.2
11	Atas	3	-1957.13	199.8	-235.46	-2544.269	-1757.33	-2192.59	-1957.13
12	Atas	4	-1778.82	323.76	-349.76	-2312.466	-1455.06	-2128.58	-1778.82
13	Atas	5	-1778.82	255.03	-281.02	-2312.466	-1523.79	-2059.84	-1778.82
14	Atas	6	-1957.13	268.53	-304.19	-2544.269	-1688.6	-2261.32	-1957.13
15	Atas	7	-1569.2	209.56	-240.97	-2039.96	-1359.64	-1810.17	-1569.2
16	Atas	8	234.35	-20.36	25.44	304.655	213.99	259.79	234.35
17	Vertikal	17	-1568.04	4.21	-39.01	-2038.452	-1563.83	-1607.05	-1568.04
18	Vertikal	19	-713.5	62.79	-73.99	-927.55	-650.71	-787.49	-713.5
19	Vertikal	21	-137.61	128.09	-120.29	-178.893	-9.52	-257.9	-257.9
20	Vertikal	23	2150.01	-414.67	440.62	2795.013	1735.34	2590.63	2150.01
21	Vertikal	25	-137.61	-1.5	9.3	-178.893	-139.11	-128.31	-139.11
22	Vertikal	27	-713.5	84.39	-95.6	-927.55	-629.11	-809.1	-713.5
23	Vertikal	29	-1568.04	198.57	-233.37	-2038.452	-1369.47	-1801.41	-1568.04
24	Diagonal	18	1275.3	-94.19	110.99	1657.89	1181.11	1386.29	1275.3
25	Diagonal	20	289.15	-135.02	126.8	375.895	154.13	415.95	289.15
26	Diagonal	22	-151.54	-170.25	149.05	-197.002	-321.79	-2.49	-151.54
27	Diagonal	24	-151.54	63.39	-84.59	-197.002	-88.15	-236.13	-151.54
28	Diagonal	26	289.15	1.59	-9.81	375.895	290.74	279.34	289.15
29	Diagonal	28	1275.3	-126.59	143.39	1657.89	1148.71	1418.69	1275.3

Syarat :

a. 30 % beban tetap > beban angin (angin kanan + angin kiri)

→ Beban rencana = beban tetap.

b. 30 % beban tetap < beban angin (angin kanan + angin kiri)

→ Beban rencana = beban tetap + beban angin

2. Perencanaan Profil

a. Kuda-kuda 1

1. Batang Bawah

• Batang Tarik

• Gaya tarik (P) maksimal = 2209.459 kg

• Panjang batang (L) = 1,442 m = 144,2 cm

$$F_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2 \quad F_u = 3700 \text{ Kg/cm}^2$$

• Syarat batang tarik :

$$\frac{L}{r} \leq 240 \text{ s/d } 300 \Rightarrow r_{\min} = \frac{L}{240} = \frac{144,2}{240} = 0,601 \text{ cm}$$

• Luas tampang perlu :

$$A_{g1} = \frac{T}{0,6.F_y} = \frac{2209.459}{0,6.2500} = 1.473 \text{ cm}^2$$

$$A_{g2} = \frac{T}{0,5.F_u.0,85} + \left(\frac{1''}{8} + \phi_{baut} \right) . tp.n$$

$$= \frac{2209.459}{0,5.3700.0,85} + \left(\frac{1''}{8} + \frac{1''}{2} \right) . 3/8'' . 2 = 2.596 \text{ cm}^2$$

⇒ Dicoba Profil 2L 50x50x5

$$A = 4,80 \text{ cm}^2 \quad W = 3,77 \text{ Kg/m}$$

$$r = 1,51 \text{ cm}$$

$$A_{bruto} = 2 \times 4,80 \text{ cm}^2 = 9,60 \text{ cm}^2$$

$$Alubang = \left(\frac{1}{8} + \phi_{baut} \right) t_{p.n} = \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{2} \right) \cdot 3/8 \cdot 2 = 0,469'' = 1,1906 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{netto} &= A_{bruto} - Alubang = 9,60 \text{ cm}^2 - 1,1906 \text{ cm}^2 \\ &= 8,4094 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{effektif} = 0,85 \cdot A_{netto} = 0,85 \times 8,4054 = 7,148 \text{ cm}^2$$

Kontrol tegangan :

$$\circ \frac{T}{A_{profil}} \leq 0,6 \cdot F_y \Rightarrow \frac{2209,459}{9,60} \leq 0,6 \cdot 2500$$

$$230.152 \text{ Kg/cm}^2 \leq 1500 \text{ Kg/cm}^2 \dots\dots\dots \text{Ok}$$

$$\circ \frac{T}{A_{effektif}} \leq 0,5 \cdot F_u \Rightarrow \frac{2209,459}{7,148} \leq 0,5 \cdot 3700$$

$$309.102 \text{ kg/cm}^2 \leq 1850 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots \text{Ok}$$

⇒ Profil yang digunakan 2L 50x50x5

• Batang Tekan

• Gaya tekan (P) maksimal = -592.847 Kg

• Panjang batang (L) = 1,442 m = 144,2 cm

$$F_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2 \quad F_u = 3700 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ Mpa} \quad K = 1 \text{ (sendi - sendi)}$$

• Syarat batang tekan :

$$\frac{KL}{r} \leq 200 \Rightarrow r_{\min} = \frac{KL}{200} = \frac{144,2}{200} = 0,721 \text{ cm}$$

⇒ Dicoba Profil 2L 50x50x5

$$A = 4,80 \text{ cm}^2 \quad A_{total} = 2 \times 4,8 = 9,60 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,51 \text{ cm}$$

$$W = 3,77 \text{ Kg/m}$$

$$I_x = I_y = 11,0 \text{ cm}^4 \quad i_x = i_y = 1,51 \text{ cm} \quad e = 1,40$$

$$x = e + \frac{1}{2} \cdot t_p = 1,40 + \frac{1}{2} \cdot 1 = 1,90 \text{ cm}$$

$$I_x \cdot gab = 2 \times 11,0 = 22 \text{ cm}^4$$

$$I_y \cdot gab = 2 \cdot I_y + 2 \cdot A \cdot x^2 = 22 + 2 \cdot 4,8 \cdot 1,9^2 = 40,24 \text{ cm}^4$$

$$i_x \cdot gab = \sqrt{\frac{I_x \cdot gab}{2A}} = \sqrt{\frac{22}{9,6}} = 1,51 \text{ cm}$$

$$i_y \cdot gab = \sqrt{\frac{I_y \cdot gab}{2A}} = \sqrt{\frac{40,24}{9,60}} = 2,05 \text{ cm}$$

$$r = 1,51 \text{ cm} \geq r_{\min} = 0,721 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } r = i_x \cdot gab = 1,51 \text{ cm}$$

Syarat :

$$\frac{KL}{r} \leq Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{F_y}} = \frac{6400}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow \frac{1.144,2}{1,51} \leq \frac{6400}{\sqrt{2500}}$$

$$95,497 \leq 128$$

sehingga digunakan rumus :

$$F_s = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{KL/r}{Cc} - \frac{1}{8} \cdot \frac{(KL/r)^3}{Cc^3}$$

$$= \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{95,497}{128} - \frac{1}{8} \cdot \frac{(95,497)^3}{(128)^3} = 1,894$$

$$F_a = \frac{F_y}{F_s} \left(1 - \frac{(KL/r)^2}{2 \cdot Cc^2} \right)$$

$$= \frac{2500}{1,894} \left(1 - \frac{(95,497)^2}{2 \cdot (128)^2} \right) = 952,334 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol kapasitas :

$$P = F_a \cdot A_{total} > P \text{ terjadi}$$

$$= 952,334 \cdot 9,60 > 592.847 \text{ kg}$$

$$= 9144,96 \text{ kg} > 592.847 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

⇒ Profil yang digunakan 2L 50x50x5

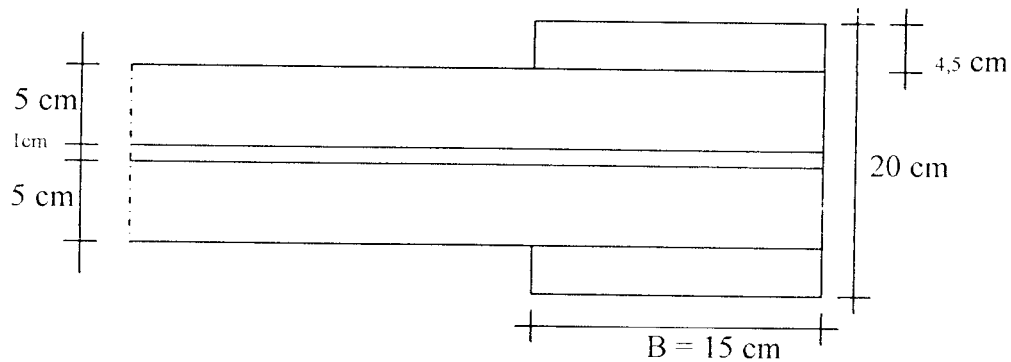
Tabel 4.3 Perencanaan dimensi batang tarik kuda-kuda -I

Batang Tarik	Btg Atas	Btg Bawah	Btg Vertikal	Btg Diagonal
Gaya tarik maksimal (P) (kg)	234.348	2209.459	2150.014	1275.3
Panjang Batang Maks (cm)	113.1	144.2	200	120
Fy (kg/m ²)	2500	2500	2500	2500
Fu (kg/m ²)	3700	3700	3700	3700
r min (cm)	0.47125	0.6008333	0.83333333	0.5
Alubang (cm ²)	1.1906	1.1906	1.1906	1.1906
Ag1 (cm ²)	0.156232	1.4729727	1.43334267	0.8502
Ag2 (cm ²)	1.339629	2.5956614	2.55785851	2.00160159
Dicoba profil 2L 50x50x5				
A (cm ²)	4.8	4.8	4.8	4.8
r (cm)	1.51	1.51	1.51	1.51
W (kg/m)	3.77	3.77	3.77	3.77
Abruto (cm ²)	9.6	9.6	9.6	9.6
Anetto (cm ²)	8.4094	8.4094	8.4094	8.4094
Aeffektif (cm ²)	7.14799	7.14799	7.14799	7.14799
Kontrol Tegangan:				
T/Aprofil	24.41125	230.15198	223.959792	132.84375
0.6 fy (kg/m ²)	1500	1500	1500	1500
T/Aprofil < 0,6 Fy	Aman	Aman	Aman	Aman
T/Aeffektif	32.78516	309.10214	300.785815	178.4137918
0,5.Fu (kg/m ²)	1850	1850	1850	1850
T/Aeffektif < 0.5Fu	Aman	Aman	Aman	Aman

Tabel 4.4 Perencanaan dimensi batang tekan kuda-kuda -1

Batang Tekan	Btg Atas	Btg Bawah	Btg Vertikal	Btg Diagonal
Gaya tekan maksimal(P) (kg)	2261.316	592.847	1568.04	289.124
Panjang Batang Maks (cm)	169.7	144.2	80	144.2
Fy (kg/m ²)	2500	2500	2500	2500
Fu (kg/m ²)	3700	3700	3700	3700
E (Mpa)	2100000	2100000	2100000	2100000
K (Sendi - Sendi)	1	1	1	1
r min (cm)	0.8485	0.721	0.4	0.721
Dicoba Profil 2L 50x50x5				
A (cm ²)	4.8	4.8	4.8	4.8
R (cm)	1.51	1.51	1.51	1.51
W (kg/m)	3.77	3.77	3.77	3.77
Ix=Iy (cm ⁴)	11	11	11	11
ix=iy (cm)	1.51	1.51	1.51	1.51
e (cm)	1.4	1.4	1.4	1.4
tp (cm)	1	1	1	1
x (cm)	1.9	1.9	1.9	1.9
Ix gabungan (cm ⁴)	22	22	22	22
Iy gabungan (cm ⁴)	40.24	40.24	40.24	40.24
ix gabungan (cm)	1.513825	1.5138252	1.51382518	1.513825177
iy gabungan (cm)	2.047356	2.047356	2.04735602	2.047356019
Dipakai r (cm)	1.51	1.51	1.51	1.51
Syarat :				
K.L / r	112.3841	95.496689	52.9801325	95.49668874
Cc	128	128	128	128
	K.L/r < Cc	K.L/r < Cc	K.L/r < Cc	K.L/r > Cc
Fs (kg/m ²)	1.911312	1.8945328	1.81301811	-
Fa (kg/m ²)	803.8421	952.33419	1260.79874	1185.757347
Kontrol kapasitas				
P (kg)	7716.884	9142.4082	12103.6679	11383.27053
P > P terjadi	Aman	Aman	Aman	Aman

4.1.4 Perencanaan Pelat Kuda-kuda -1



Gambar 4.8 pelat kuda-kuda -1

$$P = 1784,78 \text{ kg} ; f'c = 25 \text{ Mpa} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$A \text{ perlu} = \frac{P}{0,33 \cdot f'c} = \frac{1784,78}{0,33 \cdot 250} = 21,634 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diambil ukuran pelat : } 15 \times 20 = 300 \text{ cm}^2 > A \text{ perlu}$$

$$q = \frac{P}{B \times L} = \frac{1784,78 \times 1}{15 \times 20} = 5,949 \text{ kg/cm}$$

$$x = \frac{20 - (5 + 1 + 5)}{2} = 4,5 \text{ cm}$$

$$M = \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2 = \frac{1}{2} \cdot 8,622 \cdot 4,5^2 = 87,298 \text{ kg.cm}$$

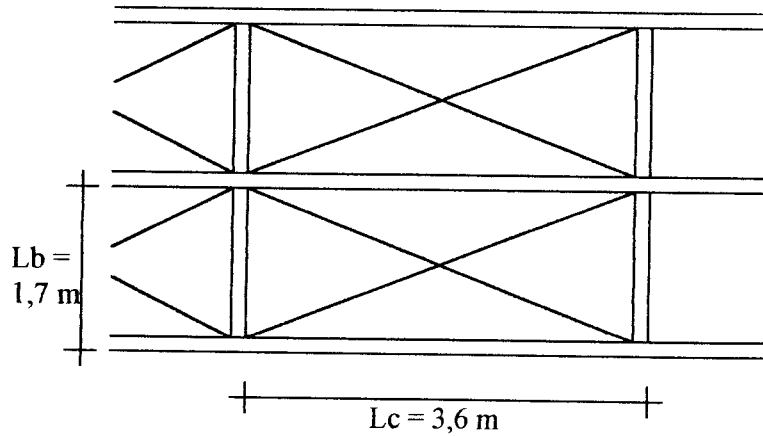
$$\text{Syarat : } 0,6 Fy = \frac{M}{1/6 \cdot 1 \cdot tp^2}$$

$$tp = \sqrt{\frac{10M}{Fy}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 87,298}{2500}} = 0,591 \text{ cm} \approx 1 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai pelat dengan tebal 1 cm

Pelat kuda-kuda berukuran : **15 x 20 x 1**

4.1.5 Perencanaan dukungan arah lateral



Gambar 4.9 dukungan arah lateral

Diketahui :

$$L_b = \text{jarak antar gording} = 1,7 \text{ m}$$

$$L_c = \text{jarak antar kuda-kuda} = 3,6 \text{ m}$$

$$L = \sqrt{L_b^2 + L_c^2} = \sqrt{(1,7)^2 + (3,6)^2} = 3,981 \text{ m}$$

Syarat : $L/r \leq 300$ sehingga :

$$r_{\min} \geq \frac{L}{300} = \frac{3,981 \text{ m}}{300} = \frac{398,1 \text{ cm}}{300} = 1,327 \text{ cm}$$

Keterangan :

1. $L \leq 3 \text{ m} \rightarrow$ dipakai baja tulangan $\varnothing 12 \text{ mm}$
2. $L \geq 5 \text{ m} \rightarrow$ dipakai baja tulangan $\varnothing 19 \text{ mm}$
3. $3 \text{ m} < L = 3,981 \text{ m} \leq 5 \text{ m} \rightarrow$ dipakai baja tulangan $\varnothing 16 \text{ mm}$

\Rightarrow Sehingga dipakai baja tulangan $\varnothing 16 \text{ mm} > r_{\min} = 1,327 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{Ok}$

4.1.6. Perencanaan Sambungan

Dalam perencanaan sambungan pada tiap joint menggunakan baut $\phi \frac{1}{2}$ " (1,27 cm), dan pelat baja BJ 37 ($F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$, $F_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$) dengan tebal 0,8 cm. Baut yang digunakan adalah A325x (baut non full drat), dengan kekuatan ultimit ($F_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$, $F_v = 2050 \text{ kg/cm}^2$)

Sehingga didapat kekuatan 1 baut untuk menahan gaya adalah :

$$\begin{aligned} P_{\text{tumpu}} &= \text{Tebal pelat} \cdot \phi \text{ baut} \cdot 1,2 F_u \text{ pelat} \cdot n \\ &= 0,8 \cdot 1,27 \cdot 1,2 \cdot 3700 \cdot 1 = 4511,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{geser}} &= A_{\text{baut}} \cdot 0,33 \cdot F_u \cdot 2n \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,27^2 \cdot 0,33 \cdot 8250 \cdot 2 \cdot 1 = 5431,14611 \text{ kg} \end{aligned}$$

dipakai P yang kecil yaitu $P = 4511,04 \text{ kg}$

Jarak penggunaan baut $\frac{1}{2}$ "

- Jarak baut ke tepi (min 1,2 D),
diambil = $1,5 D = 1,5 \times 1,27 = 1,905 \sim 3 \text{ cm}$
- Jarak antar baut (2D s/d 7D)
diambil = $3D = 3 \times 1,27 = 3,81 \sim 5 \text{ cm}$

Perhitungan jumlah baut untuk masing-masing joint adalah sebagai

berikut :

Rangka Kuda-kuda I

1. Joint I

- Batang Atas I (tarik)

$$P = 234,348 \text{ kg}$$

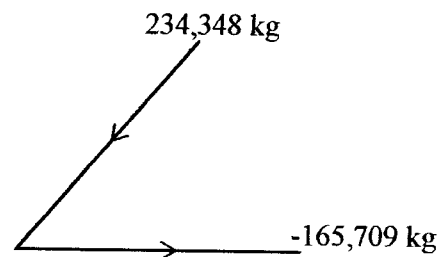
$$n = \frac{234,348}{4511,04} = 0,051 \quad , \text{ diambil jumlah minimal baut} = 3$$

buah

- Batang Bawah 1 (tekan)

$$P = 165,709 \text{ kg}$$

$$n = \frac{165,709}{4511,04} = 0,037 \quad , \text{ diambil jumlah minimal baut} = 3 \text{ buah}$$



2. Joint 2

- Batang Atas 1 (tarik)

$$P = 234,348 \text{ kg}$$

$$n = \frac{234,348}{4511,04} = 0,051 \quad , \text{ diambil jumlah minimal baut} = 3 \text{ buah}$$

- Batang Atas 2 (tekan)

$$P = 1569,2 \text{ kg}$$

$$n = \frac{1569,2}{4511,04} = 0,348 \quad ; \text{ diambil jumlah minimal baut} = 3 \text{ buah}$$

- Batang Vertikal 1 (desak)

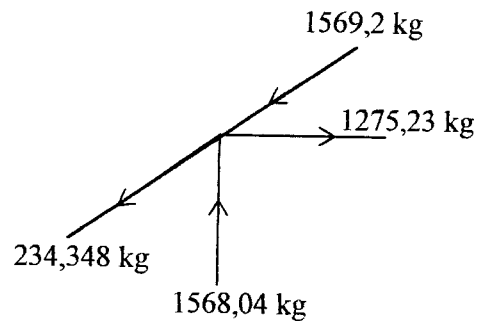
$$P = 1568,04 \text{ kg}$$

$$n = \frac{1568,04}{4511,04} = 0,348 \quad ; \text{ diambil jumlah minimal baut 3 buah}$$

- Batang Diagonal 1 (tarik)

$$P = 1275,23 \text{ kg}$$

$$n = \frac{1275,23}{4511,04} = 0,283 \quad , \text{ diambil jumlah minimal baut 3 buah}$$



Untuk sambungan pada joint berikutnya, dengan perhitungan yang sama didapat jumlah baut yang sama pula yaitu 3 buah, karena gaya-gaya batang yang terjadi kurang dari kekuatan 1 baut untuk menahan gaya (= 4511,04 kg). Perhitungan baut meliputi setengah bentang rangka kuda-kuda untuk mewakili perhitungan satu bentang.

Tabel 4.5 Jumlah baut terpakai

Joint	Elemen/Batang	Jumlah Baut
1	1	3 Buah
	16	3 Buah
2	1	3 Buah
	2	3 Buah
	17	3 Buah
	18	3 Buah
3	2	3 Buah
	3	3 Buah
	19	3 Buah
	20	3 Buah
4	3	3 Buah
	4	3 Buah
	21	3 Buah
	22	3 Buah
5	4	3 Buah
	5	3 Buah
	23	3 Buah
13	12	3 Buah
	13	3 Buah
	22	3 Buah
	23	3 Buah
	23	3 Buah
14	13	3 Buah
	14	3 Buah
	20	3 Buah
	21	3 Buah
15	14	3 Buah
	15	3 Buah
	18	3 Buah
	19	3 Buah
16	15	3 Buah
	16	3 Buah
	17	3 Buah

Kontrol berat kuda-kuda :**Tabel 4.6** Profil terpakai dan berat profil terpakai

Batang	Profil (mm)	Berat Profil (kg/m)	Panjang (m)	Berat (kg)
Batang Atas	2L 50x50x5	2 x 3,77 = 7,54	12,445	93,835
Batang Bawah	2L 50x50x5	2 x 3,77 = 7,54	10,253	77,308
Batang Vertikal	2L 50x50x5	2 x 3,77 = 7,54	9,200	69,368
Batang Diagonal	2L 50x50x5	2 x 3,77 = 7,54	7,814	58,918
				299,429

- Berat total kuda-kuda = 299,429 kg
- Berat baut, plat sambung \emptyset baut = (20%.berat total kuda-kuda) = 59,886 kg

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } (\Sigma) &= \text{B. total kuda-kuda} + 20\% \cdot \text{B total kuda-kuda} \\ &= 299,429 \text{ kg} + 59,886 \text{ kg} = 359,315 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Panjang rangka kuda-kuda = L = 8,8 m

$$\frac{\Sigma}{L} < \text{Berat taksiran kuda-kuda}$$

$$\frac{359,315}{8,8} < 55,2 \text{ kg}$$

$$40,831 \text{ kg/m} < 55,2 \text{ kg/m} \dots \dots \dots \text{Ok}$$

Perencanaan profil untuk jenis kuda-kuda yang lain di tabelkan.

4.2. PERENCANAAN PELAT

4.2.1. Perencanaan Pelat Lantai

Pada perhitungan ini akan diberikan contoh perhitungan perencanaan pelat lantai type 1.

4.2.1.1. Pembebanan Pelat Lantai

- Beban mati pelat lantai (qD) :

- berat sendiri pelat (perkiraan)	: 0,12 x 24 = 2,88 kN/m ²
- pasir (tebal 5 cm)	: 0,05 x 16 = 0,80 kN/m ²
- spesi (tebal 3 cm)	: 0,03 x 21 = 0,63 kN/m ²
- keramik	: 0,01 x 20 = 0,20 kN/m ²
- eternit + plafond	= 0,18 kN/m ² +

$$\text{beban mati total (qD)} = 4,69 \text{ kN/m}^2$$

- Beban hidup pelat lantai :

- fungsi bangunan sebagai ruang laboratorium \longrightarrow qL = 2,5 kN/m²
(PPIUG, 1983 tabel 3.1, halaman 17)

- Kombinasi Pembebanan (SK SNI T-15-1991-03, Pasal 3.2.2)

$$- qU = 1,2.qD + 1,6.qL = 1,2.4,69 + 1,6. 2,5 = 9,628 \text{ kNm}$$

- Digunakan tulangan pokok \varnothing 10 mm
- Penutup beton digunakan : Pb = 20 mm
- Digunakan h = 120 mm
- Mutu beton (fc') = 22,5 Mpa
- Mutu baja (fy) = 240 Mpa

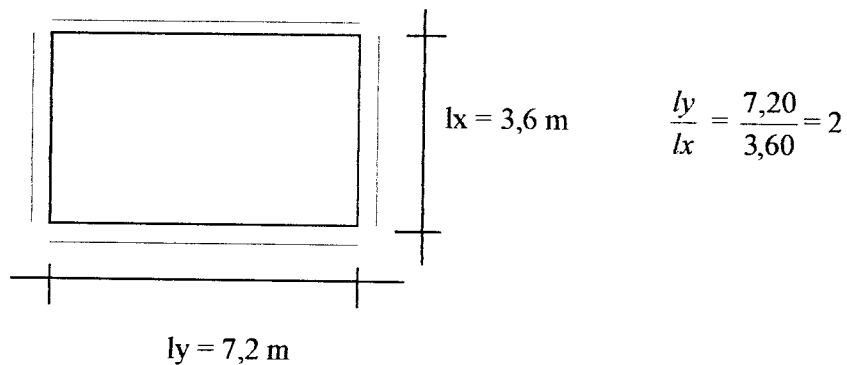
- Tinggi manfaat tulangan pelat :

$$\begin{aligned} \text{- Arah lapangan - x : } dx &= h - Pb - \frac{1}{2}\phi_{tul.x} \\ &= 120 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Arah lapangan - y : } dy &= h - Pb - \phi_{tul.x} - \frac{1}{2}\phi_{tul.y} \\ &= 120 - 20 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Arah tumpuan - x dan y : 95 mm

4.2.1.2. Perhitungan Tulangan Pokok Pelat Lantai Tipe I



Dari tabel 13.3.2, halaman 203 PBTI NI-2 (pelat dianggap jepit elastis)

Didapat : $C_{lx} = -C_{tx} = 62$

$$C_{ly} = -C_{ty} = 35$$

- Momen-momen yang bekerja pada pelat :

$$M_u = 0,001 \cdot qU \cdot l_x^2 \cdot C$$

$$M_{ulx} = -M_{utx} = 0,001 \cdot 9,628 \cdot 3,6^2 \cdot 62 = 7,736 \text{ KNm}$$

$$M_{uly} = -M_{uty} = 0,001 \cdot 9,628 \cdot 3,6^2 \cdot 35 = 4,367 \text{ KNm}$$

a. Perencanaan Tulangan M_{ulx} dan M_{utx}

$$M_{ulx} = -M_{utx} = 7,736 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{7,736}{0,8} = 9,67 \text{ kNm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 22,5} = 12,549$$

Koefisien ketahanan (Rn), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{9,67 \cdot 10^6}{1000 \cdot 95^2} = 1,072 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00583$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 22,5 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 240} \right)}{240} = 0,048$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,048 = 0,0363$$

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,549} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,549 \cdot 1,071}{240}} \right) = 0,0046 < \rho_{\max} = 0,0363$$

$$< \rho_{\min} = 0,00583$$

$$1,33 \cdot \rho_{\text{aktual}} = 1,33 \cdot 0,0046 = 0,00611 > \rho_{\min} = 0,00583$$

sehingga dipakai : $\rho_{\text{pakai}} = 0,00583$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,00583 \cdot 1000 \cdot 95 = 554,167 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan bagi $\varnothing 10$ mm, sehingga luas tampang 1 tulangan pokok :

$$A_{1\varnothing} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak antar tulangan : } s \leq \frac{A_{\varnothing 1} \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} \leq \frac{78,5 \cdot 1000}{554,167}$$

$$\leq 141,783 \text{ mm}$$

$$s \leq 2h \leq 2.120 \leq 240$$

$$s \leq 250$$

Dipakai tulangan pokok : P10 – 140 mm

$$A_{s_{ada}} = \frac{A_{1\theta} \cdot 1000}{s} = \frac{78,5 \cdot 1000}{140} = 561,224 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} = 554,167 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Momen (Mn) :

$$a = \frac{A_{s_{ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{561,224 \cdot 240}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 1000} = 7,4043 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{s_{ada}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 561,224 \cdot 240 \left(95 - \frac{7,4043}{2}\right) \\ &= 12,322 \text{ KNm} \geq \frac{M_u}{\phi} = 9,67 \text{ KNm} \dots\dots\text{OK!} \end{aligned}$$

b. Perencanaan Tulangan Muly

$$M_{uly} = - M_{uty} = 4,367 \text{ KNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{4,367}{0,8} = 5,459 \text{ KNm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 22,5} = 12,549$$

Koefisien ketahanan (Rn), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{5,459 \cdot 10^6}{1000 \cdot 85^2} = 0,756 \text{ Mpa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00583$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y}\right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 22,5 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 240}\right)}{240} = 0,0484$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0484 = 0,0363$$

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,549} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,549 \cdot 0,756}{240}} \right) = 0,00321 < \rho_{\text{maks}} = 0,0363$$

$$< \rho_{\text{min}} = 0,00583$$

$$1,33 \cdot \rho_{\text{aktual}} = 1,33 \cdot 0,00321 = 0,00427 < \rho_{\text{min}} = 0,00583$$

sehingga dipakai : $\rho_{\text{pakai}} = 0,00427$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,00427 \cdot 1000 \cdot 85 = 363,233 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan bagi $\varnothing 8$ mm, sehingga luas tampang 1 tulangan pokok :

$$A_{1\varnothing} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak antar tulangan pokok : } s \leq \frac{A_{\varnothing 1} \cdot b}{A_{s\text{perlu}}} \leq \frac{50,265 \cdot 1000}{363,233} \leq 138,439 \text{ mm}$$

$$s \leq 2h \leq 2 \cdot 120 \leq 240$$

$$s \leq 250$$

Dipakai tulangan pokok : P8 – 130 mm

$$A_{s\text{ada}} = \frac{A_{1\varnothing} \cdot 1000}{s} = \frac{50,265 \cdot 1000}{130} = 386,813 \text{ mm}^2 > A_{s\text{ada}} = 363,233 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Momen (Mn) :

$$a = \frac{A_{s\text{ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{386,813 \cdot 240}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 1000} = 4,854 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s\text{ada}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 386,813 \cdot 240 \left(85 - \frac{4,854}{2} \right)$$

$$= 7,66 \text{ KNm} \geq \frac{Mu}{\phi} = 5,459 \text{ KNm} \text{OK!}$$

c. Perencanaan Tulangan Mutu

$$M_{uy} = - M_{uty} = 4,367 \text{ KNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{4,367}{0,8} = 5,459 \text{ KNm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 22,5} = 12,549$$

Koefisien ketahanan (R_n), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{5,459 \cdot 10^6}{1000 \cdot 95^2} = 0,605 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00583$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 22,5 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 240} \right)}{240} = 0,0484$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0484 = 0,0363$$

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,549} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,549 \cdot 0,605}{240}} \right) = 0,00256 < \rho_{\max} = 0,0363$$

$$< \rho_{\min} = 0,00583$$

$$1,33 \cdot \rho_{\text{aktual}} = 1,33 \cdot 0,00256 = 0,0034 < \rho_{\min} = 0,00583$$

sehingga dipakai : $\rho_{\text{pakai}} = 0,0034$

$$A_{\text{spertu}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,0034 \cdot 1000 \cdot 95 = 323,648 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan bagi $\varnothing 8$ mm, sehingga luas tampang 1 tulangan pokok :

$$A_{1\emptyset} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak antar tulangan pokok : } s \leq \frac{A_{\emptyset 1} \cdot b}{A_{s \text{ perlu}}} \leq \frac{50,265 \cdot 1000}{323,648} \leq 155,372 \text{ mm}$$

$$s \leq 2h \leq 2 \cdot 120 \leq 240$$

$$s \leq 250$$

Dipakai tulangan pokok : P8 – 130 mm

$$A_{s \text{ ada}} = \frac{A_{\emptyset 1} \cdot 1000}{s} = \frac{50,265 \cdot 1000}{130} = 386,813 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ ada}} = 323,648 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Momen (Mn) :

$$a = \frac{A_{s \text{ ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{386,813 \cdot 240}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 1000} = 4,854 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s \text{ ada}} \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) = 386,813 \cdot 240 (95 - \frac{4,854}{2})$$

$$= 8,594 \text{ KNm} \geq \frac{M_u}{\phi} = 5,459 \text{ KNm} \dots\dots\text{OK!}$$

4.2.1.3. Perhitungan Tulangan Bagi Pelat Lantai

$$A_{s \text{ bagi}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan bagi \emptyset 8 mm, sehingga luas tampang 1 tulangan polos :

$$A_{1\emptyset} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak antar tulangan pokok : } s \leq \frac{A_{\emptyset 1} \cdot b}{A_{s \text{ bagi}}} \leq \frac{50,24 \cdot 1000}{240} \leq 209,3333 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan bagi : P8 – 200 mm

Tabel 4.7 Perencanaan pelat lantai tipe -1

	Mulx	Mutx	Muly	Muty
fc' (Mpa)	22.5	22.5	22.5	22.5
fy (Mpa)	240	240	240	240
ly (m)	7.2	7.2	7.2	7.2
lx (m)	3.6	3.6	3.6	3.6
ly/lx	2	2	2	2
C	62	62	35	35
qu (kNm)	9.628	9.628	9.628	9.628
Mu (KNm)	7.736	7.736	4.367	4.367
Mu/φ (KNm)	9.670	9.670	5.459	5.459
d (mm)	95	95	85	95
m	12.549	12.549	12.549	12.549
Rn (MPa)	1.072	1.072	0.756	0.605
ρ_{min}	0.00583	0.00583	0.00583	0.00583
ρ_b	0.04838	0.04838	0.04838	0.04838
ρ_{maks}	0.03629	0.03629	0.03629	0.03629
ρ_{aktual}	0.00460	0.00460	0.00321	0.00256
1.33. ρ_{aktual}	0.00611	0.00611	0.00427	0.00341
ρ_{pakai}	0.00583	0.00583	0.00427	0.00341
As ada (mm ²)	554.167	554.167	363.233	323.648
dtul.pokok (mm)	10	10	8	8
A1d.pokok (mm ²)	78.571	78.571	50.286	50.286
s (mm)	141.783	141.783	138.439	155.372
s pakai (mm)	140	140	130	130
As aktual (mm ²)	561.224	561.224	386.813	386.813
a (mm)	7.043	7.043	4.854	4.854
Mn (KNm)	12.322	12.322	7.666	8.594
Tul. Pokok	P10-140	P10-140	P8-130	P8-130
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
As bagi (mm ²)		240		240
dtul.bagi (mm)		8		8
A1d.bagi (mm ²)		50.286		50.286
x (mm)		209.524		209.524
xpakai (mm)		200		200
Tul. Bagi		P8-200		P8-200

4.2.2 Perencanaan Pelat Atap

Pada perhitungan ini akan diberikan contoh perhitungan perencanaan pelat atap type 1.

4.2.2.1. Pembebanan Pelat Atap

- Beban mati pelat atap :

$$1. \text{ berat sendiri pelat (perkiraan)} : 0,10 \times 24 = 2,40 \text{ KN/m}^2$$

$$2. \text{ lapisan kedap air/aspal (tebal 3 cm)} : 0,03 \times 24 = 0,72 \text{ KN/m}^2 +$$

$$\text{beban mati total (qD)} = 3,12 \text{ KN/m}^2$$

- Beban hidup pelat :

$$- \text{ fungsi bangunan sebagai ruang laboratorium} \longrightarrow qL = 1 \text{ KN/m}^2$$

(PPIUG, 1983 tabel 3.1, halaman 17)

- Kombinasi Pembebanan (SK SNI T-15-1991-03, Pasal 3.2.2)

$$- qU = 1,2.qD + 1,6.qL = 1,2. 3,12 + 1,6. 1,0 = 5,344 \text{ KNm}$$

- Digunakan tulangan pokok \varnothing 10 mm
- Mutu beton (f_c') = 22,5 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 240 Mpa
- Penutup beton digunakan : $P_b = 20 \text{ mm}$
- Digunakan $h = 100 \text{ mm}$
- Tinggi manfaat tulangan pelat :

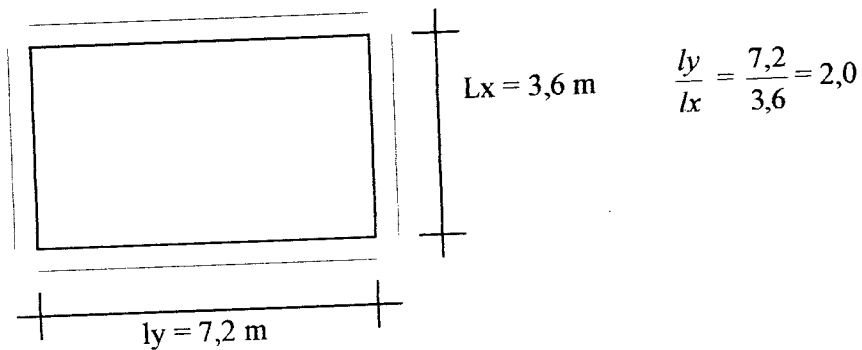
$$\begin{aligned} - \text{ Arah lapangan - x} : dx &= h - P_b - \frac{1}{2}\varnothing_{tul.x} \\ &= 100 - 20 - \frac{1}{2}.10 = 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$- \text{ Arah lapangan - y} : dy = h - P_b - \varnothing_{tul.x} - \frac{1}{2}\varnothing_{tul.y}$$

$$= 100 - 20 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 65 \text{ mm}$$

- Arah tumpuan - x dan y = 75 mm

4.2.2.2. Perhitungan Tulangan Pokok Pelat Atap Tipe I



Dari tabel 13.3.2, halaman 203 PBBI NI-2 (pelat dianggap jepit elastis)

Didapat : $C_{lx} = -C_{tx} = 62$

$$C_{ly} = -C_{ty} = 35$$

- Momen-momen yang bekerja pada pelat :

$$M_u = 0,001 \cdot q_U \cdot l_x^2 \cdot C$$

$$M_{ulx} = -M_{utx} = 0,001 \cdot 5,344 \cdot 3,6^2 \cdot 62 = 4,294 \text{ KNm}$$

$$M_{uly} = -M_{uty} = 0,001 \cdot 5,344 \cdot 3,6^2 \cdot 35 = 2,424 \text{ KNm}$$

a. Perencanaan Tulangan Arah M_{ulx} dan M_{utx}

$$M_{ulx} = -M_{utx} = 4,294 \text{ KNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{4,294}{0,8} = 5,3675 \text{ KNm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 22,5} = 12,549$$

Koefisien ketahanan (R_n), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{5,3675 \cdot 10^6}{1000 \cdot 75^2} = 0,954 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00583$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28 \cdot 0,85}{240} \cdot \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,048$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,048 = 0,036$$

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,549} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,549 \cdot 0,954}{240}} \right) = 0,0041 < \rho_{\max} = 0,036$$

$$< \rho_{\min} = 0,00583$$

$$1,33 \cdot \rho_{\text{aktual}} = 1,33 \cdot 0,0041 = 0,00545 < \rho_{\min} = 0,00583$$

sehingga dipakai : $\rho_{\text{pakai}} = 0,00545$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,00545 \cdot 1000 \cdot 75 = 408,975 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan polos $\varnothing 8$ mm, sehingga luas tampang 1 tulangan pokok :

$$A_{1\varnothing} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak antar tulangan : } s \leq \frac{A_{\theta_1} \cdot b}{A_{S_{\text{perlu}}}} \leq \frac{50,265 \cdot 1000}{408,975} \leq 122,9 \text{ mm}$$

$$s \leq 2h \leq 2 \cdot 100 \leq 200$$

$$s \leq 250$$

Dipakai tulangan pokok : P8 – 120 mm

$$A_{s_{ada}} = \frac{A_{10} \cdot 1000}{s} = \frac{50,265 \cdot 1000}{120} = 418,875 \text{ mm}^2 > A_{s_{ada}} = 408,975 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Momen (Mn) :

$$a = \frac{A_{s_{ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{418,875 \cdot 240}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 1000} = 5,256 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= A_{s_{ada}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 418,875 \cdot 240 \left(75 - \frac{5,265}{2}\right) \\ &= 7,276 \text{ KNm} \geq \frac{Mu}{\phi} = 5,3675 \text{ KNm} \text{OK!} \end{aligned}$$

b. Perencanaan Tulangan Arah Muly

$$Muly = - Muty = 2,424 \text{ KNm}$$

$$\frac{Mu}{\phi} = \frac{2,424}{0,8} = 3,03 \text{ KNm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 22,5} = 12,549$$

Koefisien ketahanan (Rn), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{3,03 \cdot 10^6}{1000 \cdot 65^2} = 0,717 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00583$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y}\right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 22,5 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 240}\right)}{240} = 0,048$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,048 = 0,036$$

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}}\right)$$

$$= \frac{1}{12,549} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,549 \cdot 0,717}{240}} \right) = 0,003 < \rho_{\text{maks}} = 0,036$$

$$< \rho_{\text{min}} = 0,00583$$

$$1,33 \cdot \rho_{\text{aktual}} = 1,33 \cdot 0,003 = 0,0041 < \rho_{\text{min}} = 0,00583$$

sehingga dipakai : $\rho_{\text{pakai}} = 0,0041$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0041 \cdot 1000 \cdot 65 = 263,36 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan polos $\varnothing 8$ mm, sehingga luas tampang 1 tulangan pokok :

$$A_{1\varnothing} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak antar tulangan pokok : } s \leq \frac{A_{\varnothing 1} \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} \leq \frac{50,265 \cdot 1000}{263,36} \leq 190,86 \text{ mm}$$

$$s \leq 2h \leq 2 \cdot 100 \leq 200$$

$$s \leq 250$$

Dipakai tulangan pokok : P8 – 120 mm

$$A_{s_{\text{ada}}} = \frac{A_{1\varnothing} \cdot 1000}{s} = \frac{50,265 \cdot 1000}{120} = 418,875 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{ada}}} = 263,36 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Momen (Mn) :

$$a = \frac{A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{418,875 \cdot 240}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 1000} = 5,256 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 418,875 \cdot 240 \left(75 - \frac{5,256}{2} \right)$$

$$= 7,276 \text{ KNm} \geq \frac{M_u}{\phi} = 3,03 \text{ KNm} \text{OK!}$$

c. Perencanaan Tulangan Arah Mutu

$$M_{uy} = - M_{uty} = 2,424 \text{ KNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{2,424}{0,8} = 3,03 \text{ KNm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 22,5} = 12,549$$

Koefisien ketahanan (R_n), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{3,03 \cdot 10^6}{1000 \cdot 75^2} = 0,54 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00583$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28 \cdot 0,85}{240} \cdot \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,048$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,048 = 0,036$$

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,549} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,549 \cdot 0,54}{240}} \right) = 0,0023 < \rho_{\max} = 0,036$$

$$< \rho_{\min} = 0,00583$$

$$1,33 \cdot \rho_{\text{aktual}} = 1,33 \cdot 0,0023 = 0,00303 < \rho_{\min} = 0,00583$$

sehingga dipakai : $\rho_{\text{pakai}} = 0,00303$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,00303 \cdot 1000 \cdot 75 = 227,13 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan polos $\varnothing 8$ mm, sehingga luas tampang 1 tulangan pokok :

$$A_{1\emptyset} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak antar tulangan : } s \leq \frac{A_{\emptyset 1} \cdot b}{A_{s_{perlu}}} \leq \frac{50,265 \cdot 1000}{227,13} \leq 221,3 \text{ mm}$$

$$s \leq 2h \leq 2 \cdot 100 \leq 200$$

$$s \leq 250$$

Dipakai tulangan pokok : P8 – 120 mm

$$A_{s_{ada}} = \frac{A_{\emptyset 1} \cdot 1000}{s} = \frac{50,265 \cdot 1000}{120} = 418,875 \text{ mm}^2 > A_{s_{ada}} = 227,13 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Momen (Mn) :

$$a = \frac{A_{s_{ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{418,875 \cdot 240}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 1000} = 5,256 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= A_{s_{ada}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 418,875 \cdot 240 \left(75 - \frac{5,265}{2}\right) \\ &= 7,276 \text{ KNm} \geq \frac{Mu}{\phi} = 3,03 \text{ KNm} \text{OK!} \end{aligned}$$

4.2.2.3. Perencanaan Tulangan Bagi Pelat Atap

$$A_{s_{bagi}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan polos $\emptyset 6$ mm, sehingga luas tampang 1 tulangan bagi :

$$A_{1\emptyset} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 6^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak antar tulangan pokok : } s \leq \frac{A_{\emptyset 1} \cdot b}{A_{s_{bagi}}} \leq \frac{50,24 \cdot 1000}{200} \leq 251,2 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan bagi : P8 – 200 mm

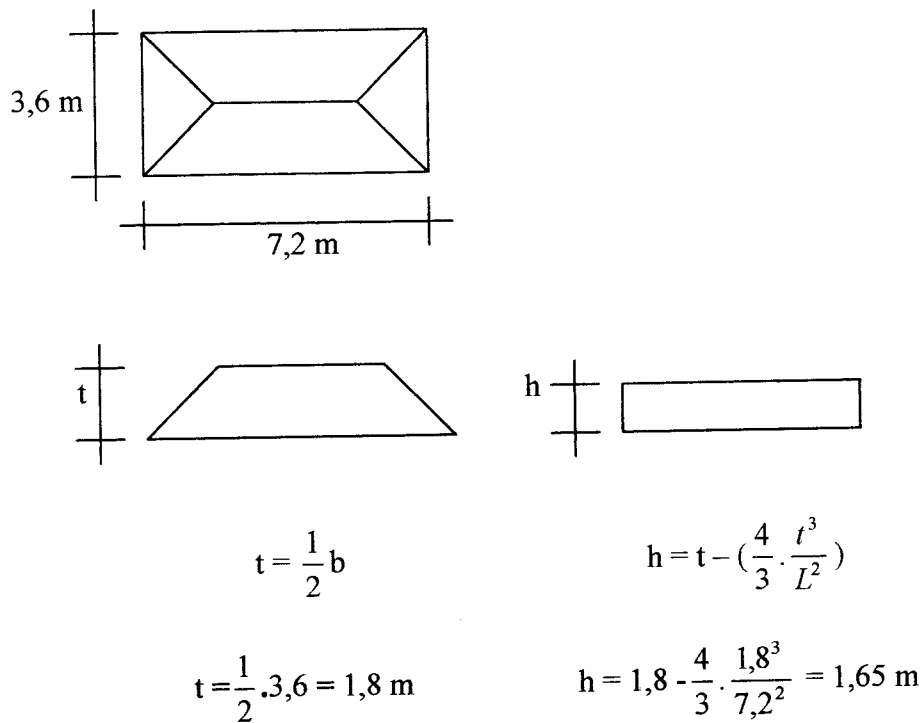
Tabel 4.8 Perencanaan pelat atap

	Mulx	Mutx	Muly	Muty
fc' (Mpa)	22.5	22.5	22.5	22.5
fy (Mpa)	240	240	240	240
ly (m)	7.2	7.2	7.2	7.2
lx (m)	3.6	3.6	3.6	3.6
ly/lx	2.0	2.0	2.0	2.0
C	62	62	35	35
qu (kNm)	5.344	5.344	5.344	5.344
Mu (KNm)	4.294	4.294	2.424	2.424
Mu/φ (KNm)	5.368	5.368	3.030	3.030
d (mm)	75	75	65	75
m	12.549	12.549	12.549	12.549
Rn (MPa)	0.954	0.954	0.717	0.539
ρ_{min}	0.00583	0.00583	0.00583	0.00583
ρ_b	0.04838	0.04838	0.04838	0.04838
ρ_{maks}	0.03629	0.03629	0.03629	0.03629
ρ_{aktual}	0.00408	0.00408	0.00305	0.00228
1.33. ρ_{aktual}	0.00543	0.00543	0.00405	0.00303
ρ_{pakai}	0.00543	0.00543	0.00405	0.00303
As ada (mm ²)	407.020	407.020	263.250	227.250
dtul.pokok (mm)	8	8	8	8
A1d.pokok (mm ²)	50.286	50.286	50.286	50.286
s (mm)	123.546	123.546	191.019	221.279
s pakai (mm)	120	120	120	120
As aktual (mm ²)	419.048	419.048	419.048	419.048
a (mm)	5.259	5.259	5.259	5.259
Mn (KNm)	7.278	7.278	6.273	7.278
Tul. Pokok	P8-120	P8-120	P8-120	P8-120
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
As bagi (mm ²)		200		200
dtul.bagi (mm)		8		8
A1d.bagi (mm ²)		50.286		50.286
x (mm)		251.429		251.429
xpakai (mm)		200		200
Tul. Bagi		P8-200		P8-200

4.3 PERENCANAAN BALOK

Denah rencana balok anak pada lampiran. Hasil perhitungan perencanaan balok anak Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia Jogjakarta sebagai berikut :

4.3.1 Perhitungan Balok Anak B2'



Gambar 4.10 Tipe Pembebanan

4.3.1.1 Data

- berat jenis beton = 24 KN/m³
- q_D pelat = 4,69 KN/m²
- q_L pelat = 2,5 KN/m²
- perkiraan ukuran balok

$$L = 7,2 \text{ m} = 720 \text{ cm}$$

$$h = \sim \frac{1}{12} \cdot 720 = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

sehingga asumsi ukuran balok = 0,3 x 0,6 m

e) tinggi tembok (lantai 1) = 3,85 m

4.3.1.2 Perhitungan Tulangan Lentur

a) Pembebanan

$$\text{beban pelat} = h \cdot q_D \cdot n = 1,65 \cdot 4,69 \cdot 2 = 15,477 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{berat balok} &= b_{\text{blk}} \cdot (h_{\text{blk}} - t_{\text{pelat}}) \cdot b_j \\ &= 0,3 \cdot (0,6 - 0,12) \cdot 24 = 3,456 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

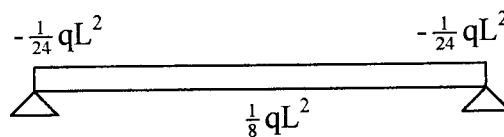
$$\begin{aligned} \text{beban tembok} &= \text{berat}_{\text{tembok}} (t_{\text{tembok}} - h_{\text{blk}}) \\ &= 2,5 \cdot (3,85 - 0,6) = 8,125 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$- q_D \text{ balok anak} = 15,477 + 3,456 + 8,125 = 27,058 \text{ KN/m}$$

$$- q_L \text{ balok anak} = h \cdot q_L \cdot n = 1,65 \cdot 2,5 \cdot 2 = 8,25 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned} \therefore q_u \text{ balok anak} &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 27,058 + 1,6 \cdot 8,25 = 45,67 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

b) Mengitung momen



Gambar 4.11 Koefisien Momen (Sumber : PBI 1971 sesuai pasal 13.2)

$$Mu_1 = \frac{1}{24} \cdot q_u \cdot l^2 = \frac{1}{24} \cdot 45,67 \cdot 7,2^2 = 98,647 \text{ KNm}$$

$$Mu_2 = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 45,67 \cdot 7,2^2 = 295,942 \text{ KNm}$$

c) penulangan balok

data :

$$f'_c = 22,5 \text{ Mpa}$$

$$f_y \text{ ulir} = 400 \text{ Mpa}$$

$$\varnothing \text{ tul pokok} = 22 \text{ mm}$$

$$\varnothing \text{ tulangan sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{untuk } f'_c \leq 30 \text{ Mpa} \Rightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$f'_c > 30 \text{ Mpa} \Rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30) \geq 0,65$$

perhitungan

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 22,5}{400} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0244$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0244 = 0,0183$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\text{diambil } \rho = 0,5 \rho_{\text{maks}} = 0,00915$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 22,5} = 20,915$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - 0,5 \cdot \rho \cdot m\right) = 0,00915 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot 0,00915 \cdot 20,915\right) = 3,322$$

$$1) \frac{Mu_2}{\phi} = \frac{295,942}{0,8} = 369,93 \text{ KN/m}$$

$$b \cdot d^2 = \frac{Mu / \phi}{R_n} = \frac{369,93 \cdot 10^6}{3,322} = 111357615,9 \text{ mm}^2$$

$$\text{diambil } b = 0,5 \cdot d$$

$$0,6.d.d^2 = 111357615,9 \text{ mm}^2$$

$$d_{\text{perlu}} = 570,41 \text{ mm}$$

$$b = 0,6 d = 0,6.570,41 = 342,25 \text{ ambil } b = 350 \text{ m}$$

$$\text{ambil } h = 650 \text{ mm}$$

$$d_{\text{pakai}} = h - p_b - \varnothing \text{ sengkang} - \text{jarak pusat tulangan pokok kesisi dalam sengkang}$$

$$= 650 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 589 \text{ mm}$$

$$d_{\text{pakai}} > d_{\text{perlu}} \text{ maka dipakai tulangan sebelah}$$

Karena ukuran balok yang dipakai adalah $0,35 \times 0,65 \text{ m}$ maka momen :

$$\text{berat balok} = b_{\text{blk}} \cdot (h_{\text{blk}} - t_{\text{pelat}}) \cdot b_j \cdot 1,2 = 0,35 \cdot (0,65 - 0,12) \cdot 24 = 4,452 \text{ KN/m}$$

$$q_D \text{ balok anak} = 15,477 + 4,452 + 8,125 = 28,054 \text{ KN/m}$$

$$\text{Jadi } q_u \text{ balok anak} = 1,2 \cdot 28,054 + 1,6 \cdot 8,25 = 46,865 \text{ KN/m}$$

Sehingga :

$$Mu_1 = \frac{1}{24} \cdot q_u \cdot l^2 = \frac{1}{24} \cdot 46,865 \cdot 7,2^2 = 101,23 \text{ KNm}$$

$$Mu_2 = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 46,865 \cdot 7,2^2 = 303,685 \text{ KNm}$$

Untuk perhitungan menggunakan tulangan sebelah, maka penulangan lapangan

dengan $Mu = 303,685 \text{ KNm}$:

$$\frac{Mu_2}{\phi} = \frac{303,685}{0,8} = 379,61 \text{ KNm}$$

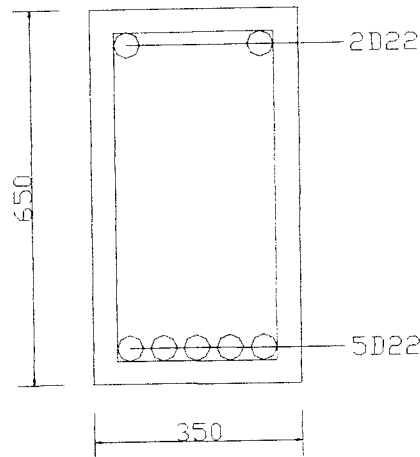
$$Rn_{\text{baru}} = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{379,61 \cdot 10^6}{350 \cdot 589^2} = 3,126$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{Rn_{\text{baru}}}{Rn} \rho = \frac{3,126}{3,322} \cdot 0,00915 = 0,00861$$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{baru} \cdot b \cdot d = 0,00861 \cdot 350 \cdot 589 = 1774,952 \text{ mm}^2$$

$$A_{\phi 22} = 380,133 \text{ mm}^2$$

$$\text{dipakai } 5\phi_{22} \text{ } A_{s_{ada}} = 1900,66 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} = 1774,952 \text{ mm}^2$$



Gambar 4.12 Penampang melintang balok anak

$$s = \frac{b - 2 \cdot P_b - 2 \cdot \phi \text{ sengkang} - n \cdot \phi \text{ tulangan}}{(n-1)}$$

$$= \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 5 \cdot 22}{(5-1)} = 35 \text{ mm}$$

Kontrol M_n :

$$a = \frac{A_{s_{ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1900,66 \cdot 400}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 350} = 113,58 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{ada}} \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) = 1900,66 \cdot 400 \cdot (589 - \frac{113,58}{2})$$

$$= 404,62 \text{ KNm} \geq \frac{M_u}{\phi} = 379,61 \text{ KNm} \dots \text{OK!}$$

2) Penulangan tumpuan untuk $M_{u1} = 101,23 \text{ KNm}$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{101,23}{0,8} = 126,5375 \text{ KNm}$$

Mx (KNm)	265.7201
My (KNm)	349.0082
t kolom (mm)	0.6
d (mm)	619.00
m (m)	1.4435
Bx	7
By	2.8
x (m)	1.219
y (m)	1.219
f'c (MPa)	22.5
qu max (KN/m2)	173.3035102
qu min (KN/m2)	79.21244388
qu1 (KN/m2)	124.7962051
qu2 (KN/m2)	127.719749
qu terjadi (KN/m2)	126.257977
Vu (KN)	802.2481102
Vu/φ (KN)	1337.080184
βc	1.0
bo (mm)	4876
Vc1 (KN)	85900.7302
Vc2 (KN)	57267.1534
Vc pakai(KN)	57267.1534
Kontrol	AMAN

Kuat tumpuan pondasi	
luas pondasi/A2 (m2)	19.6000
luas Kolom/A3 (m2)	0.3600
$(A2/A3)^{0,5}$	7.3786
jika lebih besar dari 2, dipakai nilai 2	
φPn (KN)	9639.0
Kuat tumpuan kolom	
φPn (KN)	4819.5
Kontrol φPn kolom <= φPN pondasi	
AMAN	
Tul Lentur sisi Panjang arah X	

qux (KN/m2)	173.3035
L (m)	7.00
h kolom (m)	0.60
l1 (m)	3.20
Mu1 (KNm)	887.3140
tebal pelat/h (mm)	700
Pb (mm)	70
d (mm)	619.00
f'c (MPa)	22.5
fy (MPa)	400
β1	0.85
m	20.9150
Rn (MPa)	2.3158
ρb	0.02438
ρmin	0.00350
ρmaks	0.01829
ρ	0.00619
1,33.ρ	0.00823
ρpakai	0.00613
As perlu (mm2)	3794.4700
dtul.pokok (mm)	22
A1d.pokok (mm2)	379.9400
jrj tul. pokok/s (mm)	100.1299
jrj tul. pakai/s (mm)	90
tul pokok pakai	P22 - 90
As aktual (mm2)	4221.5556
a (mm)	88.2940
Mn (kNm)	970.7096
Kontrol	AMAN
dtul.susut (mm)	12
A1d.susut (mm2)	113.0400
As susut (mm2)	1238.0000
jrj tul. susut/s (mm)	91.3086
jrj tul. pakai/s (mm)	90
tul pokok pakai	P12 - 90

$$Rn_{\text{baru}} = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{126,5375 \cdot 10^6}{350 \cdot 589^2} = 1,0421$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{Rn_{\text{baru}}}{Rn} \rho = \frac{1,0421}{3,322} \cdot 0,00915 = 0,00287 < \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$1,33 \rho_{\text{baru}} = 1,33 \cdot 0,00287 = 0,00382 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

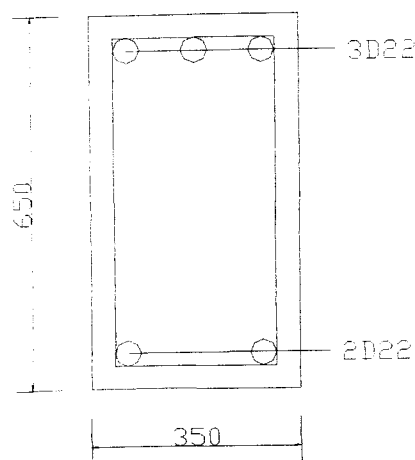
$$\text{sehingga } \rho_{\text{pakai}} = 1,33 \rho_{\text{baru}} = 0,00382$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,00382 \cdot 350 \cdot 589 = 787,493 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{min}}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 350 \cdot 589 = 721,525 \text{ mm}^2$$

$$A_{\phi 22} = 380,133 \text{ mm}^2$$

$$\text{dipakai } 3\phi 22 \quad A_{S_{\text{ada}}} = 1140,4 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} = 787,493 \text{ mm}^2$$



Gambar 4.13 Penampang melintang balok anak

$$s = \frac{b - 2 \cdot P_b - 2 \cdot \phi \text{ sengkang} - n \cdot \phi \text{ tulangan}}{(n-1)}$$

$$= \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 3 \cdot 22}{(3-1)} = 92 \text{ mm}$$

Kontrol Mn :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1140,4 \cdot 400}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 350} = 68,15$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 1140,4 \cdot 400 \left(589 - \frac{68,15}{2}\right) \\ &= 253,14 \text{ KNm} \geq \frac{M_u}{\phi} = 126,5375 \text{ KNm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

4.3.2 Perhitungan penulangan geser balok anak

a. Perhitungan tulangan geser balok B2'

$$\begin{aligned} \text{diketahui : } \quad q_u &= 46,865 \text{ KN/m} & b &= 300 \text{ mm} & f_y &= 240 \text{ Mpa} \\ L &= 7,2 \text{ m} & h &= 650 \text{ mm} & q_l &= 8,25 \text{ KN/m} \\ f_c &= 22,5 \text{ Mpa} & d &= 589 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya geser pada tumpuan :

$$V_{U_{\text{tumpuan}}} = \frac{1}{2} \cdot 1,15 \cdot q_u \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 1,15 \cdot 46,865 \cdot 7,2 = 194,02 \text{ KN}$$

$$\frac{V_{U_{\text{tumpuan}}}}{\phi} = \frac{194,02}{0,6} = 323,37 \text{ KN}$$

Gaya geser pada setengah bentang :

$$V_{U_{\text{tengah}}} = \frac{1}{8} \cdot q_l \cdot L = \frac{1}{8} \cdot (1,6 \cdot 8,25) \cdot 7,2 = 11,88 \text{ KN}$$

$$\frac{V_{U_{\text{tengah}}}}{\phi} = \frac{11,88}{0,6} = 19,8 \text{ KN}$$

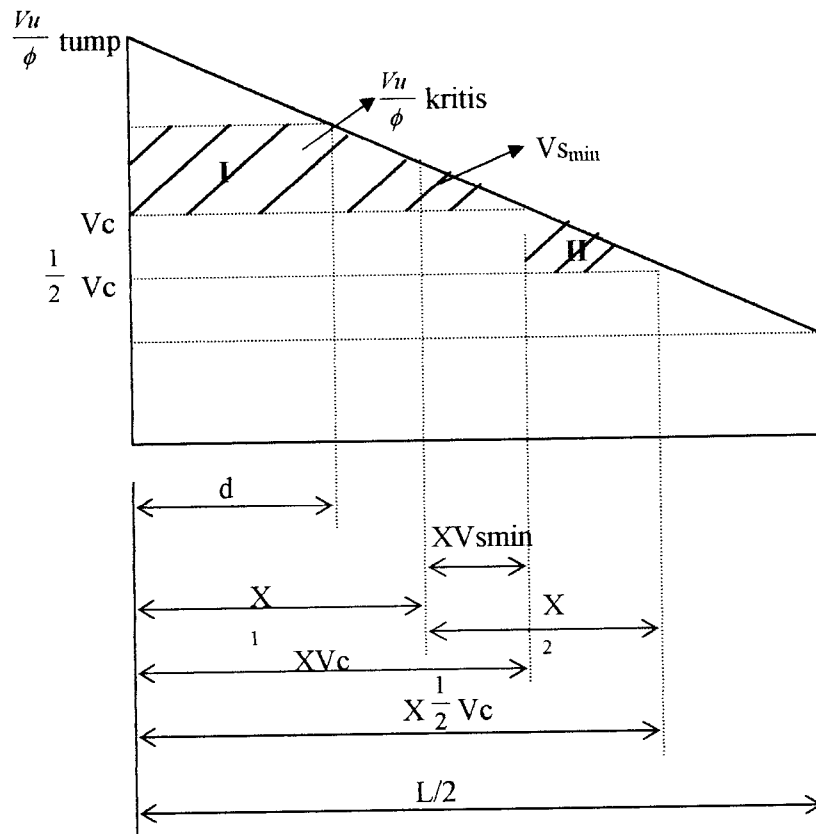
Gaya geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{22,5} \cdot 350 \cdot 589 = 162,976 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} V_c = 81,488 \text{ KN}$$

$$3V_c = 488,928 \text{ KN}$$

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \cdot 350 \cdot 589 = 68,717 \text{ KN}$$



Gambar 4.14 Gaya geser pada penampang kritis

$\frac{V_u}{\phi}$ kritis untuk perencanaan diambil sejauh d dari tumpuan

$$\frac{N}{(323,37 - 19,8)} = \frac{1/2L - d}{1/2L} \Rightarrow N = \frac{3,6 - 0,589}{3,6} \cdot 303,398 = 253,76$$

$$\frac{V_u}{\phi} \text{ kritis} = 253,76 + 19,8 = 273,56 \text{ KN}$$

$$\text{Jarak } V_{S_{\min}} (XV_{S_{\min}}) = \frac{68,717}{303,398} \times 3,6 = 0,82 \text{ m}$$

$$(V_c + V_{s_{\min}}) < \frac{V_u}{\phi} \text{ kritis} \leq 3V_c$$

$$231,693 \text{ KN} < 273,56 \text{ KN} \leq 488,928 \text{ KN}$$

Daerah I

digunakan sengkang $\varnothing 10 \text{ mm}$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \pi D^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \pi 10^2 \text{ mm}^2 = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$S_1 \leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,08 \cdot 240 \cdot 589}{(273,56 - 162,976) \cdot 10^3} = 200,8 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

$$S_2 \leq \frac{d}{2} = \frac{589}{2} = 294,5 \text{ mm}$$

$$S_3 \leq 600 \text{ mm}$$

Dipakai P10-200

Daerah II

digunakan sengkang $\varnothing 8 \text{ mm}$, dengan $A_v = 100,53 \text{ mm}^2$

$$S_1 \leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_{s \text{ min}}} = \frac{100,53 \cdot 240 \cdot 589}{68,717 \cdot 10^3} = 206,8 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

$$S_2 \leq \frac{d}{2} = \frac{589}{2} = 294,5 \text{ mm}$$

$$S_3 \leq 600 \text{ mm}$$

Dipakai P8-200

Tabel 4.9 Perencanaan lentur balok anak tipe –B1’

	Tumpuan	Lapangan
asumsi balok (m)	0.3 x 0.6	0.3 x 0.6
L (m)	7.2	7.2
qu (kN/m')	15.477	15.477
Mu (kNm)	33.430	100.291
f _c (Mpa)	22.5	22.5
f _y (Mpa)	400	400
β ₁	0.85	0.85
ρ _b	0.0244	0.0244
ρ _{maks}	0.0183	0.0183
ρ _{min}	0.0035	0.0035
ρ _{pakai}	0.0091	0.0091
m	20.915	20.915
R _n (Mpa)	3.308	3.308
Mu/∅ (kNm)	-	125.364
b.d ² (mm ³)	-	37898355.5
d _{perlu} (mm)	-	398.251
b (mm)	-	238.950
b _{pakai} (mm)	350	350
h (mm)	650	650
d _{pakai} (mm)	589	589
pakai	tul.sebelah	tul.sebelah
pakai balok (m)	0.35 x 0.65	0.35 x 0.65
qu (kN/m')	46.7148	46.7148
Mu (kNm)	100.904	302.712
Mu/∅ (kNm)	126.130	378.390
R _n baru (Mpa)	1.039	3.116
ρ _{baru}	0.00287	0.00861
1.33ρ	0.00382	0.01146
ρ _{pakai}	0.00382	0.00861
As perlu (mm ²)	787.311	1775.888
As min (mm ²)	721.525	721.525
∅tul.pokok (mm)	22	22
A1∅ (mm ²)	380.286	380.286
tul.terpakai (n buah)	3	5
As ada	1140.857	1901.429
jarak (mm)	92	35
a (mm)	68.174	113.624
M _n (kNm)	253.230	404.767
kontrol	Aman	Aman

Tabel 4.10 Perencanaan geser balok anak tipe –B1’

Vu tump (kN)	193.399
Vu tump/Ø (kN)	322.332
Vu teng (kN)	11.88
Vu teng/Ø (kN)	19.8
Vc (kN)	162.976
3Vc (kN)	488.928
Vsmin (kN)	68.717
Vu/Økritis (kN)	272.835
Daerah I	
Vs (kN)	109.859
s (mm)	202.122
s (mm)	294.500
s (mm)	600.000
spakai (mm)	200
Perencanaan	P10-200
Daerah II	
s (mm)	206.805
s (mm)	294.500
s (mm)	600.000
spakai (mm)	200
Perencanaan	P8-200

4.4 ANALISIS STRUKTUR PORTAL

1. Beban mati yang digunakan

Beban mati seperti yang tercantum pada tabel berikut :

No	Jenis Material	Beban
1	Beton bertulang	24 kN/m ³
2	Tegel per	24 kN/m ³
3	Spesi	21 kN/m ³
4	Plafond	0,18 kN/m ²
5	Tembok	2,5 kN/m ²

Perhitungan pembebanan pelat lantai untuk beban mati per m²

- Pelat beton = $0,12 \cdot 24 = 2,88 \text{ kN/m}^2$
 - Keramik = $0,02 \cdot 24 = 0,48 \text{ kN/m}^2$
 - Spesi = $0,04 \cdot 21 = 0,84 \text{ kN/m}^2$
 - Plafond = $0,18 \text{ kN/m}^2$
- 4,40 kN/m²

Perhitungan pembebanan pelat atap untuk beban mati per m²

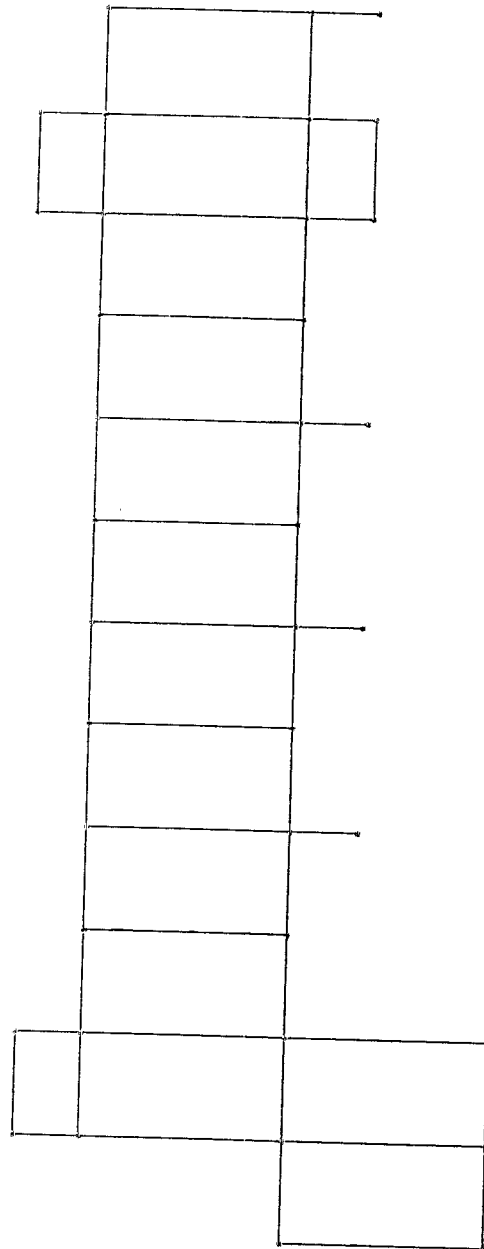
- Pelat beton = $0,12 \cdot 24 = 2,88 \text{ kN/m}^2$
 - Spesi = $0,04 \cdot 21 = 0,84 \text{ kN/m}^2$
 - Plafond = $0,18 \text{ kN/m}^2$
- 3,90 kN/m²

2. Beban hidup yang digunakan

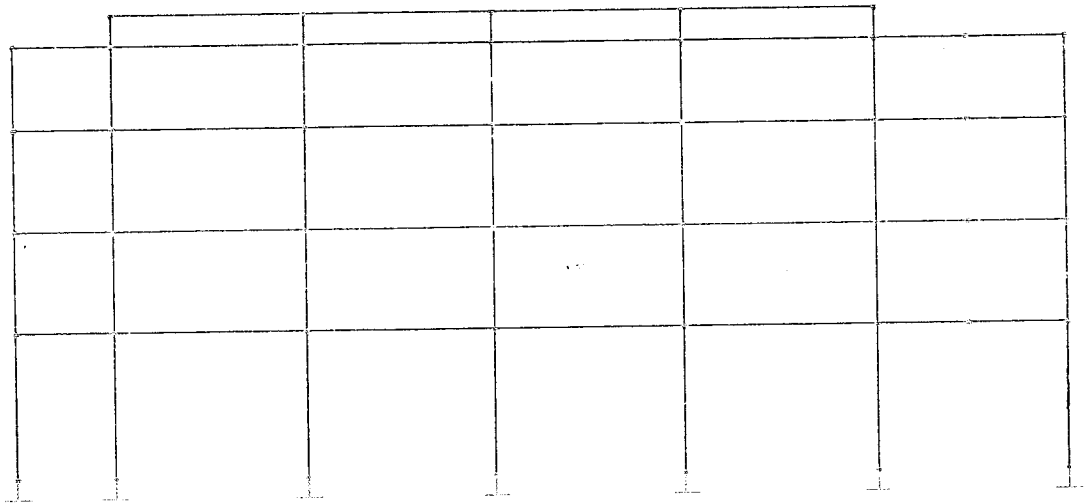
Beban hidup pelat lantai = $2,5 \text{ KN/m}^2$

Beban hidup pelat selasar = $3,0 \text{ KN/m}^2$

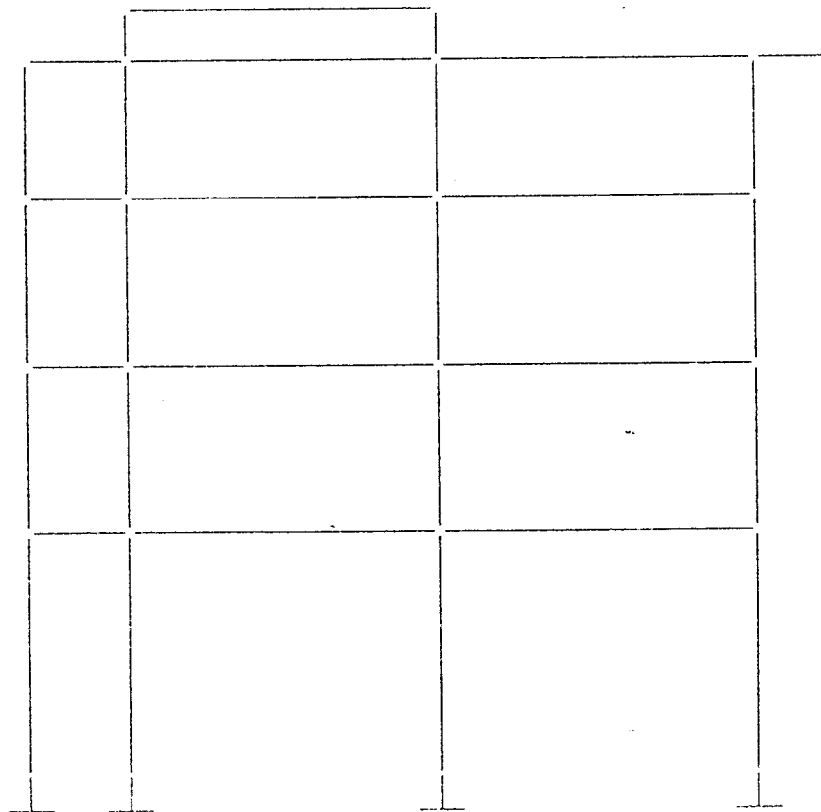
Beban hidup pekerja atap = $1,0 \text{ KN/m}^2$



GAMBAR DENAH STRUKTUR LANTAI 1, 2, DAN 3
TAMPAK ATAS



Gambar denah struktur tampak samping



Gambar denah struktur tampak depan

4.4.1 Perhitungan Beban Akibat Gravitasi

4.4.1.1 Portal as A°

A. Beban Mati

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,14^2/3,6^2)) = 0,866$$

$$\text{- Pelat lantai} = 0,866 \cdot 1,14 \cdot 4,4 = 8,69 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Dinding} = (3,85 - 0,7) \cdot 2,5 = \underline{7,87 \text{ kN/m}^2} +$$

$$qd_1 = 16,56 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban merata atap pelat

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,14^2/6^2)) = 0,967$$

$$\text{- Pelat atap} = 0,866 \cdot 1,14 \cdot 3,9 = 3,85 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Mangkohan} = 1 \cdot 3,9 = \underline{3,9 \text{ kN/m}^2} +$$

$$qd_2 = 7,75 \text{ kN/m}^2$$

B. Beban Hidup

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

$$\text{- Ruang laboratorium} = 0,866 \cdot 1,14 \cdot 2,5 = ql_1 = 2,47 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban merata atap pelat

$$\text{- Pekerja} = 0,866 \cdot 1,14 \cdot 1 = 0,99 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Pekerja} = 1 \cdot 1 = \underline{1 \text{ kN/m}^2} +$$

$$ql_2 = 1,99 \text{ kN/m}^2$$

4.4.1.2 Portal as A

A. Beban Mati

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

- Bentang 1'-2

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,14^2/3,6^2)) = 0,866$$

$$\text{- Pelat lantai} = 0,866 \cdot 1,14 \cdot 4,4 \cdot 2 = 8,68 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Dinding} = 3,15 \cdot 2,5 = 7,87 \text{ kN/m}^2 +$$

$$qd_1 = 16,55 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang 2-3 = Bentang 3-4 = Bentang 4-5 = Bentang 5-6 = Bentang 6-7

$$\text{- Pelat tritisan} = 1 \cdot 3,9 = 3,9 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 2/3 \cdot 1,8 \cdot 4,4 = 10,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Dinding} = 3,15 \cdot 2,5 = 7,87 \text{ kN/m}^2 +$$

$$qd_2 = 22,33 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban merata atap pelat

- Bentang 1'-2

$$\text{- Pelat atap} = 0,866 \cdot 1,14 \cdot 3,9 = 3,85 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Pelat atap} = 2/3 \cdot 1,8 \cdot 3,9 = 4,68 \text{ kN/m}^2 +$$

$$qd_3 = 8,53 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang 2-3 = Bentang 3-4 = Bentang 4-5 = Bentang 5-6

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,14^2/7,2^2)) = 0,967$$

$$\text{- Pelat atap} = 0,967 \cdot 1,14 \cdot 3,9 = 4,3 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang 6-7

$$\text{- Pelat atap} = 2 \cdot 2/3 \cdot 1,8 \cdot 3,9 = 9,36 \text{ kN/m}^2$$

$$= 0,967 \cdot 1,14 \cdot 3,9 = \underline{4,3 \text{ kN/m}^2} +$$

$$q_{d4} = 13,66 \text{ kN/m}^2$$

d. Beban terpusat lantai 1, 2, dan 3

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,8^2/7,2^2)) = 0,917$$

$$\text{- Pelat lantai} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 7,2 \cdot 4,4 = 52,29 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 3,6 \cdot 24 = 18,14 \text{ kN}$$

$$\text{- Dinding} = 3,15 \cdot 3,6 \cdot 2,5 = \underline{28,35 \text{ kN}} +$$

$$P_1 = 98,78 \text{ kN}$$

e. Beban terpusat atap pelat

$$\text{- Pelat atap} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 7,2 \cdot 3,9 = 46,35 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 3,6 \cdot 24 = \underline{18,14 \text{ kN}} +$$

$$P_2 = 64,49 \text{ kN}$$

e. Beban terpusat atap genteng

$$\text{- kuda-kuda 1} \quad P_3 = 17,85 \text{ kN}$$

$$\text{- kuda-kuda 2} \quad P_4 = 1,10 \text{ kN}$$

B. Beban Hidup

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

- Bentang 1'-2

$$\text{-Ruang laboratorium} = 0,866 \cdot 1,14 \cdot 2,5 \cdot 2 = 5,94 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang 2-3 = Bentang 3-4 = Bentang 4-5 = Bentang 5-6 = Bentang 6-7

$$\text{-Ruang laboratorium} = 2 \cdot 2/3 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 6,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Pekerja} = 1 \cdot 1 = \underline{1,00 \text{ kN/m}^2} +$$

$$q_{l2} = 7,00 \text{ kN/m}$$

b. Beban merata atap pelat

- Bentang 1'-2

$$\text{-Pekerja} = 0,866 \cdot 1,14 \cdot 1 = 0,99 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{-Pekerja} = 2/3 \cdot 1,8 \cdot 1 = \underline{1,2 \text{ kN/m}^2} +$$

$$q_{l4} = 2,19 \text{ kN/m}$$

- Bentang 2-3 = Bentang 3-4 = Bentang 4-5 = Bentang 5-6

$$\text{- Pekerja} = 0,967 \cdot 1,14 \cdot 1 = 1,10 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang 6-7

$$\text{- Pekerja} = 0,967 \cdot 1,14 \cdot 1 = 1,10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{-Pekerja} = 2/3 \cdot 3,6 \cdot 1 \cdot 2 = \underline{4,8 \text{ kN/m}^2} +$$

$$q_{l5} = 5,9 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban titik lantai 1, 2, dan 3

$$\text{- Pelat lantai} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 7,2 \cdot 2,5 = 29,71 \text{ kN}$$

d. Beban titik atap pelat

$$\text{- Pelat atap} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 7,2 \cdot 1 = 11,88 \text{ kN}$$

4.4.1.3 Portal as B

A. Beban Mati

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

- Bentang 1-1' = Bentang 1'-2

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,14^2/3,6^2)) = 0,866$$

$$\text{- Pelat lantai} = 0,866 \cdot 1,14 \cdot 4,4 = 4,34 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Pelat lantai} &= 2/3 \cdot 1,8 \cdot 4,4 && = 5,28 \text{ kN/m}^2 \\
 - \text{Dinding} &= 3,15 \cdot 2,5 && = \underline{7,87 \text{ kN/m}^2} + \\
 &&& \text{qd}_1 = 17,49 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Bentang 2-3 = Bentang 3-4 = Bentang 4-5 = Bentang 5-6 = Bentang 6-7

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,2^2/7,2^2)) = 0,963$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Pelat selasar} &= 0,963 \cdot 1,2 \cdot 4,4 && = 5,08 \text{ kN/m}^2 \\
 - \text{Pelat lantai} &= 2 \cdot 2/3 \cdot 1,8 \cdot 4,4 && = 10,56 \text{ kN/m}^2 \\
 - \text{Dinding} &= 3,15 \cdot 2,5 && = \underline{7,87 \text{ kN/m}^2} + \\
 &&& \text{qd}_2 = 23,51 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Beban merata atap

- Bentang 1'-2

$$\begin{aligned}
 - \text{Pelat atap} &= 0,866 \cdot 1,14 \cdot 3,9 && = 3,85 \text{ kN/m}^2 \\
 - \text{Pelat atap} &= 2/3 \cdot 1,8 \cdot 3,9 && = \underline{4,68 \text{ kN/m}^2} + \\
 &&& \text{qd}_4 = 8,53 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Bentang 2-3 = Bentang 3-4 = Bentang 4-5 = Bentang 5-6

$$- \text{Pelat atap} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 3,9 \quad \text{qd}_5 = 6,44 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang 6-7

$$\begin{aligned}
 - \text{Pelat atap} &= 2 \cdot 2/3 \cdot 1,8 \cdot 3,9 && = 9,36 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,917 \cdot 1,8 \cdot 3,9 && = \underline{6,44 \text{ kN/m}^2} + \\
 &&& \text{qd}_6 = 15,80 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

d. Beban terpusat lantai 1, 2, dan 3

- Bentang 1'-2

$$\begin{aligned}
 - \text{Pelat atap} &= 2 \cdot 2/3 \cdot 1,8 \cdot 1,8 \cdot 4,4 && = 19,01 \text{ kN} \\
 - \text{Balok anak} &= 0,35 \cdot 0,6 \cdot 1,05 \cdot 24 && = 5,29 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$P_1 = 32,57 \text{ kN}$$

- Bentang 2-3 = Bentang 3-4 = Bentang 4-5 = Bentang 5-6 = Bentang 6-7

$$\text{- Pelat atap} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 7,2 \cdot 4,4 = 52,29 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 3,6 \cdot 24 = 18,14 \text{ kN}$$

$$\text{- Dinding} = 3,15 \cdot 3,6 \cdot 2,5 = \underline{28,35 \text{ kN}} +$$

$$P_2 = 98,78 \text{ kN}$$

- Bentang 4-5

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 2,4 \cdot 24 = 12,10 \text{ kN}$$

e. Beban terpusat atap pelat

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 5,4 \cdot 24 = P_4 = 27,22 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 2,4 \cdot 24 = P_5 = 12,10 \text{ kN}$$

$$\text{- Pelat} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 7,2 \cdot 3,9 = 46,35 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 3,6 \cdot 24 = \underline{18,14 \text{ kN}} +$$

$$P_6 = 64,49 \text{ kN}$$

e. Beban terpusat atap genteng

$$\text{- kuda-kuda 1} \quad P_5 = P_6 = 17,85 \text{ kN}$$

$$\text{- kuda-kuda 2} \quad P_7 = 1,10 \text{ kN}$$

B. Beban Hidup

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

- Bentang 1'-2

$$\text{-Ruang laboratorium} = 0,866 \cdot 1,14 \cdot 2,5 = 2,56 \text{ kN/m'}$$

$$\text{-Ruang laboratorium} = 2/3 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = \underline{3 \text{ kN/m'}} +$$

$$q_{l1} = 5,56 \text{ kN/m}$$

- Bentang 2-3 = Bentang 3-4 = Bentang 4-5 = Bentang 5-6 = Bentang 6-7

$$\begin{aligned}
 \text{-Ruang laboratorium} &= 2 \cdot 2/3 \cdot 1,8 \cdot 2,5 &= 6,00 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{- Selasar} &= 0,963 \cdot 1,2 \cdot 3 &= \underline{3,47 \text{ kN/m}^2} + \\
 &&q_{l_2} = 9,47 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban merata atap pelat

- Bentang 1'-2

$$\begin{aligned}
 \text{-Pekerja} &= 0,866 \cdot 1,14 \cdot 1 &= 0,99 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{-Pekerja} &= 2/3 \cdot 1,8 \cdot 1 &= \underline{1,20 \text{ kN/m}^2} + \\
 &&q_{l_3} = 2,19 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Bentang 2-3 = Bentang 3-4 = Bentang 4-5 = Bentang 5-6

$$\text{- Pekerja} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 1 = 1,65 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang 2-3 = Bentang 3-4 = Bentang 4-5 = Bentang 5-6 = Bentang 6-7

$$\begin{aligned}
 \text{- Pekerja} &= 0,917 \cdot 1,8 \cdot 1 &= 1,65 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{-Pekerja} &= 2/3 \cdot 3,6 \cdot 1 \cdot 2 &= \underline{4,80 \text{ kN/m}^2} + \\
 &&q_{l_4} = 6,45 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

d. Beban terpusat lantai 1, 2, dan 3

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat atap} &= 2 \cdot 2/3 \cdot 1,8 \cdot 1,8 \cdot 2,5 &= 10,80 \text{ kN} \\
 \text{- Pelat atap} &= 0,917 \cdot 1,8 \cdot 7,2 \cdot 2,5 &= 29,71 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

e. Beban terpusat atap pelat

$$\text{- Pelat} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 7,2 \cdot 1 = 11,88 \text{ kN}$$

4.4.1.4 Portal as C

A. Beban Mati

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

- Bentang 1-1' = Bentang 1'-2

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,14^2/3,6^2)) = 0,866$$

$$\begin{aligned} \text{- Pelat lantai} &= 0,866 \cdot 1,14 \cdot 4,4 &&= 4,34 \text{ kN/m}^2 \\ \text{- Pelat lantai} &= 2/3 \cdot 1,8 \cdot 4,4 &&= 5,28 \text{ kN/m}^2 \\ \text{- Dinding} &= 3,1 \cdot 2,5 &&= \underline{7,87 \text{ kN/m}^2} + \\ &&&q_{d1} = 17,49 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. Beban merata atap

$$\begin{aligned} \text{- Pelat atap} &= 0,866 \cdot 1,14 \cdot 3,9 &&= 3,85 \text{ kN/m}^2 \\ \text{- Pelat atap} &= 2/3 \cdot 1,8 \cdot 3,9 &&= \underline{4,68 \text{ kN/m}^2} + \\ &&&q_{d4} = 8,53 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

c. Beban terpusat atap

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 5,4 \cdot 24 = P_4 = 27,22 \text{ kN}$$

B. Beban Hidup

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

$$\begin{aligned} \text{-Ruang laboratorium} &= 0,866 \cdot 1,14 \cdot 2,5 &&= 2,56 \text{ kN/m}^2 \\ \text{-Ruang laboratorium} &= 2/3 \cdot 1,8 \cdot 2,5 &&= \underline{3 \text{ kN/m}^2} + \\ &&&q_{l1} = 5,56 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

b. Beban merata atap

$$\begin{aligned} \text{-Pekerja} &= 0,866 \cdot 1,14 \cdot 1 &&= 0,99 \text{ kN/m}^2 \\ \text{-Pekerja} &= 2/3 \cdot 1,8 \cdot 1 &&= \underline{1,20 \text{ kN/m}^2} + \\ &&&q_{l3} = 2,19 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

4.4.1.5 Portal as 1 (Bentang B-C)

A. Beban Mati

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,8^2/7,2^2)) = 0,917$$

$$\begin{aligned} \text{- Pelat lantai} &= 0,917 \cdot 1,8 \cdot 4,4 &&= 7,26 \text{ kN/m}^2 \\ \text{- Pelat tritisan} &= 1,2 \cdot 4,4 &&= 5,28 \text{ kN/m}^2 \\ \text{- Dinding} &= 3,1 \cdot 2,5 &&= \underline{7,87 \text{ kN/m}^2} + \\ &&&q_{d1} = 20,41 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. Beban merata atap

$$\begin{aligned} \text{- Pelat atap} &= 0,917 \cdot 1,8 \cdot 3,9 &&= 6,44 \text{ kN/m}^2 \\ \text{- Pelat atap} &= 1,8 \cdot 3,9 &&= \underline{7,02 \text{ kN/m}^2} + \\ &&&q_{d1} = 13,46 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

c. Beban terpusat atap

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 1,8 \cdot 24 = P_1 = 9,07 \text{ kN}$$

B. Beban Hidup

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

$$\begin{aligned} \text{-Ruang laboratorium} &= 0,917 \cdot 1,8 \cdot 2,5 &&= 4,13 \text{ kN/m}^2 \\ \text{- Pekerja} &= 1,2 \cdot 1 &&= \underline{1,2 \text{ kN/m}^2} + \\ &&&q_{l1} = 5,33 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

b. Beban merata atap

$$\begin{aligned} \text{-Pekerja} &= 0,917 \cdot 1,8 \cdot 1 &&= 1,65 \text{ kN/m}^2 \\ \text{-Pekerja} &= 1,8 \cdot 1 &&= \underline{1,80 \text{ kN/m}^2} + \\ &&&q_{l2} = 3,45 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

4.4.1.6 Portal as 1'

A. Beban Mati

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

- Bentang A⁰-A

$$\text{- Pelat lantai} = 2/3 \cdot 1,14 \cdot 4,4 = 3,34 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Dinding} = 3,15 \cdot 2,5 = \underline{7,87 \text{ kN/m}^2} +$$

$$qd_1 = 11,21 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang A-B

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,8^2/7,2^2)) = 0,917$$

$$\text{- Pelat lantai} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 4,4 = 7,26 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Dinding} = 3,1 \cdot 2,5 = \underline{7,87 \text{ kN/m}^2} +$$

$$qd_2 = 15,13 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang B-C

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,8^2/7,2^2)) = 0,917$$

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 0,917 \cdot 1,8 \cdot 4,4 = 14,52 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Dinding} = 3,1 \cdot 2,5 = \underline{7,87 \text{ kN/m}^2} +$$

$$qd_3 = 22,39 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban merata atap

- Bentang A⁰-A

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,14^2/2,3^2)) = 0,672$$

$$\text{- Pelat atap} = 0,672 \cdot 1,14 \cdot 3,9 = 2,99 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Pelat atap} = 2/3 \cdot 1,14 \cdot 3,9 = \underline{2,96 \text{ kN/m}^2} +$$

$$qd_4 = 5,95 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang A-B

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,8^2/7,2^2)) = 0,917$$

$$\text{- Pelat lantai} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 3,9 = qd_5 = 6,44 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 0,917 \cdot 1,8 \cdot 3,9 = qd_6 = 14,52 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban terpusat lantai 1, 2, dan 3

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,8^2/3,6^2)) = 0,667$$

$$\text{- Pelat lantai} = 0,667 \cdot 1,8 \cdot 3,6 \cdot 4,4 = 18,02 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 1,8 \cdot 24 = 9,07 \text{ kN}$$

$$\text{- Dinding} = 3,1 \cdot 2,5 \cdot \underline{13,95 \text{ kN/m}^2} +$$

$$P1 = 41,04 \text{ kN}$$

c. Beban terpusat atap

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 0,667 \cdot 1,8 \cdot 3,6 \cdot 3,9 = 33,71 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 1,8 \cdot 24 = \underline{9,07 \text{ kN}} +$$

$$P2 = 42,78 \text{ kN}$$

B. Beban Hidup

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

- Bentang A⁰-A

$$\text{- R. laboratorium} = 2/3 \cdot 1,14 \cdot 2,5 \quad qd_1 = 1,90 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang A-B

$$\text{- R. laboratorium} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \quad qd_2 = 4,13 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang B-C

$$\text{- R. laboratorium} = 2 \cdot 0,917 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \quad qd_3 = 8,26 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban merata atap

- Bentang A⁰-A

$$\text{- Pelat atap} = 2/3 \cdot 1,14 \cdot 1 = 0,76 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Pelat atap} = 0,672 \cdot 1,14 \cdot 1 = \underline{0,77 \text{ kN/m}^2} +$$

$$qd_4 = 1,53 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang A-B

$$\text{- Pelat lantai} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 1 = qd_5 = 1,65 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang B-C

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 0,917 \cdot 1,8 \cdot 1 = qd_6 = 3,30 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban terpusat lantai 1, 2, dan 3

$$\text{- Pelat lantai} = 0,667 \cdot 1,8 \cdot 3,6 \cdot 2,5 = 10,81 \text{ kN}$$

c. Beban terpusat atap

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 0,667 \cdot 1,8 \cdot 3,6 \cdot 1 = 8,64 \text{ kN}$$

4.4.1.7 Portal as 2

A. Beban Mati

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

- Bentang A⁰-A

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 2/3 \cdot 1,14 \cdot 4,4 = 3,34 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Dinding} = 3,15 \cdot 2,5 = 7,87 \text{ kN/m}^2 +$$

$$qd_1 = 14,55 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang A-B = Bentang A-B

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,8^2/7,2^2)) = 0,917$$

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 0,917 \cdot 1,8 \cdot 4,4 = 14,52 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Dinding} = 3,1 \cdot 2,5 = 7,87 \text{ kN/m}^2 +$$

$$qd_3 = 22,39 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban merata atap pelat

- Bentang A⁰-A

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,14^2/2,3^2)) = 0,672$$

$$\text{- Pelat atap} = 0,672 \cdot 1,14 \cdot 3,9 = 2,99 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Pelat atap} = 2/3 \cdot 1,14 \cdot 3,9 = \underline{2,96 \text{ kN/m}^2} +$$

$$qd_4 = 5,95 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang A-B

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,8^2/7,2^2)) = 0,917$$

$$\text{- Pelat lantai} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 3,9 = qd_5 = 22,76 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang B-C

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,8^2/7,2^2)) = 0,917$$

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 0,917 \cdot 1,8 \cdot 3,9 = qd_5 = 45,52 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban terpusat lantai 1, 2, dan 3

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,2^2/7,2^2)) = 0,963$$

$$\text{- Pelat lantai} = 0,5 \cdot 0,963 \cdot 1,2 \cdot 7,2 \cdot 4,4 = 18,30 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 3,6 \cdot 24 = 18,14 \text{ kN}$$

$$\text{- Dinding} = 3,1 \cdot 2,5 \cdot 3,6 = \underline{28,33 \text{ kN/m}^2} +$$

$$P1 = 64,77 \text{ kN}$$

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,8^2/3,6^2)) = 0,667$$

$$\text{- Pelat lantai} = 0,667 \cdot 1,8 \cdot 3,6 \cdot 4,4 = 18,02 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 1,8 \cdot 24 = 9,07 \text{ kN}$$

$$\text{- Dinding} = 3,1 \cdot 2,5 \cdot = \underline{13,95 \text{ kN/m}^2} +$$

$$P2 = 41,04 \text{ kN}$$

c. Beban terpusat atap pelat

$$\text{- Pelat atap} = 0,5 \cdot 0,963 \cdot 1,2 \cdot 7,2 \cdot 4,4 = 18,30 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Balok anak} &= 0,35 \cdot 0,6 \cdot 3,6 \cdot 24 && = \underline{18,14 \text{ kN}} + \\
 & && P1 = 36,44 \text{ kN} \\
 \text{- Pelat atap} &= 0,5 \cdot 2/3 \cdot 3,6 \cdot 7,2 \cdot 3,9 && = 33,70 \text{ kN} \\
 \text{- Balok anak} &= 0,35 \cdot 0,6 \cdot 3,6 \cdot 24 && = \underline{18,14 \text{ kN}} + \\
 & && P3 = 51,84 \text{ kN} \\
 \text{- Pelat lantai} &= 2 \cdot 0,667 \cdot 1,8 \cdot 3,6 \cdot 3,9 && = 33,71 \text{ kN} \\
 \text{- Balok anak} &= 0,35 \cdot 0,6 \cdot 1,8 \cdot 24 && = \underline{9,07 \text{ kN}} + \\
 & && P4 = 42,78 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

d. Beban terpusat atap pelat

$$\text{- kuda-kuda 3} = 13,84 \text{ kN}$$

B. Beban Hidup

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

- Bentang A⁰-A

$$\text{-R. laboratorium} = 2 \cdot 2/3 \cdot 1,14 \cdot 2,5 = 3,8 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang A-B = Bentang B-C

$$\text{- R. laboratorium} = 2 \cdot 0,917 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 8,26 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban merata atap pelat

- Bentang A⁰-A

$$\text{- Pelat atap} = 2/3 \cdot 1,14 \cdot 1 = 0,76 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Pelat atap} = 0,672 \cdot 1,14 \cdot 1 = \underline{0,77 \text{ kN/m}^2} +$$

$$qd_4 = 1,53 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang A-B

$$\text{- Pelat lantai} = 0,917 \cdot 1,8 \cdot 1 = qd_5 = 1,65 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang B-C

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 0,917 \cdot 1,8 \cdot 1 = qd_5 = 3,30 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban terpusat lantai 1, 2, dan 3

$$\text{-selasar} = 0,5 \cdot 0,963 \cdot 1,2 \cdot 7,2 \cdot 3 = 12,48 \text{ kN}$$

$$\text{- Pelat lantai} = 0,667 \cdot 1,8 \cdot 3,6 \cdot 2,5 = 10,81 \text{ kN}$$

d. Beban terpusat atap pelat

$$\text{- Pelat atap} = 0,5 \cdot 0,963 \cdot 1,2 \cdot 7,2 \cdot 1 = 4,16 \text{ kN}$$

$$\text{- Pelat atap} = 0,5 \cdot 2/3 \cdot 3,6 \cdot 7,2 \cdot 1 = 8,64 \text{ kN}$$

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 0,667 \cdot 1,8 \cdot 3,6 \cdot 1 = 8,64 \text{ kN}$$

4.4.1.8 Portal as 3

A. Beban Mati

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

- Bentang A-B

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,8^2/7,2^2)) = 0,917$$

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 0,917 \cdot 1,8 \cdot 4,4 = 14,52 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{- Dinding} &= 3,1 \cdot 2,5 &&= 7,87 \text{ kN/m}^2 + \\ &&&qd_3 = 22,39 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Bentang B-B'

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 2/3 \cdot 1,2 \cdot 4,4 = 7,04 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban merata atap pelat

- Bentang A-B

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,8^2/7,2^2)) = 0,917$$

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 0,917 \cdot 1,8 \cdot 3,9 = qd_5 = 45,52 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang A⁰-A

$$\text{- Pelat atap} = 2 \cdot 2/3 \cdot 1,3 \cdot 3,9 = 6,76 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang B-B''

$$\text{- Pelat atap} = 2 \cdot 2/3 \cdot 1,8 \cdot 3,9 = 9,36 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban terpusat lantai 1, 2, dan 3

$$\gamma = (1 - (4/3 \cdot C^2/L^2)) = (1 - (4/3 \cdot 1,2^2/7,2^2)) = 0,963$$

$$\text{- Pelat lantai} = 0,963 \cdot 1,2 \cdot 7,2 \cdot 4,4 = 32,60 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 7,2 \cdot 24 = 32,28 \text{ kN}$$

$$\text{- Dinding} = 3,1 \cdot 2,5 \cdot 7,2 = \underline{52,66 \text{ kN/m}^2} +$$

$$P1 = 129,54 \text{ kN}$$

c. Beban terpusat atap

$$\text{- Pelat atap} = 0,963 \cdot 1,2 \cdot 7,2 \cdot 4,4 = 32,6 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 7,2 \cdot 24 = \underline{32,28 \text{ kN}} +$$

$$P1 = 72,88 \text{ kN}$$

$$\text{- Pelat lantai} = 2/3 \cdot 3,6 \cdot 7,2 \cdot 3,9 = 67,40 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,6 \cdot 7,2 \cdot 24 = \underline{32,28 \text{ kN}} +$$

$$P3 = 103,68 \text{ kN}$$

B. Beban Hidup

a. Beban merata lantai 1, 2, dan 3

- Bentang A-B

$$\text{- R. laboratorium} = 2 \cdot 0,917 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 8,26 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang B-B''

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,2 \cdot 3 = 4,8 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban merata atap pelat

- Bentang A-B

$$\text{- Pelat lantai} = 2 \cdot 0,917 \cdot 1,8 \cdot 1 = qd_5 = 3,30 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang A⁰-A

$$\text{- Pelat atap} = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,3 \cdot 1 = 1,73 \text{ kN/m}^2$$

- Bentang B-B''

$$\text{- Pelat atap} = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,8 \cdot 1 = 2,40 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban terpusat lantai 1, 2, dan 3

$$\text{- Selasar} = 0,963 \cdot 1,2 \cdot 7,2 \cdot 3 = 24,96 \text{ kN}$$

c. Beban terpusat atap pelat

$$\text{- Pelat atap} = 0,963 \cdot 1,2 \cdot 7,2 \cdot 1 = 8,32 \text{ kN}$$

$$\text{- Pelat atap} = \frac{2}{3} \cdot 3,6 \cdot 7,2 \cdot 1 = 17,28 \text{ kN}$$

4.4.2 Perhitungan Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat

Gempa.

A. Lantai 1, 2, dan 3

a. Beban mati

$$\text{- Pelat} = 7,2 \cdot 39,6 \cdot 4,4 = 1254,53 \text{ kN}$$

$$\text{- Pelat} = 2,4 \cdot 36 \cdot 4,4 = 380,16 \text{ kN}$$

$$\text{- Pelat} = 2,275 \cdot 3,6 \cdot 4,4 = 36,04 \text{ kN}$$

$$\text{- Pelat} = 7,2 \cdot 7,2 \cdot 4,4 = 228,10 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok} = 0,35 \cdot 0,70 \cdot 177,48 \cdot 24 = 1043,58 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok anak} = 0,35 \cdot 0,60 \cdot 36 \cdot 24 = 181,44 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- kolom} &= 0,7 \cdot 0,7 \cdot 3,85 \cdot 24 \cdot 24 &= 1086,62 \text{ kN} \\
 \text{- Dinding} &= 3,1 \cdot 213,48 \cdot 2,5 &= \underline{1654,47 \text{ kN}} + \\
 \text{Wd} &= 5864,94 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b Beban hidup

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat} &= 7,2 \cdot 39,6 \cdot 2,5 &= 712,8 \text{ kN} \\
 \text{- Pelat} &= 2,4 \cdot 36 \cdot 3 &= 87,12 \text{ kN} \\
 \text{- Pelat} &= 2,275 \cdot 3,6 \cdot 1 &= 8,19 \text{ kN} \\
 \text{- Pelat} &= 7,2 \cdot 7,2 \cdot 2,5 &= \underline{129,60 \text{ kN}} + \\
 & &= 937,71 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{Wt_1 = 5864,94 + 937,71 = 6802,65 \text{ kN}}$$

B. Atap Pelat

a. Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat} &= 3,6 \cdot 3,6 \cdot 3,9 \cdot 5 &= 252,72 \text{ kN} \\
 \text{- Pelat} &= 2,4 \cdot 3,6 \cdot 3,9 \cdot 3 &= 101,09 \text{ kN} \\
 \text{- Pelat} &= 3,6 \cdot 7,2 \cdot 3,9 \cdot 5 &= 505,44 \text{ kN} \\
 \text{- Pelat} &= 2,4 \cdot 3,6 \cdot 3,9 \cdot 9 &= 303,26 \text{ kN} \\
 \text{- Balok ring} &= 0,35 \cdot 0,60 \cdot 140,8 \cdot 24 &= \underline{709,63 \text{ kN}} + \\
 & &= 1872,14
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat} &= 3,6 \cdot 3,6 \cdot 1 \cdot 5 &= 64,80 \text{ kN} \\
 \text{- Pelat} &= 2,4 \cdot 3,6 \cdot 1 \cdot 3 &= 25,92 \text{ kN} \\
 \text{- Pelat} &= 3,6 \cdot 7,2 \cdot 1 \cdot 5 &= 129,60 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat} &= 2,4 \cdot 3,6 \cdot 1 \cdot 9 &= \underline{77,76 \text{ kN}} &+ \\
 & &= 298,08 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$W_{t1} = 1872,14 + 298,08 = 2170,22 \text{ kN}$$

C. Atap Genteng

a. Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{- kuda-kuda 1} &= 14 \cdot 17,5 &= 245 \text{ kN} \\
 \text{- kuda-kuda 2} &= 1 \cdot 1,10 &= 1,10 \text{ kN} \\
 \text{- kuda-kuda 2} &= 1 \cdot 13,84 &= \underline{13,84 \text{ kN}} &+ \\
 W_d &= 259,94 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup

$$\begin{aligned}
 \text{- Pekerja} &= 7,2 \cdot 28,8 \cdot 1 &= 207,36 \text{ kN} \\
 W_l &= 207,36 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$W_{t3} = 259,94 + 207,36 = 467,3 \text{ kN}$$

$$\bullet W_{total} = 4W_{t1} + W_{t2} + W_{t3} = 4 \cdot 6802,65 + 2170,22 + 467,3 = 29848,12 \text{ kN}$$

D. Waktu getar bangunan (T)

$$T = 0,06 \cdot H^{2/3} = 0,06 \cdot 17,62^{2/3} = 0,406 \text{ dt}$$

E. Koefisien gempa dasar

$$T = 0,406 \text{ dt} ; \text{ Zona 3 dan jenis tanah lunak diperoleh } C = 0,07$$

F. Faktor keutamaan I dan faktor jenis struktur K

$$I = 1,0 \quad ; \quad K = 1,0$$

G. Gaya geser horizontal akibat gempa

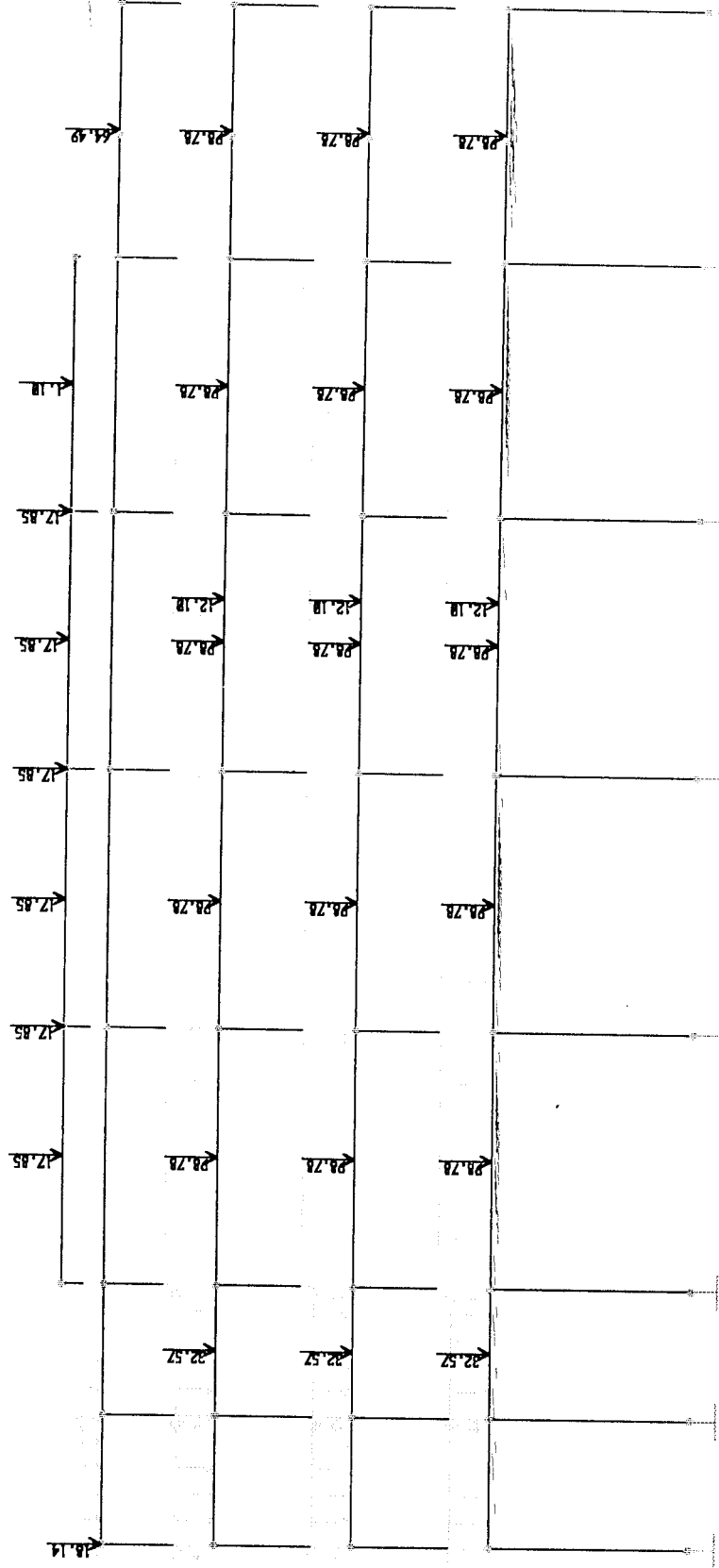
$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_t = 0,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 29848,12 = 2089,37 \text{ kN}$$

H. Distribusi gaya horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung.

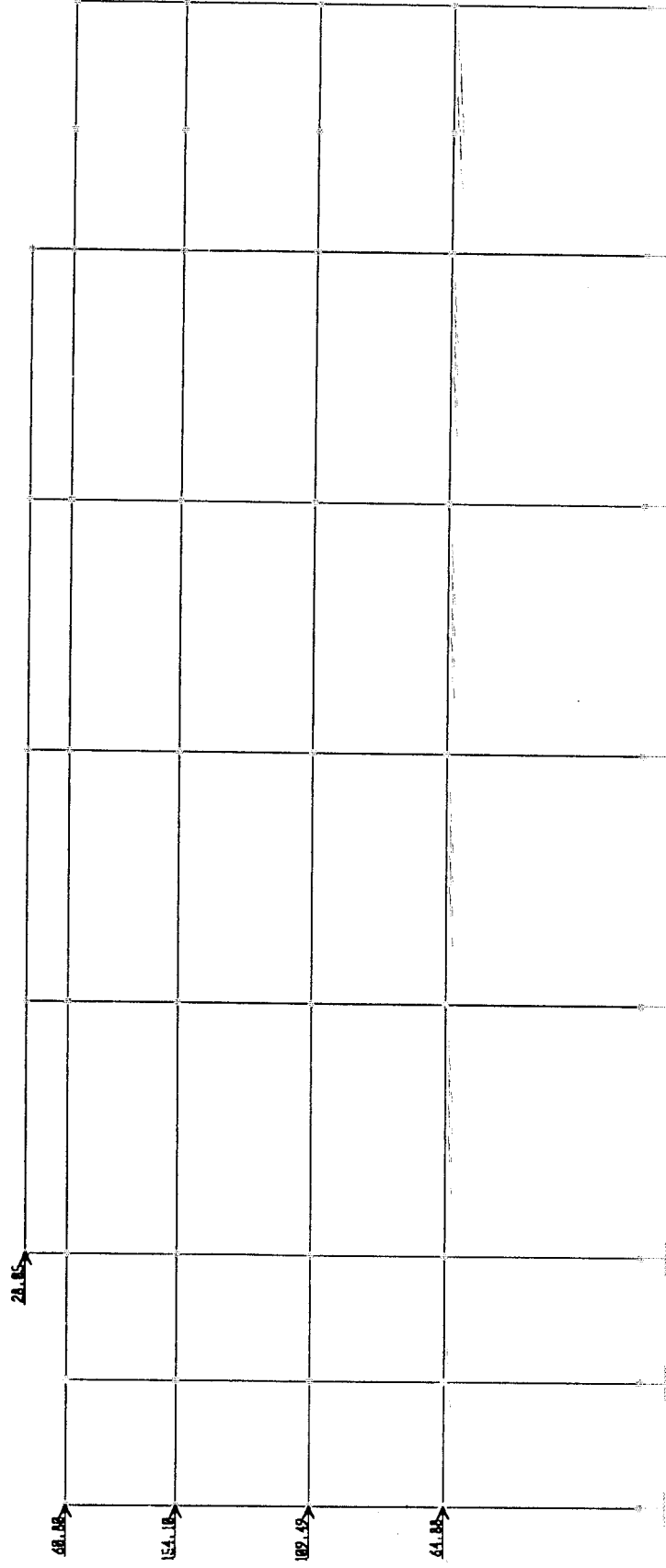
tingkat	hi (m)	Wi (kN)	V (kN)	Wi.hi (kN.m)	Fi (kN)
atas	17.62	467.3	2089.370	8233.826	69.17549
balok 4	16.45	2170.22	2089.370	35700.119	299.9302
3	13.3	6802.65	2089.370	90475.245	760.1168
2	9.45	6802.65	2089.370	64285.0425	540.083
1	5.6	6802.65	2089.370	38094.84	320.0492
basemen	1.75	6802.65	2089.370	11904.6375	100.0154
		29848.12		248693.71	2089.37

Tabel 4.11 Distribusi Gaya Geser Dasar Horizontal Total ke Arah X dan Y

Fi (kN)	Fix (kN)	Fiy(kN)
69.18	13,84	34,59
299.93	33,33	74,98
760.12	84,46	190,03
540.08	60,01	135,02
320.05	35,56	80,01
100.02	11,11	25,00



	18.88	18.88	18.88				
	29.71	29.71	29.71				
	29.71	29.71	29.71				
	29.71	29.71	29.71				
	29.71	29.71	29.71				
	29.71	29.71	29.71				



4.5 PERENCANAAN BALOK

4.5.1 Perencanaan Tulangan Lentur Balok

A. Momen Rencana Balok

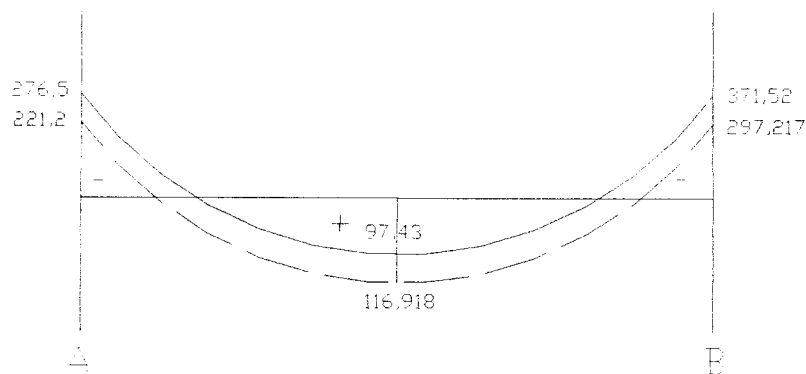
Momen rencana balok diambil yang terbesar setelah dikombinasikan sebagai berikut:

$$1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$0,9 M_D \pm M_E$$

$$1,05 (M_D + 0,6 M_L \pm M_E)$$

Berikut diberikan contoh perhitungan balok tipe – B2



Gambar 4.15 Momen pada portal As-4 bentang A-B

B. Tulangan Tumpuan A

Dipakai dimensi rencana 350/650

$$f_c' = 22,5 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$M_u = 276,5 \text{ kNm}$$

$$M_u \text{ akibat distribusi momen } 20\% = 276,5 - (0,2 \cdot 276,5) = 221,2 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{221,2}{0,8} = 276,5 \text{ kNm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,0244$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b = 0,0183$$

$$\text{rasio tulangan rencana} = 0,5 \cdot \rho_{maks} = 0,00914$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = 20,915$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m \right) = 0,00914 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot 0,00914 \cdot 20,915 \right) = 3,31 \text{ Mpa}$$

$$d_{perlu} = \sqrt{\frac{Mu/\phi}{R_n \cdot b}} = \sqrt{\frac{276,2 \cdot 10^6}{3,31 \cdot 350}} = 488,6977 \text{ mm}$$

$$d_{pakai} = h - P_b - \phi_{sengkang} - z = 650 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 589 \text{ mm}$$

ambil $d_{pakai} = 589 \text{ mm} > d_{perlu} \rightarrow$ dipakai tul sebelah

$$R_n \text{ baru} = \frac{Mu/\phi}{b \cdot d^2} = \frac{276,5 \cdot 10^6}{350 \cdot 589^2} = 2,277$$

$$\rho_{baru} = \frac{R_n \text{ baru}}{R_n} = \frac{2,277}{3,31} \cdot 0,00914 = 0,00629 > \rho_{min} = 0,0035$$

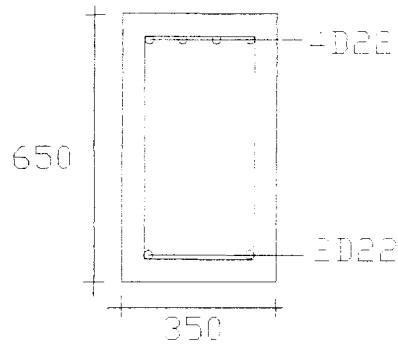
$$< \rho_{maks} = 0,0183$$

$$A_{sperlu} = \rho_{baru} \cdot b \cdot d = 0,00629 \cdot 350 \cdot 589 = 1297,706 \text{ mm}^2$$

Dipakai 4D22 dengan $A_{sada} = 1520,5 \text{ mm}^2$

$$s = \left| \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 4 \cdot 22}{(4 - 1)} \right| = 54$$

mm



Gambar 4.16 tulangan pokok balok tumpuan

Kontrol

$$a = \frac{A_{s_{ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1520,5 \cdot 400}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 350} = 90,899 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{s_{ada}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 1520,5 \cdot 400 \cdot \left(589 - \frac{90,899}{2}\right) = 330.727 \text{ kNm} > \frac{M_u}{\phi} = 276,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

C. Tulangan Lapangan

Dipakai dimensi rencana 350/650

$$f_c' = 22,5 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$M_u = 97,43 \text{ kNm}$$

$$M_u \text{ akibat distribusi momen } 20\% = 97,43 + 97,43 \cdot 0,2 = 116,918 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{116,918}{0,8} = 146,15 \text{ kNm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,0244$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b = 0,0183$$

$$\text{rasio tulangan rencana} = 0,5 \cdot \rho_{maks} = 0,00914$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = 20,915$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m\right) = 0,00914 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot 0,00914 \cdot 20,915\right) = 3,31 \text{ Mpa}$$

$$d_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{Mu/\phi}{R_n \cdot b}} = \sqrt{\frac{146,15 \cdot 10^6}{3,31 \cdot 350}} = 355,293 \text{ mm}$$

$d_{\text{pakai}} = 550 \text{ mm} > d_{\text{perlu}} \rightarrow$ dipakai tul sebelah

$$R_n \text{ baru} = \frac{Mu/\phi}{b \cdot d^2} = \frac{146,15 \cdot 10^6}{350 \cdot 589^2} = 1,204 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{R_n \text{ baru}}{R_n} = \frac{1,204}{3,31} \cdot 0,00914 = 0,00333 < \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$< \rho_{\text{maks}} = 0,0183$$

$$1,33 \cdot 0,00333 = 0,00443$$

sehingga $\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} = 0,0035$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 350 \cdot 589 = 721,525 \text{ mm}^2$$

Dipakai 2D22 dengan $A_{s_{\text{ada}}} = 760,6 \text{ mm}^2$

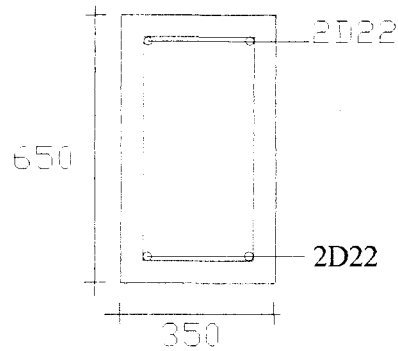
Kontrol

$$a = \frac{A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{760,6 \cdot 400}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 350} = 45,45 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) = 760,6 \cdot 400 \cdot \left(589 - \frac{45,45}{2}\right)$$

$$= 172,277 \text{ kNm} > \frac{Mu}{\phi} = 146,15 \text{ kNm}$$

$$s = \frac{b - 2 \cdot P_b - 2 \cdot \phi \text{ sengkang} - n \cdot \phi \text{ tul}}{(n-1)} = \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 22}{(2-1)} = 206 \text{ mm}$$



Gambar 4.17 tulangan pokok balok lapangan

D. Tulangan Tumpuan B

Dipakai dimensi rencana 350/650

$$f_c' = 22,5 \text{ Mpa} \quad f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$M_u = 371,52 \text{ kNm}$$

$$M_u \text{ akibat distribusi momen } 20\% = 371,52 - (0,2 \cdot 371,52) = 297,217 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{297,217}{0,8} = 371,52 \text{ kNm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,0244$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b = 0,0183$$

$$\text{rasio tulangan rencana} = 0,5 \cdot \rho_{\text{maks}} = 0,00914$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4/f_y = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = 20,915$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m \right) = 0,00914 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot 0,00914 \cdot 20,915 \right) = 3,31 \text{ Mpa}$$

$$d_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{M_u / \phi}{R_n \cdot b}} = \sqrt{\frac{371,52 \cdot 10^6}{3,31 \cdot 350}} = 566,476 \text{ mm}$$

$$d_{\text{pakai}} = h - P_b - \phi_{\text{senggang}} - z = 650 - 40 - 10 - (22) = 589 \text{ mm}$$

$$l d_{\text{pakai}} = 589 \text{ mm} > d_{\text{perlu}} \rightarrow \text{dipakai tul sebelah}$$

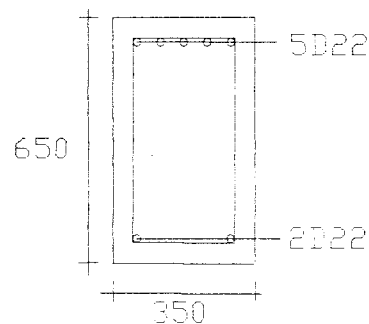
$$Rn_{\text{baru}} = \frac{Mu/\phi}{b \cdot d^2} = \frac{371,52 \cdot 10^6}{350 \cdot 589^2} = 3,06$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{Rn_{\text{baru}}}{Rn} = \frac{3,06}{3,31} \cdot 0,00914 = 0,00846 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$< \rho_{\text{maks}} = 0,0183$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{baru}} \cdot b \cdot d = 0,00846 \cdot 350 \cdot 589 = 1743,65 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai 5D22 dengan } A_{s\text{ada}} = 1901,43 \text{ mm}^2$$



Gambar 4.18 tulangan pokok balok tumpuan

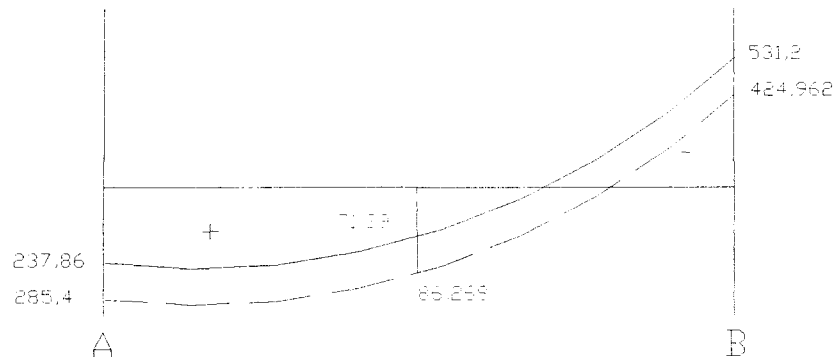
$$s = \frac{b - 2 \cdot P_b - 2 \cdot \phi_{\text{senggang}} - n \cdot \phi_{\text{tul}}}{(n-1)} = \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 5 \cdot 22}{(5-1)} = 35 \text{ mm}$$

Kontrol

$$a = \frac{A_{s\text{ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1901,43 \cdot 400}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 350} = 113,624 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s\text{ada}} \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) = 1901,43 \cdot 400 \cdot (589 - \frac{113,624}{2})$$

$$= 404,767 \text{ kNm} > \frac{Mu}{\phi} = 371,52 \text{ kNm}$$



Gambar 4.19 momen pada portal As-4 bentang A-B

E. Tulangan Tumpuan daerah A

Dipakai dimensi rencana 350/650

$$f_c' = 22,5 \text{ Mpa} \quad f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$M_u = 237,86 \text{ kNm}$$

$$M_u \text{ akibat distribusi momen } 20\% = 237,86 + (0,2 \cdot 237,86) = 285,43 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{285,43}{0,8} = 356,79 \text{ kNm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,0244$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b = 0,0183$$

$$\text{rasio tulangan rencana} = 0,5 \cdot \rho_{\text{maks}} = 0,00914$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4/f_y = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = 20,915$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m \right) = 0,00914 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot 0,00914 \cdot 20,915 \right) = 3,31 \text{ Mpa}$$

$$d_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{M_u / \phi}{R_n \cdot b}} = \sqrt{\frac{356,79 \cdot 10^6}{3,31 \cdot 350}} = 555,135 \text{ mm}$$

$d_{\text{pakai}} = 589 \text{ mm} > d_{\text{perlu}} \rightarrow$ dipakai tul sebelah

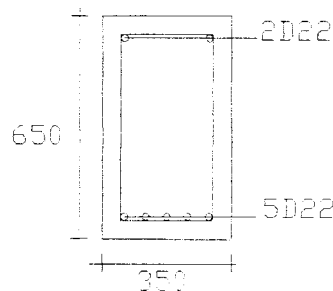
$$Rn_{\text{baru}} = \frac{Mu/\phi}{b \cdot d^2} = \frac{356,79 \cdot 10^6}{350 \cdot 589^2} = 2,9385 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{Rn_{\text{baru}}}{Rn} = \frac{2,9385}{3,31} \cdot 0,00914 = 0,00812 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$< \rho_{\text{maks}} = 0,0183$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{baru}} \cdot b \cdot d = 0,00812 \cdot 350 \cdot 589 = 1674,53 \text{ mm}^2$$

Dipakai 5D22 dengan $A_{S_{\text{ada}}} = 1901,429 \text{ mm}^2$



Gambar 4.20 tulangan balok tumpuan

$$s = \frac{b - 2 \cdot Pb - 2 \cdot \phi \text{ sengkang} - n \cdot \phi \text{ tul}}{(n-1)} = \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 5 \cdot 22}{(5-1)} = 35 \text{ mm}$$

Kontrol

$$a = \frac{A_{S_{\text{ada}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1901,429 \cdot 400}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 350} = 113,624 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{S_{\text{ada}}} \cdot f_y \cdot (d - a/2) = 1901,429 \cdot 400 \cdot (589 - 113,624/2) \\ &= 404,767 \text{ kNm} > Mu/\phi = 356,79 \text{ kNm} \end{aligned}$$

F. Tulangan Lapangan

Dipakai dimensi rencana 350/650

$$f_c' = 25 \text{ Mpa} \qquad f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$M_u = 71,89 \text{ kNm}$$

$$M_u \text{ akibat distribusi momen} = 71,89 + (20\% \cdot 71,89) = 86,268 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{86,268}{0,8} = 107,84 \text{ kNm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,0244$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b = 0,0183$$

$$\text{rasio tulangan rencana} = 0,5. \rho_{\text{maks}} = 0,00914$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4/f_y = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = 20,915$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m \right) = 0,00914 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot 0,00914 \cdot 20,915 \right) = 3,31 \text{ Mpa}$$

$$d_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{M_u / \phi}{R_n \cdot b}} = \sqrt{\frac{107,84 \cdot 10^6}{3,31 \cdot 350}} = 305,1907 \text{ mm}$$

$$d_{\text{pakai}} = 589 \text{ mm} > d_{\text{perlu}} \rightarrow \text{dipakai tul sebelah}$$

$$R_n \text{ baru} = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{107,84 \cdot 10^6}{350 \cdot 589^2} = 0,888 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{R_n \text{ baru}}{R_n} = \frac{0,888}{3,31} \cdot 0,00914 = 0,00246 < \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$< \rho_{\text{mak}} = 0,0183$$

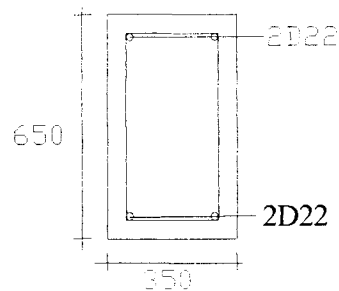
$$1,33 \cdot 0,00246 = 0,00327$$

$$\text{sehingga } \rho_{\text{perlu}} = 1,33 \cdot \rho_{\text{baru}} = 0,00327$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,00327 \cdot 350 \cdot 589 = 673,116 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 350 \cdot 589 = 721,525 \text{ mm}^2$$

Dipakai 2D22 dengan $A_{s_{\text{ada}}} = 760,57 \text{ mm}^2$



Gambar 4.21 tulangan balok lapangan

$$s = \frac{b - 2 \cdot P_b - 2 \cdot \phi \text{ sengkang} - n \cdot \phi \text{ tul}}{(n-1)} = \frac{350 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 22}{(2-1)} = 206 \text{ mm}$$

Kontrol

$$a = \frac{A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{760,57 \cdot 400}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 350} = 45,45 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y \cdot (d - a/2) = 760,57 \cdot 400 \cdot (589 - 45,45/2) \\ &= 172,277 \text{ kNm} > \frac{M_u}{\phi} = 107,84 \text{ kNm} \end{aligned}$$

G. Tulangan Tumpuan daerah B

Dipakai dimensi rencana 350/650

$$f_c' = 22,5 \text{ Mpa} \quad f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$M_u = 531,2 \text{ kNm}$$

$$M_u \text{ akibat distribusi momen } 20\% = 531,2 - (0,2 \cdot 531,2) = 424,962 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{424,962}{0,8} = 531,2 \text{ kNm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,0244$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b = 0,0183$$

$$\text{rasio tulangan rencana} = 0,5. \rho_{\text{maks}} = 0,00914$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4/f_y = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = 20,915$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m\right) = 0,00914 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot 0,00914 \cdot 20,915\right) = 3,31 \text{ Mpa}$$

$$d_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{Mu}{\phi \cdot R_n \cdot b}} = \sqrt{\frac{531,2 \cdot 10^6}{3,31 \cdot 350}} = 677,3613 \text{ mm}$$

$$d_{\text{pakai}} = 589 \text{ mm} < d_{\text{perlu}} \rightarrow \text{dipakai tul rangkap}$$

$$d' = P_b + \phi_{\text{senggang}} + 0,5 \cdot \phi_{\text{tul.pokok}} = 40 + 10 + 11 = 61 \text{ mm}$$

$$\rho_1 = \rho - \rho' = \rho_{\text{tulangan sebelah}} = 0,00914$$

$$A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d = 0,00914 \cdot 350 \cdot 589 = 1885,0646 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_{s1} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1885,0646 \cdot 400}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 350} = 112,6463 \text{ mm}$$

$$M_{n1} = A_{s1} \cdot f_y \cdot (d - a/2) = 1885,0646 \cdot 400 \cdot (589 - (112,6463/2)) = 401,652 \text{ kNm}$$

$$M_{n2} = 531,2 - 401,652 = 129,5506 \text{ kNm}$$

1. untuk tulangan desak

$$f_s' = 600 \left\{ 1 - \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot d'}{(\rho - \rho') \cdot f_y \cdot d} \right\} = 600 \left\{ 1 - \frac{0,85 \cdot 22,5 \cdot 0,85 \cdot 61}{0,00914 \cdot 400 \cdot 589} \right\}$$

$$= 323,8257 \text{ Mpa}$$

$$f_s' < f_y \text{ dipakai } f_s' = 323,8257 \text{ Mpa}$$

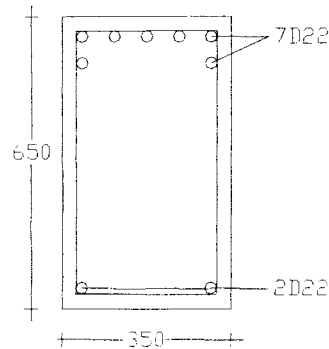
$$A_{s2} = \frac{M_{n2}}{f_s' \cdot (d - d')} = \frac{129,5506 \cdot 10^6}{323,8257 \cdot (589 - 61)} = 757,6945 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai 2D22 } A_{s_{\text{ada}}} = 760,57 \text{ mm}^2$$

2. untuk tulangan tarik

$$A_s = A_{s1} + A_{s'} = 1885,0646 + 757,6945 = 2642,7591 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai 7D22 } A_{s_{ada}} = 2662 \text{ mm}^2$$



Gambar 4.22 tulangan pokok balok tumpuan

$$s = \frac{b - 2.Pb - 2.\phi \text{ sengkang} - n.\phi \text{ tul}}{(n-1)} = \frac{350 - 2.40 - 2.10 - 5.22}{(5-1)} = 35 \text{ mm}$$

Kontrol kapasitas momen

$$\rho = \frac{A_{s_{ada}}}{b.d_{pakai}} = \frac{2662}{350.589} = 0,01291$$

$$\rho' = \frac{A_{s'_{ada}}}{b.d_{pakai}} = \frac{757,6945}{350.589} = 0,00369$$

$$\rho_1 = \rho - \rho' = 0,01291 - 0,00369 = 0,00922$$

$$f_s' = 600 \left\{ 1 - \frac{0,85.f'c.\beta_1 d'}{(\rho - \rho').f_y d} \right\} = 600 \left\{ 1 - \frac{0,85.22,5.0,85 \cdot 61}{0,00922 \cdot 400 \cdot 589} \right\} = 358,53 \text{ Mpa}$$

$$f_s' < f_y \text{ dipakai } f_s' = f_s' = 326,2025 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_{s_{ada}} \cdot f_y) - (A_{s'_{ada}} \cdot f_s')}{0,85.f'c.b} \\ &= \frac{(2662 \cdot 400) - (757,6945 \cdot 326,2025)}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 350} = 122,009 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

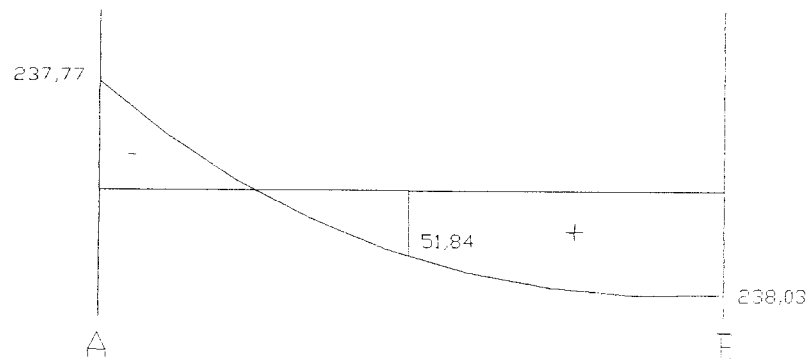
$$Mn_1 = ((2662.400) - (757,2025 \cdot 326,2025)) \cdot (589 - \frac{122,009}{2})$$

$$= 431,214 \text{ kNm}$$

$$Mn_2 = (757,2025 \cdot 326,2025) \cdot (589 - 61)$$

$$= 130,997 \text{ kNm}$$

$$Mn_1 + Mn_2 = 562,211 \text{ kNm} > \frac{Mu}{\phi} = 531,2 \text{ kNm}$$



Gambar 4.23 momen portal As-4 bentang A-B

Dengan perhitungan yang sama dengan perhitungan diatas diperoleh:

Tumpuan A dipakai 4D22 dengan $A_{s_{ada}} = 1521,143 \text{ mm}^2$

Lapangan dipakai 2D22 dengan $A_{s_{ada}} = 760,57 \text{ mm}^2$

Tumpuan B dipakai 4D22 dengan $A_{s_{ada}} = 1521,143 \text{ mm}^2$

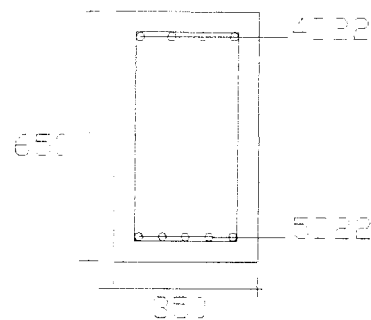
H. Perencanaan Balok

Sehingga dari ke-3 bentuk momoen diatas dapat disimpulkan bahwa untuk balok tipe-B2 dipakai :

1. daerah tumpuan A dipakai tulangan rangkap

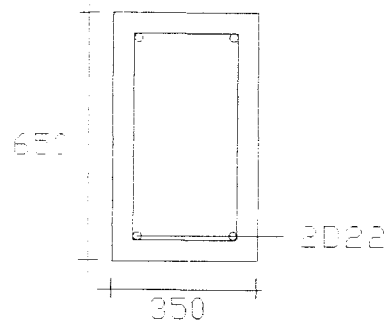
- daerah desak dipakai 4D22 dengan $A_{s_{ada}} = 1521,1429 \text{ mm}^2$

- daerah tarik dipakai 5D22 dengan $A_{s_{ada}} = 1901,4286 \text{ mm}^2$



$$s = \frac{b - 2.Pb - 2.\phi \text{ sengkang} - n.\phi \text{ tul}}{(n-1)} = \frac{350 - 2.40 - 2.10 - 5.22}{(5-1)} = 35 \text{ mm}$$

2. daerah lapangan (tul.sebelah) dipakai 2D22 dengan $A_{s_{ada}} = 760,57 \text{ mm}^2$

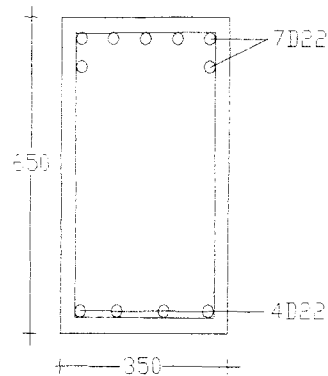


$$s = \frac{b - 2.Pb - 2.\phi \text{ sengkang} - n.\phi \text{ tul}}{(n-1)} = \frac{350 - 2.40 - 2.10 - 2.22}{(2-1)} = 206 \text{ mm}$$

3. daerah tumpuan B dipakai tulangan rangkap

- daerah desak dipakai 4D22 dengan $A_{s_{ada}} = 1521,143 \text{ mm}^2$

- daerah tarik dipakai 7D22 dengan $A_{s_{ada}} = 2662 \text{ mm}^2$



$$s = \frac{b - 2.Pb - 2.\phi \text{ sengkang} - n.\phi \text{ tul}}{(n-1)} = \frac{350 - 2.40 - 2.10 - 5.22}{(5-1)} = 35 \text{ mm}$$

Kontrol kapasitas momen

1. daerah tumpuan A

$$\rho = \frac{As_{ada}}{b.d_{pakai}} = \frac{1901,4286}{350.589} = 0,00922$$

$$\rho' = \frac{As'_{ada}}{b.d_{pakai}} = \frac{760,57}{350.589} = 0,00369$$

$$\rho_1 = \rho - \rho' = 0,00922 - 0,00369 = 0,0055$$

$$fs' = 600 \left\{ 1 - \frac{0,85.f'c.\beta_1 d'}{(\rho - \rho').fy d} \right\} = 600 \left\{ 1 - \frac{0,85.22,5.0,85 \cdot 61}{0,0055.400 \cdot 589} \right\}$$

$$= 143,67 \text{ Mpa}$$

$$fs' < fy \text{ dipakai } fs' = fs' = 143,67 \text{ Mpa}$$

$$a = \frac{(As_{ada} \cdot fy) - (As'_{ada} \cdot fs')}{0,85.f'c \cdot b}$$

$$= \frac{(1901,4286.400) - (760,57.143,67)}{0,85.22,5.350} = 97,2996 \text{ mm}^2$$

$$Mn_1 = ((1901,4286.400) - (760,57.143,59)).(589 - \frac{97,2996}{2})$$

$$= 351,953 \text{ kNm}$$

$$Mn_2 = (757,2025. 326,2025).(589 - 61)$$

$$= 57,673 \text{ kNm}$$

$$Mn_{ak} = Mn_1 + Mn_2 = 409,626 \text{ kNm} > \frac{Mu}{\phi} = 356,79 \text{ kNm}$$

2. daerah tumpuan B

dengan cara yang sama didapat :

$$\rho_1 = \rho - \rho' = 0,01291 - 0,00738 = 0,00553$$

$$fs' = 143,671 \text{ Mpa} < fy \text{ 400 Mpa sehingga } fs' = fs' = 143,671 \text{ Mpa}$$

$$a = \frac{(As_{ada} \cdot fy) - (As'_{ada} \cdot fs')}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{(2662.400) - (760,57.143,671)}{0,85.22,5.350}$$

$$= 142,75 \text{ mm}^2$$

$$Mn_1 = (As_{ada} \cdot fy - As'_{ada} \cdot fs') \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$= (2662.400 - 1521,143. 143,671) \cdot (589 - \frac{142,75}{2}) = 438,044 \text{ kNm}$$

$$Mn_2 = (as'_{ada} \cdot fs') \cdot (d - d')$$

$$= (1521,143. 143,671) \cdot (589 - 61) = 115,341 \text{ kNm}$$

$$Mn_{ak} = Mn_1 + Mn_2$$

$$= 553,435 \text{ kNm} > \frac{Mu}{\phi} = 531,2 \text{ kNm}$$

4.5.2 Perencanaan Tulangan Geser Balok

Adapun syarat penentuan gaya geser rencana balok adalah sebagai berikut:

$$V_D = 131,11 \text{ kN}; \quad V_L = 35,973 \text{ kN}; \quad V_E = 66,0842 \text{ kN}$$

$$V_{u,b} = 0,7 \phi_0 \left[\frac{M_{nak,b} + M_{nak,b'}}{Ln} \right] + 1,05.V_g$$

$$V_{u,b} = 0,7 \cdot 1,25 \left[\frac{409,626 + 553,435}{6,5} \right] + 1,05 \cdot (131,11 + 35,973) = 303,1152 \text{ kN}$$

Dengan syarat tidak lebih besar dari :

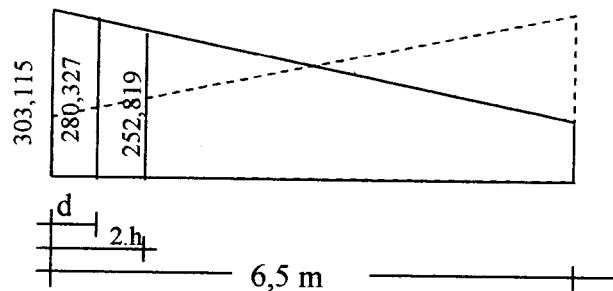
$$V_{u,b} = 1,05 (131,11 + 35,973 + 4/1 \cdot 66,0842) = 452,9908 \text{ kN}$$

$V_{u,b}$ pakai =

$$\left[1,05V_g - 0,7\phi_0 \left(\frac{M_{nak,b} + M_{nak,b'}}{Ln} \right) \right] + \frac{Ln - d}{Ln} \left[V_{u,b} - 0,7\phi_0 \left(\frac{M_{nak,b} + M_{nak,b'}}{Ln} \right) \right]$$

$$\left[1,05 \cdot 175,437 - 0,7 \cdot 1,25 \frac{409,626 + 553,435}{6,5} \right] + \frac{6,5 - 0,589}{6,5} \left[303,12 - 0,7 \cdot 1,25 \frac{409,626 + 553,435}{6,5} \right]$$

$$= 280,327 \text{ kN}$$



Gambar 4.24 Gaya geser pada penampang kritis dan daerah sendi plastis

dalam daerah sendi plastis

$$V_{u,b} = 280,327 \text{ kN}$$

$$V_c = 0$$

$$V_s = \frac{V_{u,b}}{\phi} = \frac{280,327}{0,6} = 467,211 \text{ kN}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d'}{V_s} = \frac{(2.0,25 \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 589}{467,211 \cdot 10^3} = 47,545 \text{ mm}$$

Syarat spasi

$$d/4 = 147,25 \text{ mm}$$

dipakai 2P₁₀ - 90

Diluar sendi plastis

Diambil jarak sejauh 2h = 1300 mm dengan V_{u,b} = 252,819 kN

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = 162,9759 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_{u,b}}{\phi} - V_c = \frac{252,819}{0,6} - 162,9759 = 258,387 \text{ kN}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d'}{V_s} = \frac{(2.1/4 \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 589}{258,387 \cdot 10^3} = 85,971 \text{ mm}$$

Syarat spasi

$$S \leq d/2 = 294,5 \text{ mm}$$

$$S \leq 600 \text{ mm}$$

Dipakai P₁₀ - 85

4.5.3 Perencanaan Tulangan Torsi

$$T_u = 10,04 \text{ kNm}$$

$$\sum x^2 \cdot y = 350^2 \cdot 650 = 79,625 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi \left(\frac{1}{9} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \sum x^2 \cdot y \right) &= 0,6 \cdot \left(\frac{1}{9} \cdot \sqrt{22,5} \cdot 79,625 \cdot 10^6 \right) \\ &= 25,18 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 25,18 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol

$$T_u = 10,04 \text{ kNm} < \phi \left(\frac{1}{9} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \sum x^2 \cdot y \right) = 25,18 \text{ kNm}$$

→ Tulangan torsi diabaikan

Tabel 4.12 Balok Induk Tipe-B1

	Tump. Kr-1 (-)	Tump. Kr-2 (+)	Tump. Kr-3 (-)
Mu (KNm)	276.50	237.86	237.77
Mu redistribusi 20%	221.20	285.43	-
Mu/ ϕ (KNm)	276.50	356.79	297.22
f _c (MPa)	22.5	22.5	22.5
f _y (MPa)	400	400	400
β_1	0.85	0.85	0.85
m	20.915	20.915	20.915
ρ_b	0.0244	0.0244	0.0244
ρ_{min}	0.0035	0.0035	0.0035
ρ_{maks}	0.0183	0.0183	0.0183
ρ_{pakai}	0.00914	0.00914	0.00914
R _n (MPa)	3.31	3.31	3.31
b.d2 perlu (mm ³)	83588892.0153	107861292.3405	89850438.5064
b (mm)	350	350	350
dperlu (mm)	488.6977	555.1352	506.6710
h (mm)	650	650	650
dpakai (mm)	589	589	589
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
R _n aktual	2.2772	2.9385	2.4478
p aktual	0.00629	0.00812	0.00677
nilai paktual baru	0.00629	0.00812	0.00677
As min (mm ²)	721.525	721.525	721.525
As perlu (mm ²)	1297.706	1674.531	1394.915
dtul.pokok (mm)	22	22	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29	380.29	380.29
jumlah tul. perlu	3.4124	4.4034	3.6681
tul. terpasang (n buah)	4	5	4
As aktual (mm ²)	1521.1429	1901.4286	1521.1429
s(mm) > 25mm	54	35	53
a (mm)	90.899	113.624	90.899
M _n (kNm)	330.727	404.767	330.727
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN

Kesimpulan

Perencanaan	Tul. Rangkap
Tul. Atas n buah	4
Tul. Bawah n buah	5
ρ_1 ($\rho - \rho'$)	0.0050
f _s ' (MPa)	143.67
f _s ' pakai (MPa)	143.67

a (mm ²)	97.2996
M _{n1} (kNm)	351.953
M _{n2} (kNm)	57.673
M _n	409.626
Kontrol	AMAN
M _{kap}	512.033

	Lap. -1 (+)	Lap. -2 (+)	Lap. -3 (+)
Mu (KNm)	97.43	71.89	51.84
Mu redistribusi 20 % (KNm)	116.918	86.268	-
Mu/φ (KNm)	146.15	107.84	64.80
f'c (MPa)	22.5	22.5	22.5
fy (MPa)	400	400	400
β1	0.85	0.85	0.85
m	20.915	20.915	20.915
ρb	0.0244	0.0244	0.0244
ρ _{min}	0.0035	0.0035	0.0035
ρ _{maks}	0.0183	0.0183	0.0183
ρ _{pakai}	0.00914	0.00914	0.00914
Rn (MPa)	3.31	3.31	3.31
b.d2 perlu (mm ³)	44181600.0987	32599483.7808	19589509.8557
b (mm)	350	350	350
dperlu (mm)	355.2930	305.1907	236.5799
h (mm)	650	650	650
dpakai (mm)	589	589	589
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
Rn aktual	1.2036	0.8881	0.5337
p aktual	0.00333	0.00246	0.00148
nilai paktual baru	0.00350	0.00327	0.00200
As min (mm ²)	721.525	721.525	721.525
As perlu (mm ²)	721.525	673.116	412.300
dtul.pokok (mm)	22	22	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29	380.29	380.29
jumlah tul. perlu	1.8973	1.8973	1.8973
tul. terpasang (n buah)	2	2	2
As aktual (mm ²)	760.5714	760.5714	760.5714
s(mm) > 25mm	206	206	202
a (mm)	45.450	45.450	45.450
Mn (kNm)	172.277	172.277	172.277
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN
Kesimpulan			
Perencanaan	Tulangan Sebelah		
tul. terpasang (n buah)	2		
Mkap	215.346		

	Tump. Kn-1 (-)	Tump. Kn-2 (-)	Tump. Kn-3 (+)
Mu (KNm)	371.52	531.20	238.03
Mu redistribusi 20 % (KNm)	297.217	424.962	-
Mu/φ (KNm)	371.52	531.20	297.54
f'c (MPa)	22.5	22.5	22.5
fy (MPa)	400	400	400
β1	0.85	0.85	0.85
m	20.915	20.915	20.915
ρb	0.0244	0.0244	0.0244
ρmin	0.0035	0.0035	0.0035
ρmaks	0.0183	0.0183	0.0183
ρpakai	0.00914	0.00914	0.00914
Rn (MPa)	3.31	3.31	3.31
b.d2 perlu (mm ³)	112313431.6853	160586427.8865	89949255.1890
b (mm)	350	350	350
dperlu (mm)	566.4764	677.3613	506.9496
h (mm)	650	650	650
dpakai (mm)	589	589	589
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Rangkap	Tul. Sebelah
Rn aktual	3.0597	-	2.4505
p aktual	0.00846	-	0.00677
nilai paktual baru	0.00846	-	0.00677
As min (mm ²)	721.525	-	721.525
As perlu (mm ²)	1743.650	-	1396.449
dtul.pokok (mm)	22	-	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29	-	380.29
jumlah tul. perlu	4.5851	-	3.6721
tul. terpasang (n buah)	5	-	4
As aktual (mm ²)	1901.4286	-	1521.1429
s(mm) > 25mm	34	-	53
a (mm)	113.624	-	90.899
Mn (kNm)	404.767	-	330.727
Kontrol	AMAN	-	AMAN
d' (mm)	-	61	-
ρ1 (ρ - ρ')	-	0.00914	-
As1 perlu (mm)	-	1885.0646	-
a1 (mm)	-	112.6463	-
Mn1 (KNm)	-	401.6521	-
Mn2(KNm)=Mu/φ-Mn1	-	129.5506	-
fs' (MPa)	-	323.8257	-
fs' pakai (MPa)	-	323.8257	-
As' perlu (mm)	-	757.6945	-
dtul.pokok (mm)	-	22	-
A1d.pokok (mm ²)	-	380.29	-
tul. desak perlu (n buah)	-	1.992434734	-

tul desak pakai (n buah)	-	2	-
As' ada (mm)	-	760.571	-
As perlu total (mm ²)	-	2645.6360	-
tul. tarik perlu (n buah)	-	6.9570	-
tul tarik pakai (n buah)	-	7	-
As ada (mm ²)	-	2662	-
Kontrol	-		-
r' ada	-	0.00369	-
r ada	-	0.01291	-
(rada - r'ada)	-	0.0092	-
fs' (MPa)	-	326.2025	-
fs' pakai (MPa)	-	326.2025	-
a (mm ²)	-	122.0092931	-
Mn1 (kNm)	-	431.214	-
Mn2 (kNm)	-	130.997	-
Mn	-	562.211	-
s (mm)	-	35	-
Kontrol	-	AMAN	-
Mkap	505.959	702.763	413.409

Kesimpulan

Perencanaan	Tul. Rangkap
Tul. Atas n buah	7
Tul. Bawah n buah	4
ρ_1 ($\rho - \rho'$)	0.0055
fs' (MPa)	143.6708
fs' pakai (MPa)	143.6708
a (mm ²)	142.7493237
Mn1 (kNm)	438.044
Mn2 (kNm)	115.391
Mn	553.435
Kontrol	AMAN
Mkap	691.793

4.6 PERENCANAAN KOLOM

Di bawah ini akan diberikan contoh perhitungan kolom tipe-K4 pada portal As- B4.

4.6.1 Perhitungan Momen dan Gaya Aksial Rencana (Mc)

a. Momen untuk portal arah X.

Data momen :

$$M_{Dy} \text{ atas} = - 5,688 \text{ kNm}$$

$$M_{Dy} \text{ bawah} = 6,196 \text{ kNm}$$

$$M_{Ly} \text{ atas} = - 0,844 \text{ kNm}$$

$$M_{Ly} \text{ bawah} = 1,102 \text{ kNm}$$

$$M_{Ey} \text{ atas} = -135,913 \text{ kNm}$$

$$M_{Ey} \text{ bawah} = 235,499 \text{ kNm}$$

$$M_{Eyy} \text{ atas} = 116 \text{ kNm}$$

$$M_{Eyy} \text{ bawah} = -201,89 \text{ kNm}$$

Daerah Atas

$$1,2 M_{Dy} + 1,6 M_{Ly} = 1,2. (-5,688) + 1,6. (-0,844) = -8,176 \text{ kNm}$$

$$1,05 (M_{Dy} + M_{Ly}) = 1,05. ((-5,688) + ((-0,844) . 0,6))$$

$$M_{by} = -6,504 \text{ kNm}$$

$$1,05 M_{Ey} = 1,05.(- 135,913) = -142,709 \text{ kNm}$$

$$M_{sy} = -142,709 \text{ kNm}$$

$$M_{by} + M_{sy} = (-6,504) + (-142,709) = -149,213 \text{ kNm}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05(M_{Dy} + M_{Ly} + \frac{4}{k} M_{Ey}) = 1,05 ((-5,688) + (- 0,844) + \frac{4}{1} (-135,913))$$

$$= -577,635 \text{ kNm}$$

Daerah Bawah

$$1,2 M_{Dy} + 1,6 M_{Ly} = 1,2 \cdot 6,196 + 1,6 \cdot 1,102 = 9,199 \text{ kNm}$$

$$1,05 (M_{Dy} + M_{Ly}) = 1,05 \cdot (6,196 + (1,102 \cdot 0,6))$$

$$M_{by} = 7,2005 \text{ kNm}$$

$$1,05 M_{Ey} = 1,05 \cdot 235,499 = 247,274 \text{ kNm}$$

$$M_{sy} = 247,274 \text{ kNm}$$

$$M_{by} + M_{sy} = 7,2005 + 247,274 = 254,4745 \text{ kNm}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05 (M_{Dy} + M_{Ly} + \frac{4}{k} M_{Ey}) = 996,76 \text{ kNm}$$

$$M \text{ pakai : Atas} = -149,213 \text{ kNm}$$

$$\text{Bawah} = 254,4745 \text{ kNm}$$

b. Momen untuk portal arah Y

Data momen

$$M_{Dx} \text{ atas} = 92,155 \text{ kNm}$$

$$M_{Dx} \text{ bawah} = 20,541 \text{ kNm}$$

$$M_{Ix} \text{ atas} = 16,421 \text{ kNm}$$

$$M_{Ix} \text{ bawah} = 6,178 \text{ kNm}$$

$$M_{Ex} \text{ atas} = -127,74 \text{ kNm}$$

$$M_{Ex} \text{ bawah} = 340,63 \text{ kNm}$$

$$M_{Exx} \text{ atas} = 128,09 \text{ kNm}$$

$$M_{Exx} \text{ bawah} = -341,79 \text{ kNm}$$

Daerah atas

$$1,2 M_{Dx} + 1,6 M_{Lx} = 1,2 \cdot 92,155 + 1,6 \cdot 16,421 = 136,86 \text{ kNm}$$

$$1,05 (M_{Dx} + M_{Lx}) = 1,05 \cdot (92,155 + (16,421 \cdot 0,6))$$

$$M_{bx} = 107,108 \text{ kNm}$$

$$1,05 M_{Ex} = 1,05 \cdot 128,09 = 134,489 \text{ kNm}$$

$$M_{sx} = 134,489 \text{ kNm}$$

$$M_{bx} + M_{sx} = 107,108 + 134,489 = 241,597 \text{ kNm}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05 (M_{Dx} + M_{Lx} + \frac{4}{k} M_{Ex}) = 651,962 \text{ kNm}$$

Daerah bawah

$$1,2 M_{Dx} + 1,6 M_{Lx} = 1,2 \cdot 20,541 + 1,6 \cdot 6,178 = 34,533 \text{ kNm}$$

$$1,05 (M_{Dx} + M_{Lx}) = 1,05 \cdot (20,541 + 6,178 \cdot 0,6)$$

$$M_{bx} = 25,46 \text{ kNm}$$

$$1,05 M_{Ex} = 1,05 \cdot (-341,79) = -358,881 \text{ kNm}$$

$$M_{sx} = -358,881 \text{ kNm}$$

$$M_{bx} + M_{sx} = 25,46 + -358,881 = -333,421 \text{ kNm}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05 (M_{Dx} + M_{Lx} + \frac{4}{k} M_{Ex}) = -384,3406 \text{ kNm}$$

$$M \text{ pakai : Atas} = 241,597 \text{ kNm}$$

$$\text{Bawah} = -333,421 \text{ kNm}$$

c. Gaya aksial

Data Gaya Aksial

$$P_{D \text{ atas}} = -2339,3 \text{ kN}$$

$$P_{D \text{ bawah}} = -2403,953 \text{ kN}$$

$$P_{L \text{ atas}} = -559,224 \text{ kN}$$

$$P_{L \text{ bawah}} = -559,224 \text{ kN}$$

$$P_{E \text{ atas}} = -171,748 \text{ kN}$$

$$P_{E \text{ bawah}} = -171,748 \text{ kN}$$

Daerah Atas

$$1,2 P_D + 1,6 P_L = 1,2 \cdot (-2339,3) + 1,6 \cdot (-559,224) = -3701,918 \text{ kN}$$

$$1,05 (P_D + P_L) = 1,05 \cdot ((- 2339,3) + (-559,224) \cdot 0,6)$$

$$P_b = -2808,576 \text{ kN}$$

$$1,05 P_E = 1,05 \cdot -171,748 = -180,335 \text{ kN}$$

$$P_s = -180,335 \text{ kN}$$

$$P_b + P_s = -2808,576 + -180,335 = -2988,911 \text{ kN}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05 (P_D + P_L + \frac{4}{k} \cdot P_E) = -3764,789 \text{ kN}$$

Daerah Bawah

$$1,2 P_D + 1,6 P_L = 1,2 \cdot (-2403,953) + 1,6 \cdot (-559,224) = -3779,501 \text{ kN}$$

$$1,05 (P_D + P_L) = 1,05 \cdot ((- 2403,953) + (-559,224) \cdot 0,6)$$

$$P_b = -2876,462 \text{ kN}$$

$$1,05 P_E = 1,05 \cdot -171,748 = -180,335 \text{ kN}$$

$$P_s = -180,335 \text{ kN}$$

$$P_b + P_s = -2876,462 + -180,335 = -3056,796 \text{ kN}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05 (P_D + P_L + \frac{4}{k} \cdot P_E) = -3832,675 \text{ kN}$$

$$P_u \text{ pakai : Atas} = -3701,918 \text{ kN}$$

$$\text{Bawah} = -3779,501 \text{ kN}$$

4.6.2 Kriteria Kolom dan Pembesaran Momen

Menghitung kekakuan kolom

a. Arah X

$$E_c = E_g = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} = 4700 \cdot \sqrt{22,5} = 22294,1 \text{ Mpa}$$

Dicoba dimensi kolom 600 x 600 mm

$$I_c (\text{inersia kolom}) = \frac{1}{12} \cdot 600 \cdot 600^3 = 1,08 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$\beta_d = \frac{1,2M_D}{1,2M_D + 1,6M_L} = \frac{1,2 \cdot 6,196}{1,2 \cdot 6,196 + 1,6 \cdot 1,102} = 0,808$$

$$EI = \frac{E_c \cdot I_c}{2,5(1 + \beta_d)} = \frac{22294,1 \cdot 1,08 \cdot 10^{10}}{2,5(1 + 0,808)} = 5,326 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Menghitung momen inersia balok di kanan kiri kolom. Dengan

menganggap momen inersia penampang retak balok sebesar setengah

dari momen inersia penampang bruto, maka :

1. Momen inersia balok di kanan kiri ujung atas kolom yaitu :

$$I_{cr} = \frac{I_g}{2} = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{12} \cdot 350 \cdot 650^3 \right] = 4,005 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

2. Momen inersia balok di kanan kiri ujung bawah kolom = 0, karena

ujung jepit

L_u (panjang kolom) = 5,25 m

L_g (panjang bersih balok) = 6,6 m

$$\Psi_{atas} = \Psi_{bawah} = \frac{\sum \left(\frac{EI}{Lu} \right)}{\sum \left(\frac{E_c J_{cr}}{Lg} \right)}$$

$$\Psi_{atas} = \frac{\left(\frac{5,326 \cdot 10^{13}}{3200} \right) + \left(\frac{5,326 \cdot 10^{13}}{5250} \right)}{\left(\frac{22294,14,005 \cdot 10^9}{6600} \right) + \left(\frac{22294,15,7167 \cdot 10^9}{1,925} \right)} = 0,34$$

$\Psi_{bawah} = 0$ (ujung jepit)

Dari nomogram portal tanpa pengaku, didapat $k = 1,05$

$$\frac{k L_u}{r} = \frac{1,05 \cdot 5250}{0,3 \cdot 600} = 30,625 > 22 \text{ (termasuk kolom panjang)}$$

Beban tekuk Euler yang terjadi adalah:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k L_u)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 5,326 \cdot 10^{13}}{(1,05 \cdot 5250)^2} = 17280590,97 \text{ N}$$

menghitung faktor pembesaran momen δ_{by}

$$\delta_{by} = \frac{Cm}{1 - \left(\frac{Pu}{\phi P_c} \right)} \geq 1$$

$cm = 1$ (portal tanpa pengaku)

$$\delta_{by} = \frac{1}{1 - \left(\frac{3779501}{0,65 \cdot 17280590,97} \right)} = 1,00034 > 1$$

menghitung factor pembesaran δ_{sy}

kolom As-A4

$$\Psi_{atas} = \frac{\left(\frac{5,326 \cdot 10^{13}}{3200}\right) + \left(\frac{5,326 \cdot 10^{13}}{5250}\right)}{\left(\frac{22294,14,005 \cdot 10^9}{6600}\right)} = 2,0$$

$$\Psi_{bawah} = 0 \text{ (ujung jepit)}$$

Dari nomogram portal tanpa pengaku, didapat $k = 1,28$

beban tekuk Euler yang terjadi adalah:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kLu)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 5,326 \cdot 10^{13}}{(1,28 \cdot 5250)^2} = 11832334,48 \text{ N}$$

$$\Sigma P_c = 17280590,97 + 11832334,48 = 29112925,45 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= P_{kolom \text{ As-A}} + P_{kolom \text{ As-B}} \\ &= 2356,7272 + 3779,501 = 6136,2284 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{sy} &= \frac{1}{1 - \left(\frac{\Sigma P_u}{\phi \cdot \Sigma P_c}\right)} \geq 1 \\ &= \frac{1}{1 - 29112925,45} = 1,00032 > 1 \end{aligned}$$

Momen akibat pembesaran momen :

$$\begin{aligned} M_{uy, \text{ bawah}} &= \delta_{by} M_{by} + \delta_{sy} M_{sy} \\ &= 1,00034 \cdot 134,489 + 1,00032 \cdot 358,881 = 254,56 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uy, \text{ atas}} &= \delta_{by} M_{by} + \delta_{sy} M_{sy} \\ &= 1,00034 \cdot 107,108 + 1,00032 \cdot 25,4596 = 149,26 \text{ kNm} \end{aligned}$$

b. Arah Y

$$E_c = E_g = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} = 4700 \cdot \sqrt{22,5} = 22294,1 \text{ Mpa}$$

$$I_c (\text{inersia kolom}) = \frac{1}{12} \cdot 600^3 \cdot 600 = 1,08 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$\beta_d = \frac{1,2M_D}{1,2M_D + 1,6M_L} = \frac{1,2 \cdot 92,155}{1,2 \cdot 92,155 + 1,6 \cdot 16,421} = 0,808$$

$$EI = \frac{E_c \cdot I_c}{2,5(1 + \beta_d)} = \frac{22294,1 \cdot 1,08 \cdot 10^{10}}{2,5(1 + 0,808)} = 5,327 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Menghitung momen inersia balok di kanan kiri kolom. Dengan menganggap momen inersia penampang retak balok sebesar setengah dari momen inersia penampang bruto, maka :

1. Momen inersia balok di kanan kiri ujung atas kolom yaitu :

$$I_{cr} = \frac{I_g}{2} = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{12} \cdot 350 \cdot 650^3 \right] = 4,005 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

2. Momen inersia balok di kanan kiri ujung bawah kolom = 0, karena ujung jepit

$$L_c (\text{panjang kolom}) = 5,25 \text{ m}$$

$$L_g (\text{panjang bersih balok}) = 6,6 \text{ m}$$

$$\Psi_{atas} = \Psi_{bawah} = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L_c} \right)}{\sum \left(\frac{E_c I_{cr}}{L_g} \right)}$$

$$\Psi_{atas} = \frac{\left(\frac{5,327 \cdot 10^{13}}{3200} \right) + \left(\frac{5,327 \cdot 10^{13}}{5250} \right)}{\left(\frac{22294,1 \cdot 4,005 \cdot 10^9}{6600} \right) + \left[\frac{22294,1 \cdot 4,005 \cdot 10^9}{6600} \right]} = 0,99$$

$$\psi_{\text{bawah}} = 0 \text{ (ujung jepit)}$$

Dari nomogram portal tanpa pengaku, didapat $k = 1,15$

$$\frac{kLu}{r} = \frac{1,15 \cdot 5250}{(0,3 \cdot 600)} = 33,54 > 22 \text{ (termasuk kolom panjang)}$$

Beban tekuk Euler yang terjadi adalah:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kLc)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 5,327 \cdot 10^{13}}{(1,15 \cdot 5250)^2} = 14408320,57 \text{ N}$$

menghitung faktor pembesaran momen δ_{by}

$$\delta_{by} = \frac{Cm}{1 - \left(\frac{Pu}{\phi P_c} \right)} \geq 1$$

$cm = 1$ (portal tanpa pengaku)

$$\delta_{bx} = \frac{1}{1 - \left(\frac{3779492}{0,65 \cdot 14408320,57} \right)} = 1,0004 > 1$$

menghitung faktor pembesaran δ_{sy}

kolom portal As-B1

$$\psi_{\text{atas}} = \frac{\left(\frac{5,208 \cdot 10^{13}}{3200} \right) + \left(\frac{5,208 \cdot 10^{13}}{5250} \right)}{\left(\frac{22294,14,005 \cdot 10^9}{3000} \right)} = 0,44$$

$$\psi_{\text{bawah}} = 0 \text{ (ujung jepit)}$$

Dari nomogram portal tanpa pengaku, didapat $k = 1,08$

Beban tekuk Euler yang terjadi adalah:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kLc)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 5,208 \cdot 10^{13}}{(1,08 \cdot 5250)^2} = 7965141,052 \text{ N}$$

kolom portal As-B1'

$$\psi_{atas} = \frac{\left(\frac{5,208 \cdot 10^{13}}{3200}\right) + \left(\frac{5,208 \cdot 10^{13}}{5250}\right)}{\left(\frac{22294,1.4,005 \cdot 10^9}{3150}\right) + \left(\frac{22294,1.4,005 \cdot 10^9}{3000}\right)} = 0,22$$

$$\psi_{bawah} = 0 \text{ (ujung jepit)}$$

Dari nomogram portal tanpa pengaku, didapat $k = 1,04$

Beban tekuk Euler yang terjadi adalah:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kLc)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 5,208 \cdot 10^{13}}{(1,04 \cdot 5250)^2} = 8426571,16 \text{ N}$$

kolom portal As-B2

$$\psi_{atas} = \frac{\left(\frac{5,493 \cdot 10^{13}}{3200}\right) + \left(\frac{5,493 \cdot 10^{13}}{5250}\right)}{\left(\frac{22294,1.4,005 \cdot 10^9}{6600}\right) + \left(\frac{22294,1.4,005 \cdot 10^9}{6600}\right)} = 0,99$$

$$\psi_{bawah} = 0 \text{ (ujung jepit)}$$

Dari nomogram portal tanpa pengaku, didapat $k = 1,15$

Beban tekuk Euler yang terjadi adalah:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kLc)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 5,493 \cdot 10^{13}}{(1,15 \cdot 5250)^2} = 14858607,6 \text{ N}$$

kolom portal As-B3

Dengan cara yang sama didapat:

- $\psi_{atas} = 0,99$
- $\psi_{bawah} = 0$
- $k = 1,14$

- $P_u = 3666,2913 \text{ kN}$
- $EI = 5,33 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$
- $P_c = 14679620,31 \text{ N}$

kolom portal As-B5

Dengan cara yang sama didapat:

- $\psi_{atas} = 0,99$
- $\psi_{bawah} = 0$
- $k = 1,14$
- $P_u = 3664,1789 \text{ kN}$
- $EI = 5,33 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$
- $P_c = 14675768,8 \text{ N}$

kolom portal As-B6

Dengan cara yang sama didapat:

- $\psi_{atas} = 1,03$
- $\psi_{bawah} = 0$
- $k = 1,15$
- $P_u = 2346,96 \text{ kN}$
- $EI = 5,549 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$
- $P_c = 15009846,84 \text{ N}$

kolom portal As-B7

Dengan cara yang sama didapat:

- $\psi_{atas} = 0,99$
- $\psi_{bawah} = 0$

- $k = 1,14$
- $P_u = 2894,8091 \text{ kN}$
- $EI = 5,33 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$
- $P_c = 14669901,18 \text{ N}$

$$\begin{aligned} \Sigma P_c &= 14408320,57 + 796514,052 + 8426571,16 + 14858607,6 \\ &\quad + 14679620,31 + 14675768,8 + 15009846,84 + 14669901,18 \\ &= 104693777,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= 3779,492 + 1176,405 + 1734,1422 + 3080,308 + 3666,29 \\ &\quad + 3664,179 + 2346,961 + 2894,809 \\ &= 22342,5875 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta s_x &= \frac{1}{1 - \left(\frac{\Sigma P_u}{\Sigma P_c} \right)} \geq 1 \\ &= \frac{1}{1 - \left(\frac{22342587,5}{0,65 \cdot 104693777,5} \right)} = 1,00033 \end{aligned}$$

Momen akibat pembesaran momen :

$$\begin{aligned} \text{Mux bawah} &= \delta_{bx} M_{bx} + \delta_{sx} M_{sx} \\ &= 1,0004 \cdot 134,4894 + 1,00033 \cdot 358,881 \\ &= 493,54 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mux atas} &= \delta_{bx} M_{bx} + \delta_{sx} M_{sx} \\ &= 1,0004 \cdot 107,108 + 1,00033 \cdot 25,46 \\ &= 132,619 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4.6.3 Analisis Gaya Aksial dan Momen akibat balok

$$h = 5,6 \text{ m}$$

$$h_n = 5,25 \text{ m}$$

$$R_v = 1 \text{ (jumlah lantai di atasnya; } n = 3 \text{)}$$

$$\omega_d = 1 \text{ (untuk lantai dasar)}$$

$$k = 1$$

a. Perhitungan Arah X

$$M_{kap(kiri)} = 1,25 \cdot 553,435 = 691,794$$

$$M_{kap(kanan)} = 1,25 \cdot M_{nak} = 1,25 \cdot 606,303 = 757,879 \text{ kNm}$$

menghitung gaya aksial rencana :

$$\begin{aligned} N_{u,k_x} &= \frac{0,7 \cdot R_v \cdot (M_{kap_{ki}} + M_{kap_{ka}})}{l} + 1,05 \cdot N_g \\ &= \frac{0,7 \cdot 1 \cdot (691,794 + 757,879)}{7,2} + 1,05 (2403,953 + 559,2235) \\ &= 3252,276 \text{ kN} \end{aligned}$$

tidak perlu melebihi :

$$\begin{aligned} N_{u,k_x} &= 1,05 (N_D + N_L + 4 \cdot N_E) \\ &= 1,05 (2403,953 + 559,2235 + 4 \cdot 171,7475) \\ &= 3832,675 \text{ kN} \end{aligned}$$

dipakai $N_{u,k_x} = 3252,276 \text{ kN}$

menghitung α :

Lantai 1

$$M_{E,K \text{ atas}} = 272,13 \text{ kNm}$$

$$M_{E,K \text{ bawah}} = -$$

Lantai 2

$$M_{E,K \text{ atas}} = 220,4 \text{ kNm}$$

$$M_{E,K \text{ bawah}} = 134,64 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{ka} = \frac{M_{E,k(lt+1atas)}}{M_{E,k(lt+1atas)} + M_{E,k(ltbawah)}} = \frac{272,13}{272,13 + 134,64} = 0,67$$

$$\alpha_{kb} = \frac{M_{E,k(ltbawah)}}{M_{E,k(lt+1atas)} + M_{E,k(ltbawah)}} = -$$

menghitung momen rancang kolom :

$$\begin{aligned} \mu_{u,k_x \text{ atas}} &= \frac{h}{hn} \omega d \cdot \alpha \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{l_{ki}}{l'_{ki}} M_{kap,ki} + \frac{l_{ka}}{l'_{ka}} M_{kap,ka} \right) \\ &= \frac{5,6}{5,25} \cdot 1,0 \cdot 0,67 \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{2,4}{1,925} \cdot 691,794 + \frac{7,2}{6,6} \cdot 757,879 \right) = 412,993 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\mu_{u,k_x \text{ bawah}} = 617,327 \text{ kNm}$$

tidak perlu melebihi :

$$\begin{aligned} \mu_{u,k} &= 1,05 (M_D + M_L + 4 \cdot M_E) = 1,05 (6,196 + 1,102 + 4 \cdot 235,499) \\ &= 996,759 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\mu_{u,k} \times \text{pakai} = 617,327 \text{ kNm}$$

b. .Perhitungan Arah Y

$$M_{kap(kiri)} = M_{kap(kanan)} = 1,25 \cdot 409,6256 = 512,032 \text{ kNm}$$

menghitung gaya aksial rencana :

$$\begin{aligned} N_{u,k_y} &= \frac{0,7 \cdot R_v \cdot (M_{kap_{ki}} + M_{kap_{ka}})}{l} + 1,05 \cdot N_g \\ &= \frac{0,7 \cdot 1 \cdot (512,032 + 512,032)}{7,2} + 1,05 (2403,953 + 559,2235) \end{aligned}$$

$$= 3210,897 \text{ kN}$$

tidak perlu melebihi :

$$\begin{aligned} Nu_{k_y} &= 1,05 (N_d + N_I + 4 \cdot N_e) \\ &= 1,05 (2403,953 + 559,224 + 4 \cdot 171,748) \\ &= 3832,675 \text{ kN} \end{aligned}$$

dipakai $Nu_{k_y} = 3210,897 \text{ kN}$

menghitung α : 128.0851

$$\alpha_{ka} = \frac{M_{E,k(lt+1atas)}}{M_{E,k(lt+1atas)} + M_{E,k(ltibawah)}} = \frac{128,085}{128,085 + 78,1} = 0,621$$

α bawah = -

menghitung momen rancang kolom :

$$\begin{aligned} Mu_{k_y \text{ atas}} &= \frac{h}{hn} \omega d \cdot \alpha \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{l_{ki}}{l'_{ki}} M_{kap, ki} + \frac{l_{ka}}{l'_{ka}} M_{kap, ka} \right) \\ &= \frac{5,6}{5,25} \cdot 1 \cdot 0,621 \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{7,2}{6,5} \cdot 512,032 + \frac{7,2}{6,5} \cdot 512,032 \right) \\ &= 529,092 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$Mu_{k_y \text{ bwh}} = 417,073 \text{ kNm}$$

tidak perlu melebihi :

$$\begin{aligned} Mu_{k_y} &= 1,05 (M_D + M_L + 4 \cdot M_E) = 1,05 (92,155 + 16,42 + 4 \cdot 340,63) \\ &= 1544,64 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$Mu_{k_y \text{ pakai}} = 417,073 \text{ kNm}$$

4.6.4 Perencanaan Penulangan Kolom

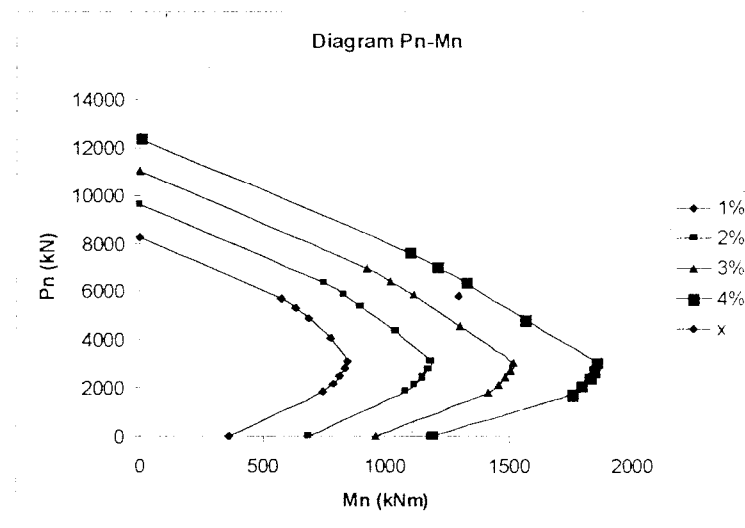
$$P_n = \frac{Pu}{\theta} = \frac{3779,5012}{0,65} = 5814,617 \text{ kN}$$

$$M_{nx} = \frac{M_{ux}}{\theta} = \frac{617,327}{0,65} = 949,734 \text{ kNm}$$

$$M_{ny} = \frac{M_{uy}}{\theta} = \frac{417,073}{0,65} = 641,65 \text{ kNm}$$

Digunakan M_{ox} untuk perencanaan .

$$\begin{aligned} M_{ox} \text{ perlu} &= M_{nx} + M_{ny} \left(\frac{b}{h} \right) \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right) \\ &= 949,734 + 641,65 \left(\frac{0,6}{0,6} \right) \left(\frac{1-0,65}{0,65} \right) \\ &= 1295,238 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Gambar 4.25 Grafik Pn-Mn

$$A_{st} = 0,036 \cdot 600 \cdot 600 = 11880 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{s'} = 0,5 \cdot A_{st} = 5940 \text{ mm}^2$$

$$\text{dipakai } 18D22 \text{ dengan } A_{s_{ada}} = A_{s'_{ada}} = 6842,39 \text{ mm}^2$$

Cek eksentrisitas balance (e_b)

$$X_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = 323,4 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot X_b = 0,85 \cdot 323,4 = 274,89 \text{ mm}$$

$$f_s = 600 \frac{(Xb - d')}{Xb} = 600 \frac{(323,4 - 61)}{323,4} = 486,83 \text{ MPa} > f_y = 400 \text{ MPa}$$

Dengan demikian digunakan $f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$

$$C_{cb} = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a_b = 0,85 \cdot 22,5 \cdot 600 \cdot 274,89 = 3154362,75 \text{ N}$$

$$C_{sb} = A_s' (f_s' - 0,85 \cdot f_c) = 5940 (400 - 0,85 \cdot 22,5) = 2262397,5 \text{ N}$$

$$T_{sb} = A_s \cdot f_y = 5940 \cdot 400 = 2376000 \text{ N}$$

$$P_{nb} = C_{cb} + C_{sb} - T_{sb} = 3154362,75 + 2262397,5 - 2376000$$

$$= 3154,363 \text{ N}$$

$$M_{nb} = C_{cb} \left[\frac{h}{2} - \frac{a_b}{2} \right] + C_{sb} \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_{sb} \left(d - \frac{h}{2} \right)$$

$$= 3154362,75 \left[\frac{600}{2} - \frac{274,89}{2} \right] + 2262397,5 \left(\frac{600}{2} - 61 \right)$$

$$+ 2376000 \left(539 - \frac{600}{2} \right)$$

$$= 1676,127 \text{ kNm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{1676,127}{3154,363} = 0,531$$

$$e = \frac{M_{ox}}{P_n} = \frac{1295,238}{5814,617} = 0,223$$

karena $e_b > e$ runtuh desak

Kontrol kekuatan kolom terhadap patah desak

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{d - d'} + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18}$$

$$\frac{6842,39 \cdot 400}{\frac{223}{539 - 61} + 0,5} + \frac{600 \cdot 600 \cdot 22,5}{\frac{3 \cdot 600 \cdot 223}{539^2} + 1,18}$$

$$= 5993,326 \text{ kN} > P_n = 5814,617 \text{ kN}$$

Hitung momen tahanan nominal M_{oxn} terhadap sumbu x bila $M_{oy} = 0$

$$a = \frac{P_n}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{5993,326 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 600} = 522,294 \text{ mm}$$

$$X = \frac{522,294}{0,85} = 614,464 \text{ mm}$$

$$f_s' = 600 \cdot \left(\frac{X - d'}{X} \right) = 600 \cdot \left(\frac{614,464 - 61}{614,464} \right) = 540,44 \text{ Mpa}$$

Pakai $f_s' = f_y = 400 \text{ Mpa}$

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a = 0,85 \cdot 22,5 \cdot 600 \cdot 522,294 = 5993323,65 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s' = 6842,39 \cdot 400 = 2736956 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 6842,39 \cdot 400 = 2736956 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_{oxn} &= C_c \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + C_s \cdot \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_s \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right) \\ &= 5993323,65 \cdot \left(\frac{600}{2} - \frac{522,294}{2} \right) + 2736956 \cdot \left(\frac{600}{2} - 61 \right) \\ &\quad + 2736956 \cdot \left(539 - \frac{600}{2} \right) \\ &= 1541,124 \text{ kNm} > M_{ox \text{ perlu}} = 1295,238 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Penampang diasumsikan bujur sangkar sehingga :

$$M_{oxn} = M_{oyn} = 1541,124 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{nx}}{M_{oxn}} = \frac{949,734}{1541,124} = 0,616$$

Dari diagram faktor kontur β untuk kolom segiempat yang mengalami lentur biaksial, dicoba $\beta = 0,5$ dengan $M_{nx} / M_{oxn} = 0,616$ didapat :

$$\frac{M_{ny}}{M_{oyn}} = 0,53$$

$$M_{ny} = 0,53 \cdot 1434,56 = 760,318 \text{ kNm} > M_{ny\text{perlu}} = 641,65 \text{ kNm} \text{ ..Ok}$$

4.6.5 Perencanaan Penulangan Geser

$$V_{u,k} = \frac{Mu_{k\text{atas}} + Mu_{k\text{bawah}}}{h'_k} = \frac{337,442 + 617,327}{5,25} = 181,8608 \text{ kN}$$

tidak perlu melebihi

$$V_{u,k} = 1,05 (V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4}{K} V_{E,k}) = 1,05 (12,79 + 1,83 + 4 \cdot 83,91)$$

$$= 367,773 \text{ kN}$$

$$V_{u,k} \text{ terpakai} = 181,8608 \text{ kN}$$

Daerah sendi plastis

$$d = 0,539 \text{ m}$$

$V_c = 0$ (pada daerah sendi plastis, V_c dianggap 0)

$$V_{u,k} \text{ terhit.} = \frac{h'_k - d}{h'_k} V_{u,k} \text{ terpakai} = \frac{5,25 - 0,539}{5,25} \cdot 181,8608 = 163,1897 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_{u,k} \text{ terhitung}}{\phi} = \frac{163,1897}{0,6} = 271,9829 \text{ kN}$$

$$\text{Dipakai sengkang D10 dengan } A_v = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 157,143 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak (S)} < \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,143 \cdot 240 \cdot 539}{271,9829 \cdot 10^3} = 74,74 \text{ mm}$$

$$< d/4 = 134,75 \text{ mm}$$

maka dipakai P10 - 70

Daerah luar sendi plastis

$$V_{u,k} \text{ terhitung} = 163,1897 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{u,k} \text{ terhitung}}{0,6} = \frac{163,1897}{0,6} = 271,9829 \text{ kN}$$

$$N_{u,k} = 5814,62 \text{ kN}$$

$$V_c = \left(1 + \frac{N_{u,k}}{14 \cdot A_g}\right) \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \left(1 + \frac{5814620}{14 \cdot 600 \cdot 600}\right) \frac{1}{6} \cdot \sqrt{22,5} \cdot 600 \cdot 539$$

$$= 551,1092 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_{u,k} \text{ terhitung}}{0,6} - V_c = 453,304 - 271,9829 = -279,1263 \text{ kN}$$

Karena beton sudah mampu untuk menahan geser maka jarak sengkang diambil jarak sejauh 200 mm.

maka dipakai P10–200

4.6.6 Pertemuan Balok Kolom

4.6.6.1 Pertemuan Balok Kolom Luar

1. Perhitungan gaya-gaya dalam

$$M_{nak,b} = 409,626 \text{ kNm}$$

$$M_{kap,b} = 1,25 \cdot M_{nak,b} = 1,25 \cdot 409,626 = 512,0325 \text{ kNm}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{L_{ki}}{L_{ki}} \cdot M_{kap,ki} + \frac{L_{ka}}{L_{ka}} \cdot M_{kap,ka} \right)}{\frac{1}{2} \cdot (h_{k,a} + h_{k,b})}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(0 + \frac{7,2}{6,6} \cdot 512,0325 \right)}{\frac{1}{2} \cdot (3,85 + 5,6)} = 84,026 \text{ kN}$$

$$T = 0,7 \cdot M_{kap,ka} / z_{ka}$$

$$d = 539 \text{ mm} = 0,539 \text{ m}$$

$$z_{ka} = 0,85 \cdot d = 0,85 \cdot 0,539 = 0,4582 \text{ m}$$

$$T = 0,7 \cdot 512,0325 / 0,4582 = 782,326 \text{ kN}$$

$$V_{j,h} = T - V_{kol} = 782,326 - 84,026 = 698,3 \text{ kN}$$

2. Kontrol tegangan geser horisontal minimal

$$V_{j,h} = \frac{V_{j,h}}{b_j \cdot h_c} \leq 1,5 \sqrt{f'c} \quad , \quad b_j = b = 600 \text{ mm}$$

$$V_{j,h} = \frac{698,3}{0,6 \cdot 0,6} = 1940 \text{ kN/m}^2$$

$$= 1,94 \text{ N/mm}^2 < 1,5 \cdot \sqrt{22,5} = 7,12 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$$

3. Penulangan geser horisontal

$$N_u = 3779,5012 \text{ kN}$$

$$\frac{N_u}{A_g} = \frac{3779,5012}{0,6 \cdot 0,6} = 10499 \text{ kN/m}^2$$

$$= 10,499 \text{ N/mm}^2 > 0,1 \cdot f'c = 0,474 \text{ Mpa}$$

$$V_{c,h} = 2/3 \cdot \sqrt{\left\{ \left(\frac{N_u, k}{A_g} \right) - 0,1 \cdot f'c \right\}} \cdot b_j \cdot h_c$$

$$V_{c,h} = 2/3 \cdot \sqrt{\left\{ \left(\frac{3779501,2}{600 \cdot 600} \right) - 0,1 \cdot 22,5 \right\}} \cdot 600 \cdot 600$$

$$= 689290 \text{ N} = 689,29 \text{ kN}$$

$$V_{s,h} + V_{c,h} = V_{j,h}$$

$$V_{s,h} = 698,3 - 689,29 = 9,011 \text{ kN}$$

$$A_{j,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y} = \frac{9011}{400} = 22,526 \text{ mm}^2$$

Digunakan sengkang rangkap P10 dengan $A_v = 314,159 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah lapis sengkang} = \frac{22,536}{314,159} = 0,082 = 2 \text{ lapis}$$

4. Penulangan geser vertikal

$$V_{c,v} = \frac{A_{sc}'}{A_{sc}} V_{j,h} \left(0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g \cdot f'_c} \right)$$

$$V_{c,v} = 1.698,3 \cdot 10^3 \left(0,6 + \frac{3779,5012 \cdot 10^3}{600.600.22,5} \right)$$

$$= 33002 \text{ N} = 33,002 \text{ kN}$$

$$V_{j,v} = d/hc \cdot V_{j,h} = 0,539/0,6 \cdot 698,3 = 627,306 \text{ kN}$$

$$V_{s,v} = V_{j,v} - V_{c,v} = 627,306 - 33,002 = 594,304 \text{ kN}$$

$$A_{j,v} = \frac{V_{s,v}}{f_y} = \frac{594304}{400} = 1485,761 \text{ mm}^2$$

pakai 4 D22 dengan $A_s = 1521,144 \text{ mm}^2 > 1485,761 \text{ mm}^2$

4.6.6.2 Pertemuan balok kolom dalam

1. Perhitungan gaya-gaya dalam

$$M_{nak,b \text{ kiri}} = 553,435 \text{ kNm}$$

$$M_{nak,b \text{ kanan}} = 606,303 \text{ kNm}$$

$$M_{kap,b \text{ kiri}} = 1,25 \cdot 553,435 = 691,794 \text{ kNm}$$

$$M_{kap,b \text{ kanan}} = 1,25 \cdot 606,303 = 757,879 \text{ kNm}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{L_{ki}}{L_{ki}} \cdot M_{kap,ki} + \frac{L_{ka}}{L_{ka}} \cdot M_{kap,ka} \right)}{\frac{1}{2} \cdot (h_{k,a} + h_{k,b})}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{7,2}{6,6} \cdot 691,794 + \frac{7,2}{6,6} \cdot 757,879 \right)}{\frac{1}{2} \cdot (3,85 + 5,6)} = 111,949 \text{ kN}$$

$$C_{ki} = 0,7 \cdot M_{kap,b \text{ ki}} / z_{ki} = 0,7 \cdot 691,794 / 0,4582 = 1056,981 \text{ kN}$$

$$T_{ka} = 0,7 \cdot M_{kap,b \text{ ka}} / z_{ka} = 0,7 \cdot 757,879 / 0,4582 = 1157,951 \text{ kN}$$

$$V_{j,h} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol}$$

$$= 1056,981 + 1157,951 - 111,949 = 2102,982 \text{ kN}$$

2. Kontrol tegangan geser horisontal

$$V_{j,h} = \frac{V_{j,h}}{b_j \cdot h_c} < 1,5 \sqrt{f'c} \quad ; \text{bj pakai } 600 \text{ mm}$$

$$V_{j,h} = \frac{2102,982}{0,6 \cdot 0,6} = 5842 \text{ kN/m}^2$$

$$= 5,842 \text{ N/mm}^2 < 1,5 \cdot \sqrt{22,5} = 7,115 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$$

3. Penulangan geser horisontal

$$N_{u,k} = 3779,5012 \text{ kN}$$

$$\frac{N_u}{A_g} = \frac{3779,5012}{0,6 \cdot 0,6} = 10499 \text{ kN/m}^2$$

$$= 10,499 \text{ N/m}^2 > 0,1 \cdot f'c = 2,25 \text{ Mpa}$$

$$V_{c,h} = 2/3 \cdot \sqrt{\left\{ \left(\frac{N_{u,k}}{A_g} \right) - 0,1 \cdot f'c \right\}} \cdot b_j \cdot h_c$$

$$V_{c,h} = 2/3 \cdot \sqrt{\left\{ \left(\frac{3779501,2}{600 \cdot 600} \right) - 0,1 \cdot 22,5 \right\}} \cdot 600 \cdot 600$$

$$= 689290 \text{ N} = 689,29 \text{ kN}$$

$$V_{s,h} + V_{c,h} = V_{j,h}$$

$$V_{s,h} = 2102,982 - 689,29 = 665,098 \text{ kN}$$

$$A_{j,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y} = \frac{665098}{400} = 1662,745 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai sengkang rangkap } A_v = 314,159 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah lapis sengkang} = 1662,74 / 314,159 = 5,291 = 6 \text{ lapis}$$

4. *Penulangan vertikal*

$$V_{c,v} = \frac{A_{sc}'}{A_{sc}} V_{j,h} \left(0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g \cdot f'c} \right)$$

$$V_{c,v} = 1.2102982 \left(0,6 + \frac{3779,5012}{600.600.22,5} \right)$$

$$= 99388 \text{ N} = 99,388 \text{ kN}$$

$$V_{j,v} = d/hc \cdot V_{j,h} = 539/600 \cdot 2102,982 = 1911,08 \text{ kN}$$

$$V_{s,v} = V_{j,v} - V_{c,v} = 1911,08 - 99,388 = 1811,692 \text{ kN}$$

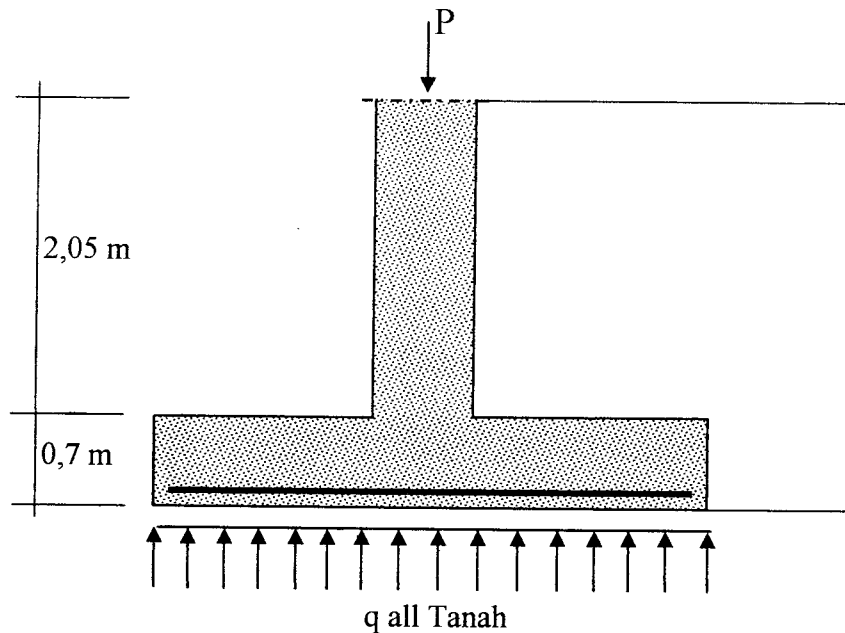
$$A_{j,v} = V_{s,v} / f_y = 1811,692 / 400 = 4529,23 \text{ mm}^2$$

pakai 8 D22 dengan $A_s = 3042,288 \text{ mm}^2 > 4529,23 \text{ mm}^2$

4.7 PERENCANAAN PONDASI

4.7.1 Perencanaan Dimensi Pondasi (P1)

1. Tinjauan Terhadap Beban Tetap



$$\sigma_{\text{tanah}} = 425 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{btanah}} = 15,64 \text{ KN/m}^3$$

$$F'c = 22,5 \text{ Mpa}$$

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

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Asumsi tebal pondasi (h) = 700 mm}$$

$$P = 1318,345 \text{ kN}$$

$$\text{Ukuran kolom : 600/600 mm}$$

$$M_x = 274,2178 \text{ kNm}$$

$$M_y = 326,3857 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{netto tanah}} &= \sigma_{\text{tanah}} - \Sigma(h \cdot \gamma_{\text{beton}}) - \Sigma(h \cdot \gamma_{\text{tanah}}) \\ &= 425 - (0,7 \cdot 24) - (2,05 \cdot 15,64) \\ &= 376,138 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Dimensi luas pelat pondasi : (terdapat momen yang bekerja pada arah x dan y)

$$\sigma_{\text{netto tanah}} = \frac{P}{A_{\text{perlu}}} + \frac{My}{1/6.Bx^2.By} + \frac{Mx}{1/6.By^2.Bx}$$

dicoba dengan nilai B = 2,7 m

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \frac{P}{\sigma_{\text{netto tanah}} - \left(\frac{My}{1/6.By^2.Bx} \right) - \left(\frac{Mx}{1/6.Bx^2.By} \right)} \\ &= \frac{1318,345}{376,138 - \left(\frac{274,2178}{1/6.2,7^2.2,7} \right) - \left(\frac{326,3857}{1/6.2,7^2.2,7} \right)} = 6,32 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Digunakan penampang bujur sangkar dengan :

$$P = L = \sqrt{6,32} = 2,61 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad P_{\text{ada}} = L_{\text{ada}} = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang pelat pondasi : } A_{\text{ada}} = P \times L = 2,7 \times 2,7 = 7,29 \text{ m}^2$$

Kontrol luas pelat pondasi dan tegangan yang terjadi :

$$A_{\text{ada}} = 7,29 \text{ m}^2 > A_{\text{perlu}} = 6,32 \text{ m}^2 \dots\dots\dots\text{Ok.}$$

Tegangan kontak yang terjadi di dasar pondasi :

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{netto tanah}} &= \frac{P}{A_{\text{ada}}} + \frac{My}{1/6.P^2.L} + \frac{Mx}{1/6.L^2.P} \\ \sigma_{\text{netto tanah}} &= \frac{1318,345}{7,29} + \frac{274,2178}{1/6.2,7^2.2,7} + \frac{326,3857}{1/6.2,7^2.2,7} \\ &= 363,926 \text{ NkN/m}^2 < \sigma_{\text{nettotanah}} = 376,138 \text{ kN/ m}^2 \dots\dots\dots\text{Aman.} \end{aligned}$$

Jarak pusat tulangan tarik ke serat tekan beton :

$$d = h - P_b - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{\text{tul. pokok}} = 700 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 619 \text{ mm}$$

2. Tinjauan Terhadap Beban Sementara

Eksentrisitas yang terjadi :

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{274,2178}{1318,345} = 0,2586 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{326,3857}{1318,345} = 0,208 \text{ m}$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{(L \cdot (P - 2 \cdot e_x)) + (P \cdot (L - 2 \cdot e_y))} \\ &= \frac{1318,345}{(2,7 \cdot (2,7 - 2 \cdot 0,2176)) + (2,7 \cdot (2,7 - 2 \cdot 0,208))} \\ &= 108,775 \text{ kNm} < 1,5 \cdot \sigma_{\text{netto}} = 1,5 \cdot 376,138 = 564,207 \text{ kNm} \dots\dots\text{Aman.} \end{aligned}$$

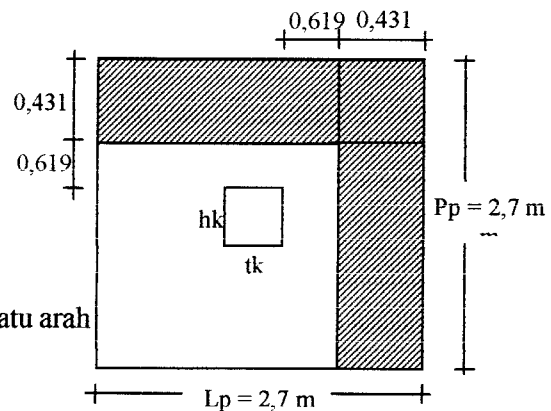
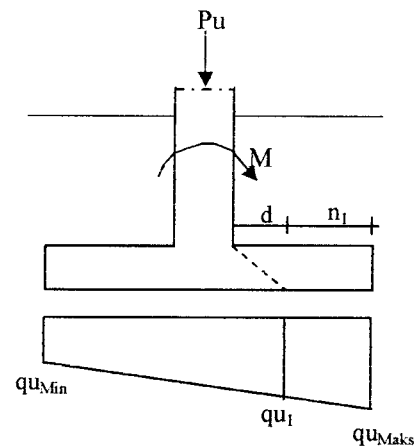
4.5.2 Perencanaan Geser Satu Arah

→ Ditinjau pada arah momen terbesar .

$$P_u = 1642,046 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = 369,4413 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 537,979 \text{ kNm}$$



Gambar 4.27 Pondasi dengan geser satu arah

$$n_1 = \frac{Lp - tk - 2.d}{2} = \frac{2,7 - 0,60 - 2 \cdot 0,619}{2} = 0,431 \text{ m}$$

Arah X

- Tegangan kontak yang terjadi :

$$\begin{aligned} q_{ux} &= \frac{P}{A_{ada}} \pm \frac{Mx}{1/6 \cdot L^2 \cdot P} \\ &= \frac{1642,046}{7,29} \pm \frac{537,979}{1/6 \cdot 2,7^2 \cdot 2,7} \end{aligned}$$

$$q_{ux_{max}} = 389,441 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ux_{min}} = 61,253 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_{u_m} &= \frac{(Lp - m) \cdot q_{ux_{max}} + m \cdot q_{ux_{min}}}{Lp} \\ &= \frac{(2,7 - 0,431) \cdot 389,441 + 0,431 \cdot 61,253}{2,7} = 336,883 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_{u_{terjadi}} = q_{ux_{max}} + q_{u_m} = 1/2 \cdot (389,441 + 336,883) = 363,061 \text{ kN/m}^2$$

- Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi :

$$V_u = q_{u_{terjadi}} \cdot n_1 \cdot L = 363,061 \cdot 0,431 \cdot 2,7 = 422,494 \text{ kN}$$

$$V_u / \phi = 422,494 / 0,6 = 704,157 \text{ kN}$$

- Kekuatan beton menahan geser:

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot L \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{22,5} \cdot 2,7 \cdot 0,619 \cdot 10^3 = 1321,279 \text{ kN}$$

- Kontrol gaya geser :

$$V_c = 1321,279 \text{ kN} \geq V_u / \phi = 704,157 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{Aman.}$$

Arah Y

- Tegangan kontak yang terjadi :

$$q_{uy} = \frac{P}{A_{ada}} \pm \frac{My}{1/6 \cdot L^2 \cdot P}$$

$$= \frac{1642,046}{7,29} \pm \frac{369,979}{1/6 \cdot 2,7^2 \cdot 2,7}$$

$$qu_{x_{\max}} = 337,864 \text{ kN/m}^2$$

$$qu_{x_{\min}} = 112,910 \text{ kN/m}^2$$

$$qu_m = \frac{(Lp - m) \cdot qu_{x_{\max}} + m \cdot qu_{x_{\min}}}{Lp}$$

$$= \frac{(2,7 - 0,431) \cdot 337,8648 + 0,431 \cdot 112,629}{2,7} = 301,910 \text{ kN/m}^2$$

$$qu_{x_{\text{terjadi}}} = qu_{x_{\max}} + qu_{x_m} = \frac{1}{2} \cdot (337,864 + 301,910) = 319,886 \text{ kN/m}^2$$

- Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi :

$$Vu = qu_{x_{\text{terjadi}}} \cdot n_1 \cdot L = 192,866 \cdot 0,431 \cdot 2,7 = 372,252 \text{ kN}$$

$$Vu/\phi = \frac{372,252}{0,6} = 620,420 \text{ kN}$$

- Kekuatan beton menahan geser:

$$Vc = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot L \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{22,5} \cdot 2,7 \cdot 0,619 \cdot 10^3 = 1321,279 \text{ kN}$$

- Kontrol gaya geser :

$$Vc = 1321,279 \text{ kN} \geq Vu/\phi = 620,420 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{Aman.}$$

4.5.3 Perencanaan Geser Dua Arah

→ Ditinjau pada arah momen terbesar.

$$x = hk + d$$

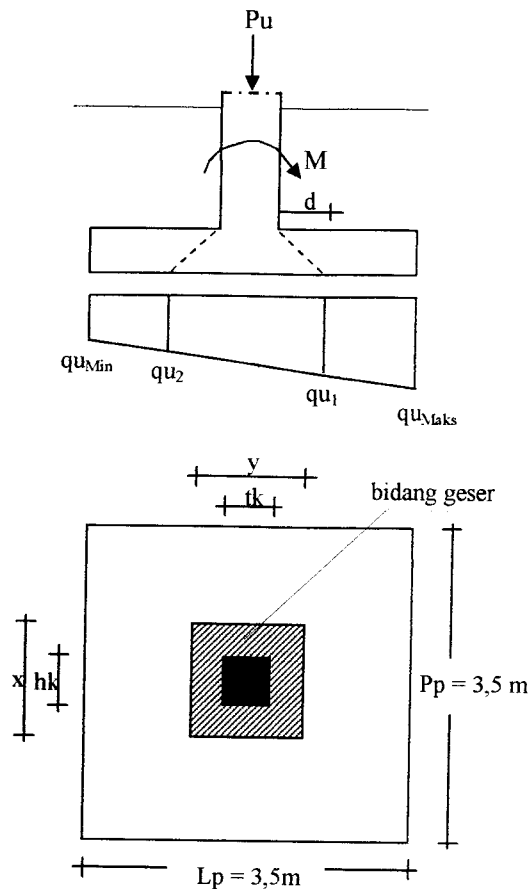
$$= 600 + 619$$

$$= 1219 \text{ mm} = 1,219 \text{ m}$$

$$y = tk + d$$

$$= 600 + 619$$

$$= 1219 \text{ mm} = 1,219 \text{ m}$$



Gambar 4.28 Pondasi dengan geser dua arah

- Tegangan kontak yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 q_u &= \frac{P}{A_{perlu}} \pm \frac{My}{1/6 \cdot Bx^2 \cdot By} \pm \frac{Mx}{1/6 \cdot By^2 \cdot Bx} \\
 &= \frac{1642,046}{7,29} \pm \frac{537,979}{1/6 \cdot 2,7^2 \cdot 2,7} \pm \frac{369,979}{1/6 \cdot 2,7^2 \cdot 2,7}
 \end{aligned}$$

$$q_{u_{\max}} = 501,857 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u_{\min}} = 51,364 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u_T} = \frac{1}{2} (q_{u_1} + q_{u_2}) = \frac{1}{2} (501,857 + 51,364) = 225,246 \text{ kN/m}^2$$

- Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi :

$$\begin{aligned}
 V_u &= q_{u_T} \cdot ((P_p \cdot L_p) - (x \cdot y)) \\
 &= 225,246 \cdot ((2,7 \cdot 2,7) - (1,219 \cdot 1,219)) = 1307,339 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$Vu/\phi = 1307,339/0,6 = 2178,898 \text{ kN}$$

- Kekuatan beton menahan geser :

$$\beta_c = \frac{\text{sisipanjang}}{\text{sisipendek}} = \frac{Pp}{Lp} = \frac{2,7}{2,7} = 1$$

$$b_o = 2 \cdot (x + y) = 2 \cdot (1219 + 1219) = 4876 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= (1 + \frac{2}{\beta_c}) \cdot (2 \cdot \sqrt{f'c}) \cdot b_o \cdot d \\ &= (1 + \frac{2}{1}) \cdot (2 \cdot \sqrt{22,5}) \cdot 4876 \cdot 619 \cdot 10^{-3} = 85900 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 4 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d \\ &= 4 \cdot \sqrt{22,5} \cdot 4876 \cdot 619 \cdot 10^{-3} = 57267,15 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kontrol gaya geser :

Digunakan nilai yang terkecil dari V_{c1} dan V_{c2} , yaitu $V_{c2} = 57267,15 \text{ KN}$

$$V_{c2} = 57267,15 \text{ KN} \geq Vu/\phi = 2178,898 \text{ kN} \dots \dots \dots \text{Aman.}$$

4.5.1.4 Kuat Tumpuan Pondasi

- Kuat tumpuan Pondasi :

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f'c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}})$$

$$\text{Luas pelat pondasi } (A_2) = P \cdot L = 2,7 \cdot 2,7 = 7,29 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas penampang kolom } (A_1) = h_k \cdot t_k = 0,60 \cdot 0,60 = 0,3600 \text{ m}^2$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{7,29}{0,3600}} = 4,5 > 2 \text{ (jika lebih besar dari 2, dipakai nilai 2)}$$

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f'c \cdot A_1 \cdot 2)$$

$$= 0,7 \cdot (0,85 \cdot 22,5 \cdot 360000 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 9639 \text{ kN}$$

- Kuat tumpuan kolom :

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot A_1)$$

$$= 0,7 \cdot (0,85 \cdot 22,5 \cdot 360000) \cdot 10^{-3} = 4819,5 \text{ kN}$$

- Kontrol kuat tumpuan :

$$\phi \cdot P_{n\text{pondasi}} = 9639 \text{ kN} > \phi \cdot P_{n\text{kolom}} = 4819,5 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{Aman.}$$

4.5.5 Perencanaan Tulangan Lentur Telapak Pondasi

Momen yang terjadi :

$$l = \frac{L_p - t_k}{2} = \frac{2,7 - 0,60}{2} = 1,05 \text{ m}$$

$$q_{u\text{maks}} = 501,8567 \text{ kN/m}^2$$

$$M_u = 0,5 \cdot q_{u\text{maks}} \cdot l^2 = 0,5 \cdot 501,857 \cdot 1,05 = 276,648 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{276,648}{0,8} = 345,811 \text{ kNm}$$

- Digunakan tulangan bagi \varnothing_{19} mm, sehingga luas tampang 1 tulangan pokok :

$$A_{1\varnothing} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2 = 283,385 \text{ mm}^2$$

- Tebal pelat pondasi : $h = 700$ mm, selimut beton (P_b) = 70 mm

$$d = h - P_b - 0,5 \cdot \varnothing_{\text{tul. pokok}} = 700 - 70 - 0,5 \cdot 19 = 620,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 22,5} = 20,915$$

Koefisien ketahanan (R_n), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d} = \frac{345,8115 \cdot 10^6}{1000 \cdot 620,5^2} = 0,898 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,00350$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 22,5 \cdot 0,85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0244$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0244 = 0,0183$$

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{20,915} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 20,915 \cdot 0,898}{400}} \right) = 0,0023 < \rho_{\max} = 0,0183$$

$$< \rho_{\min} = 0,00350$$

$$0,002 < 1,33 \rho_{\text{ada}} = 0,00306 > \rho_{\min}$$

.....sehingga dipakai : $\rho_{\min} = 0,00306$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,00306 \cdot 1000 \cdot 620,5 = 1898,73 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan :

$$s \leq \frac{A_{g1} \cdot b}{A_{s\text{perlu}}} = \frac{283,385 \cdot 1000}{1898,73} = 149,25 \text{ mm}$$

$$s \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 700 = 1400 \text{ mm}$$

$$s \leq 250 \text{ mm}$$

→ Dipakai Tulangan Pokok : D₁₉ – 140 mm

$$A_{s\text{aktual}} = \frac{A_{1\theta} \cdot 1000}{s} = \frac{379,94 \cdot 1000}{140} = 2024,1786 \text{ mm}^2$$

- Kontrol Kapasitas Lentur Pelat pondasi :

$$a = \frac{A_{s_{aktual}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f \cdot c \cdot b} = \frac{2024,1785 \cdot 400}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 1000} = 42,3358 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{aktual}} \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$= 2024,1785 \cdot 400 (620,5 - \frac{42,3358}{2})$$

$$= 485,2621 \text{ kNm} \geq \frac{M_u}{\phi} = 345,8107 \text{ kNm} \dots\dots\dots\text{Aman.}$$

Perencanaan Tulangan Susut Pondasi

$$A_{s_{susut}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 700 = 1400 \text{ mm}^2$$

- Digunakan tulangan bagi $\varnothing 12$ mm, sehingga luas tampang 1 tulangan susut :

$$A_{1\varnothing} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan susut :

$$s \leq \frac{A_{\varnothing 1} \cdot b}{A_{s_{susut}}} = \frac{113,04 \cdot 1000}{1400} = 80,7428 \text{ mm} \approx 80 \text{ mm}$$

→ Dipakai Tulangan Susut : P₁₂ – 80 mm

Perencanaan Pondasi	
Bujur sangkar	
σ tanah (KN/m ²)	425
f_c (MPa)	22.5
f_y (MPa)	400
γ_b beton (KN/m ³)	24
γ_b tanah (KN/m ³)	15.64
P (KN)	1318.345
Mx (KNm)	274.2178
My (KNm)	326.3857
h kolom (mm)	2.05
t kolom (mm)	0.6
tebal pelat (h) (mm)	0.7
σ netto tanah (KN/m ²)	376.138
Dicoba nilai B (m)	2.7
A perlu (m ²)	6.828854026
B perlu	2.613207613
B ada	2.7
A ada (m ²)	7.29
σ kontak	363.9258497
Kontrol tegangan $\sigma_{netto\ tanah} \geq \sigma_{kontak}$	
AMAN	
Pb (mm)	70
θ tul.pokok (mm)	22
d (mm)	619.00

Tinjauan Beban Sementara	
P (KN)	1318.345
Mx (KNm)	326.3857
My (KNm)	274.2178
ex (m)	0.247572297
ey (m)	0.208001547
B ada	2.7
σ netto tanah (KN/m ²)	376.138
1,5. $\sigma_{netto\ tanah}$ (KN/m ²)	564.207
σ kontak (KN/m ²)	108.7752263
Kontrol 1,5 $\sigma_{netto\ tanah} \geq \sigma_{kontak}$	
AMAN	

Perencanaan Geser 1 Arah	
P (KN)	1642.046
Mx (KNm)	537.979
My (KNm)	369.4413
t kolom (mm)	0.6
d (mm)	619.00
m (m)	0.431
ex (m)	0.247572297
ey (m)	0.208001547
L (m)	2.7
f_c (MPa)	22.5
Perencanaan Geser Arah X	
qux max (KN/m ²)	389.2393538
qux min (KN/m ²)	61.25337601
qux m (KN/m ²)	336.8830736
qux terjadi (KN/m ²)	363.0612137
Vu (KN)	422.4943344
Vu/ ϕ (KN)	704.1572239
Vc (KN)	1321.278663
kontrol Vc > Vu/ϕ	
AMAN	
Perencanaan Geser 1 Arah (y)	
quy max (KN/m ²)	337.8637403
quy min (KN/m ²)	112.6289895
quy m (KN/m ²)	301.9096004
quy terjadi (KN/m ²)	319.8866704
Vu (KN)	372.2521183
Vu/ ϕ (KN)	620.4201972
Vc (KN)	1321.278663
kontrol Vc > Vu/ϕ	
AMAN	

Perencanaan Geser 2 Arah	
P (KN)	1642.046
Mx (KNm)	537.979
My (KNm)	369.4413
t kolom (mm)	0.6
d (mm)	619.00
m (m)	0.431
L (m)	2.7
x (m)	1.219

y (m)	1.219
f _c (MPa)	22.5
q _u max (KN/m ²)	501.8567292
q _u min (KN/m ²)	-
q _{u1} (KN/m ²)	51.36399939
q _{u2} (KN/m ²)	413.5463092
q _u terjadi (KN/m ²)	36.94642061
V _u (KN)	225.2463649
V _u /φ (KN)	1307.338686
β _c	2178.897811
b _o (mm)	1.0
V _{c1} (KN)	4876
V _{c2} (KN)	85900.7302
V _c pakai(KN)	57267.1534
Kontrol V_u/φ ≤ V_c pakai	
AMAN	

Kuat tumpuan pondasi	
luas pondasi/A2 (m ²)	7.2900
luas Kolom/A3 (m ²)	0.3600
(A2/A3) ^{0,5}	4.5000
jika lebih besar dari 2, dipakai nilai 2	
φP _n (KN)	9639.0
Kuat tumpuan kolom	
φP _n (KN)	4819.5
Kontrol φP_n kolom ≤ φPN pondasi	
AMAN	

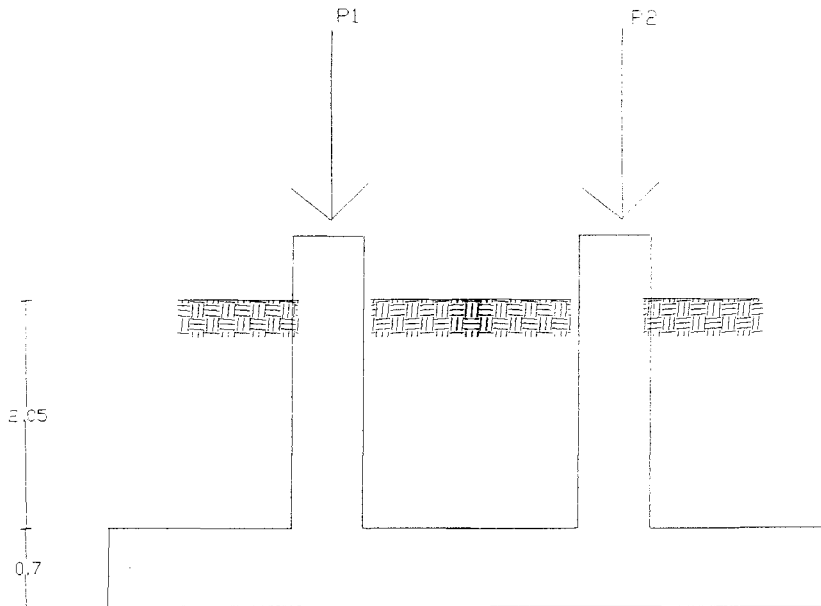
Tul Lentur sisi Panjang arah X	
q _{ux} (KN/m ²)	501.8567
L (m)	2.70
h kolom (m)	0.60

l ₁ (m)	1.05
Mu ₁ (KNm)	276.6485
Mu _Ø (KNm)	345.8107
tebal pelat/h (mm)	700
P _b (mm)	70
d (mm)	620.50
f _c (MPa)	22.5
f _y (MPa)	400
β ₁	0.85
m	20.9150
R _n (MPa)	0.8982
ρ _b	0.02438
ρ _{min}	0.00350
ρ _{maks}	0.01829
ρ	0.00230
1,33.ρ	0.00306
ρ _{pakai}	0.00306
As perlu (mm ²)	1898.7300
dtul.pokok (mm)	19
A _{1d} .pokok (mm ²)	283.3850
jr _k tul. pokok/s (mm)	149.2498
jr _k tul. pakai/s (mm)	140
tul pokok pakai	P19 - 140
As aktual (mm ²)	2024.1786
a (mm)	42.3358
M _n (kNm)	485.2621
Kontrol M_n ≥ Mu/Ø	
AMAN	
dtul.susut (mm)	12
A _{1d} .susut (mm ²)	113.0400
As susut (mm ²)	1400.0000
jr _k tul. susut/s (mm)	80.7429
jr _k tul. pakai/s (mm)	80
tul pokok pakai	P12 - 80

4.5.2 Pondasi Gabungan

4.5.2.1 Perencanaan Dimensi Pondasi

1. Tinjauan Terhadap Beban Tetap



Gambar 4.29 Penampang pondasi

$$\sigma_{\text{tanah}} = 425 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{tanah}} = 15,64 \text{ KN/m}^3$$

$$f'_c = 22,5 \text{ Mpa}$$

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

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Asumsi tebal pondasi (h) = 700 mm}$$

$$P_1 = 1041,975 \text{ kN}$$

$$\text{Ukuran kolom : 600/600 mm}$$

$$M_{x1} = 181,9573 \text{ kNm}$$

$$M_{y1} = 320,2238 \text{ kNm}$$

$$P_2 = 2094,646 \text{ kN}$$

$$M_{x2} = 254,9642 \text{ kNm}$$

$$M_{y2} = 331,1364 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{netto tanah}} &= \sigma_{\text{tanah}} - \Sigma(h \cdot \gamma_{\text{beton}}) - \Sigma(h \cdot \gamma'_{\text{tanah}}) \\ &= 425 - (0,7 \cdot 24) - (2,05 \cdot 15,64) \\ &= 376,138 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$R = P_1 + P_2 = 1041,975 + 2094,646 = 3136,621 \text{ kN}$$

$$R \cdot r_1 = P_2 \cdot r$$

$$r_1 = 2094,646 \cdot 2,275 / 3136,621 = 1,51925 \text{ m}$$

$$r_2 = 2,275 - 1,51925 = 0,75575 \text{ m}$$

$$e_x = 2,275 - 0,75575 = 0,38175 \text{ m}$$

$$e_y = 0$$

$$M_{x_{\text{tot}}} = 181,9573 + 254,9642 = 436,9215 \text{ kNm}$$

$$M_{y_{\text{tot}}} = 320,2238 + 331,1364 = 651,360 \text{ kNm}$$

Dimensi luas pelat pondasi : (terdapat momen yang bekerja pada arah x dan y)

$$\sigma_{\text{netto tanah}} = \frac{R}{B_x \cdot B_y} + \frac{M_y}{1/6 \cdot B_x^2 \cdot B_y} + \frac{M_x}{1/6 \cdot B_y^2 \cdot B_x}$$

dicoba dengan nilai $B_x = 7 \text{ m}$ dan $B_y = 2,8 \text{ m}$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{nettotanah}} &= \frac{3136,621}{6 \cdot 2,8} + \frac{651,360}{1/6 \cdot 7^2 \cdot 2,8} + \frac{1634,335}{1/6 \cdot 2,8^2 \cdot 7} \\ &= 353,211 \text{ kN/m}^2 \geq 376,138 \text{ kN/m}^2 \text{ oke !}\end{aligned}$$

Jarak pusat tulangan tarik ke serat tekan beton :

$$d = h - P_b - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{\text{tul. pokok}} = 700 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 619 \text{ mm}$$

2. Tinjauan Terhadap Beban Sementara

Eksentrisitas yang terjadi :

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{1634,335}{3136,621} = 0,521 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{My}{P} = \frac{651,360}{3136,621} = 0,2077 \text{ m}$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{(L.(P - 2.ex)) + (P.(L - 2.ey))} \\ &= \frac{3136,621}{(2,8.(7 - 2.0,521)) + (7.(2,8 - 2.0,2077))} \end{aligned}$$

$$= 102,029 \text{ kNm} < 1,5.\sigma_{\text{netto}} = 1,5. 376,138 = 564,207 \text{ kNm} \dots\dots\dots\text{Aman.}$$

4.5.2 Perencanaan Geser Satu Arah

→ Ditinjau pada arah momen terbesar .

$$P_u = 2421,114 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = 265,7201 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 349,0082 \text{ kNm}$$

Arah X

• Tegangan kontak yang terjadi :

$$\begin{aligned} q_{ux} &= \frac{P}{A_{ada}} \pm \frac{Mx}{1/6.L^2.P} \\ &= \frac{22421,114}{7,2,8} \pm \frac{265,720}{1/6.2,8^2.7} \end{aligned}$$

$$q_{ux_{\max}} = 135,147 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ux_{\min}} = 111,906 \text{ kN/m}^2$$

$$n_1 = \frac{(Lp - r) - tk - 2.d}{2} = \frac{7 - 2,275 - 0,60 - 2.0,619}{2} = 1,4435 \text{ m}$$

$$q_{u_m} = \frac{(Lp - m).q_{ux_{\max}} + m.q_{ux_{\min}}}{Lp}$$

$$= \frac{(7 - 1,4435) \cdot 135,147 + 1,4435 \cdot 111,906}{7} = 130,354 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ux_{\text{terjadi}}} = q_{ux_{\text{max}}} + q_{ux_{\text{m}}} = \frac{1}{2} \cdot (135,147 + 130,354) = 132,750 \text{ kN/m}^2$$

- Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi :

$$V_u = q_{u_{\text{terjadi}}} \cdot n_1 \cdot L = 132,750 \cdot 1,4435 \cdot 7 = 1341,376 \text{ kN}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{1341,3761}{0,6} = 2235,626 \text{ kN}$$

- Kekuatan beton menahan geser:

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot L \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{22,5} \cdot 7 \cdot 0,619 \cdot 10^3 = 3425,537 \text{ kN}$$

- Kontrol gaya geser :

$$V_c = 3425,537 \text{ kN} \geq \frac{V_u}{\phi} = 2235,626 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{Aman.}$$

Arah Y

- Tegangan kontak yang terjadi :

$$q_{ux} = \frac{P}{A_{ada}} \pm \frac{My}{1/6 \cdot L^2 \cdot P}$$

$$= \frac{2421,114}{7,2,8} \pm \frac{349,0082}{1/6 \cdot 7^2 \cdot 2,8}$$

$$q_{ux_{\text{max}}} = 138,789 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ux_{\text{min}}} = 108,263 \text{ kN/m}^2$$

$$n_1 = \frac{Lp - tk - 2 \cdot d}{2} = \frac{7 - 0,60 - 2 \cdot 0,619}{2} = 0,481 \text{ m}$$

$$q_{u_m} = \frac{(Lp - m) \cdot q_{ux_{\text{max}}} + m \cdot q_{ux_{\text{min}}}}{Lp}$$

$$= \frac{(2,8 - 0,481) \cdot 138,789 + 0,481 \cdot 108,263}{2,8} = 133,545 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ux_{\text{terjadi}}} = q_{ux_{\text{max}}} + q_{ux_{\text{m}}} = \frac{1}{2} \cdot (138,7898 + 133,545) = 136,167 \text{ kN/m}^2$$

- Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi :

$$V_u = q_{u, \text{terjadi}} \cdot n_1 \cdot L = 136,167 \cdot 0,481 \cdot 2,8 = 183,390 \text{ kN}$$

$$V_u / \phi = 183,390 / 0,6 = 305,650 \text{ kN}$$

- Kekuatan beton menahan geser:

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot L \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{22,5} \cdot 2,8 \cdot 0,619 \cdot 10^3 = 5256,551 \text{ kN}$$

- Kontrol gaya geser :

$$V_c = 5256,551 \text{ kN} \geq V_u / \phi = 305,650 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{Aman.}$$

4.5.3 Perencanaan Geser Dua Arah

→ Ditinjau pada arah momen terbesar.

$$x = h_k + d = 600 + 619$$

$$= 1219 \text{ mm} = 1,219 \text{ m}$$

$$y = t_k + d = 600 + 619$$

$$= 1219 \text{ mm} = 1,219 \text{ m}$$

- Tegangan kontak yang terjadi :

$$q_u = \frac{P}{A_{\text{perlu}}} \pm \frac{My}{1/6 \cdot Bx^2 \cdot By} \pm \frac{Mx}{1/6 \cdot By^2 \cdot Bx}$$

$$= \frac{2421,114}{7 \cdot 2,8} \pm \frac{265,720}{1/6 \cdot 2,8^2 \cdot 7} \pm \frac{349,008}{1/6 \cdot 7^2 \cdot 2,8}$$

$$q_{u_{\text{max}}} = 167,84 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u_{\text{min}}} = 79,212 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u_T} = 1/2 (q_{u_1} + q_{u_2}) = 1/2 (167,84 + 79,212) = 123,526 \text{ kN/m}^2$$

- Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi :

$$V_u = q_{uT} \cdot ((P_p \cdot L_p) - (x \cdot y))$$

$$= 123,526 \cdot ((7 \cdot 2,8) - (1,219 \cdot 1,219)) = 2237,559 \text{ kN}$$

$$V_u / \phi = 2237,599 / 0,6 = 3729,265 \text{ kN}$$

- Kekuatan beton menahan geser :

$$\beta_c = \frac{\text{sisipanjang}}{\text{sisipendek}} = \frac{P_p}{L_p} = \frac{7}{2,8} = 2,5$$

$$b_o = 2 \cdot (x + y) = 2 \cdot (1219 + 1219) = 4876 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) \cdot (2 \cdot \sqrt{f'c}) \cdot b_o \cdot d$$

$$= (1 + \frac{2}{2,5}) \cdot (2 \cdot \sqrt{22,5}) \cdot 4876 \cdot 619 \cdot 10^{-3} = 51540,438 \text{ kN}$$

$$V_{c2} = 4 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$= 4 \cdot \sqrt{22,5} \cdot 4876 \cdot 619 \cdot 10^{-3} = 57267,15 \text{ kN}$$

- Kontrol gaya geser :

Digunakan nilai yang terkecil dari V_{c1} dan V_{c2} , yaitu $V_{c2} = 57267,15 \text{ KN}$

$$V_{c2} = 51540,438 \text{ KN} \geq V_u / \phi = 3729,265 \text{ KN} \dots \dots \dots \text{Aman.}$$

4.5.4 Kuat Tumpuan Pondasi

- Kuat tumpuan Pondasi :

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}})$$

$$\text{Luas pelat pondasi } (A_2) = P \cdot L = 7 \cdot 2,8 = 19,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas penampang kolom } (A_1) = h_k \cdot t_k = 0,60 \cdot 0,60 = 0,3600 \text{ m}^2$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{19,6}{0,3600}} = 7,3786 > 2 \text{ (jika lebih besar dari 2, dipakai nilai 2)}$$

$$\begin{aligned}\phi \cdot P_n &= \phi \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot A_1 \cdot 2) \\ &= 0,7 \cdot (0,85 \cdot 22,5 \cdot 360000 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 9639 \text{ kN}\end{aligned}$$

- Kuat tumpuan kolom :

$$\begin{aligned}\phi \cdot P_n &= \phi \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot A_1) \\ &= 0,7 \cdot (0,85 \cdot 22,5 \cdot 360000) \cdot 10^{-3} = 4819,5 \text{ KN}\end{aligned}$$

- Kontrol kuat tumpuan :

$$\phi \cdot P_{n\text{pondasi}} = 9639 \text{ kN} > \phi \cdot P_{n\text{kolom}} = 4819,5 \text{ kKN} \dots\dots\dots \text{Aman.}$$

4.5.5 Perencanaan Tulangan Telapak Pondasi

Momen yang terjadi :

$$l = \frac{Lp - tk}{2} = \frac{7 - 0,60}{2} = 3,2 \text{ m}$$

$$q_{u\text{maks}} = 167,84 \text{ kN/m}^2$$

$$M_u = 0,5 \cdot q_{u\text{maks}} \cdot l^2 = 0,5 \cdot 167,84 \cdot 3,2^2 = 859,341 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{859,341}{0,8} = 1074,176 \text{ kNm}$$

- Digunakan tulangan bagi \emptyset_{22} mm, sehingga luas tampang 1 tulangan pokok :

$$A_{1\emptyset} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 = 490,625 \text{ mm}^2$$

- Tebal pelat pondasi : $h = 700$ mm, selimut beton (P_b) = 70 mm

$$d = h - P_b - 0,5 \cdot \emptyset_{\text{tul. pokok}} = 700 - 70 - 0,5 \cdot 25 = 617,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 22,5} = 20,915$$

Koefisien ketahanan (R_n), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{Mu / \phi}{b.d} = \frac{1074,176.10^6}{1000.619^2} = 0,7253 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,00350$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 22,5 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} = 0,0244$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0244 = 0,0183$$

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{20,915} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 20,915 \cdot 0,7253}{400}} \right) = 0,00766 < \rho_{\max} = 0,0183$$

$$< \rho_{\min} = 0,00350$$

.....sehingga dipakai : $\rho_{\text{aktual}} = 0,00766$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,00766 \cdot 1000 \cdot 617,5 = 4730,05 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan :

$$s \leq \frac{A_{\theta_1} \cdot b}{A_{S_{\text{perlu}}}} = \frac{490,625 \cdot 1000}{4730,05} = 103,725 \text{ mm}$$

$$s \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 700 = 1400 \text{ mm}$$

$$s \leq 250 \text{ mm}$$

→ **Dipakai Tulangan Pokok : D₂₅ – 100 mm**

$$A_{S_{\text{aktual}}} = \frac{A_{\theta} \cdot 1000}{s} = \frac{490,625 \cdot 1000}{100} = 4906,25 \text{ mm}^2$$

- Kontrol Kapasitas Lentur Pelat pondasi :

$$a = \frac{A_{s_{\text{aktual}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f \cdot c \cdot b} = \frac{4906,25 \cdot 400}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 1000} = 102,614 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{\text{aktual}}} \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$= 4906,25 \cdot 400 (617,5 - \frac{102,614}{2})$$

$$= 1111,1564 \text{ kNm} \geq \frac{M_u}{\phi} = 1074,176 \text{ kNm} \dots\dots\dots\text{Aman.}$$

Perencanaan Tulangan Susut Pondasi

$$A_{s_{\text{susut}}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 700 = 1400 \text{ mm}^2$$

- Digunakan tulangan bagi $\varnothing 12$ mm, sehingga luas tampang 1 tulangan susut :

$$A_{1\varnothing} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan susut :

$$s \leq \frac{A_{\varnothing 1} \cdot b}{A_{s_{\text{susut}}}} = \frac{113,04 \cdot 1000}{1400} = 80,7428 \text{ mm} \approx 80 \text{ mm}$$

→ Dipakai Tulangan Susut : P₁₂ – 80 mm

265.7
349.0
0.6
619.
1.44
7
2.8
1.21
1.21
22.
173.303
79.2124
124.796
127.719
126.257
802.248
1337.08
1.0
4870
85900.7
57267.1
57267.1
AMA

pondasi
19.600
0.360
7.378
dipakai nil
9639.
kolom
4819.
φPN pond

ang arah

Perencanaan Pondasi	
σ tanah (KN/m ²)	425
f _c (MPa)	22.5
f _y (MPa)	400
γ _b beton (KN/m ³)	24
γ _b tanah (KN/m ³)	15.64
P1 (KN)	1041.975
MX1 (KNm)	181.9573
MY1 (KNm)	320.2238
P2 (KN)	2094.646
MX2 (KNm)	254.9642
MY2 (KNm)	331.1364
R (KN)	3136.621
r	2.275
r1	1.519252613
r2	0.755747387
e _x	0.381752613
e _y	0
M _x total	436.9215
M _y total	651.3602
h kolom (mm)	2.05
t kolom (mm)	0.6
tebal pelat (h) (mm)	0.7
σ netto tanah (KN/m ²)	376.138
Dicoba nilai B _x (m)	7
Dicoba nilai B _y (m)	2.8
σ kontak	367.1977379
Kontrol tegangan	AMAN
P _b (mm)	70
θ tul.pokok (mm)	22
d (mm)	619.00

Tinjauan Beban Sementara	
R (KN)	3136.621
M _x (KNm)	436.9215
M _y (KNm)	651.3602
e _x (m)	0.381752613
e _y (m)	0
M _x total (KNm)	1634.334763
M _y total (KNm)	651.3602
B _x	7

B _y	2.8
σ netto tanah (KN/m ²)	376.138
1,5.σnetto tanah(KN/m ²)	564.207
σ kontak (KN/m ²)	92.64741
Kontrol	AMAN

Perencanaan Geser 1 Arah	
P	2421.114
M _x	265.7201
M _y	349.0082
t kolom (mm)	0.6
d (mm)	619.00
m (m)	1.4435
e _x (m)	0.521049487
e _y (m)	0.207663023
B _x eff	7
B _y eff	2.8
f _c (MPa)	22.5

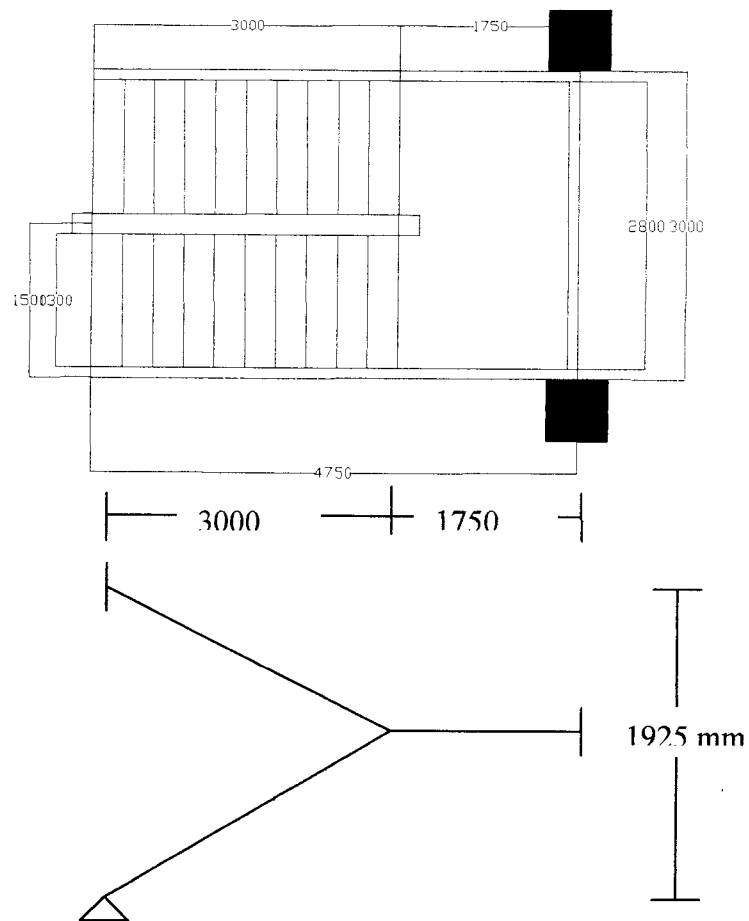
Perencanaan Geser Arah X	
q _{ux} max (KN/m ²)	135.146637
q _{ux} min (KN/m ²)	111.905812
q _{ux} m (KN/m ²)	130.3540469
q _{ux} terjadi (KN/m ²)	132.750342
V _u (KN)	1341.37583
V _u /φ (KN)	2235.626384
V _c (KN)	3425.537275
V _c > V _u /φ	AMAN

Perencanaan Geser 1 Arah (y)	
q _{ux} max (KN/m ²)	161.6830977
q _{ux} min (KN/m ²)	85.36935131
q _{ux} m (KN/m ²)	157.233425
q _{ux} terjadi (KN/m ²)	159.4582613
V _u (KN)	644.4984006
V _u /φ (KN)	1074.164001
V _c (KN)	5256.55111
V _c > V _u /φ	AMAN

Perencanaan Geser 2 Arah	
P (KN)	2421.114

4.8 PERENCANAAN TANGGA

Perencanaan tangga meliputi perencanaan optrede dan antrede, pembebanan tangga dan bordes, penulangan pelat tangga dan bordes, dan penulangan balok bordes.



Gambar 4.30 Detail tangga

4.8.1 Spesifikasi Struktur

1. Tinggi antar lantai (h) = 3,85 m = 385 cm
2. Sudut kemiringan tangga = $\text{tg } \alpha = 192,5/300 = 0,642$

$$\alpha = 32,7^\circ$$

3. Tinggi oprade rencana diambil 19 cm

$$\text{Jumlah oprade} = 385/18 = 21,3 \text{ dipakai } 22 \text{ buah}$$

$$\text{Tinggi oprade pakai} = 385/22 = 17,5 \text{ cm}$$

4. Jumlah antrade = $22 - 2 = 20$ buah

$$\text{Diambil panjang antrade} = 30 \text{ cm}$$

5. Panjang tangga (Lo)

$$\text{Lo} = (\text{Panjang antrade} \times \text{jml antrade}/2) + \text{LB}$$

$$= (30 \times 20/2) + 175 = 475 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar bersih tangga} = 150 \text{ cm}$$

6. Tebal pelat diambil 15 cm

7. Beban sandaran tangga :

$$\text{Tinggi sandaran} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Tebal sandaran} = 0,12 \text{ m}$$

$$\text{Beban sandaran total} = (0,12 \cdot 1 \cdot 24 \cdot 2)/1,5 = 3,29 \text{ kN/m}^2$$

4.6.2 Pembebanan

4.6.2.1 Pembebanan bordes

- Beban mati

$$\text{- Berat sendiri pelat} = 0,15 \cdot 24 = 3,60 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Berat spesi} = 3 \cdot 0,24 = 0,72 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Berat keramik} = 1 \cdot 0,20 = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Sandaran} = \underline{3,29 \text{ kN/m}^2} +$$

$$Q_D = 7,81 \text{ kN/m}^2$$

- Beban hidup

$$Q_L = 300 \text{ Kg/m}^2 = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_u = 1,2 \cdot Q_D + 1,6 \cdot Q_L = 1,2 \cdot 7,81 + 1,6 \cdot 3 = 14,17 \text{ KN/m}^2$$

$$q_u = 14,17 \cdot 1,75 = 24,80 \text{ kN/m}$$

4.6.2.2 Pembebanan Tangga

- Beban mati

$$\text{- Berat sendiri tangga} = \left(\frac{0,15}{\cos 32,7^\circ} + \frac{0,175}{2} \right) \cdot 24 = 6,38 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Spesi} = 3 \cdot 0,24 = 0,72 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Lantai keramik} = 1 \cdot 0,20 = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Sandaran} = \underline{3,29 \text{ kN/m}^2} +$$

$$Q_D = 10,59 \text{ kN/m}^2$$

- Beban hidup

$$Q_L = 300 \text{ Kg/m}^2 = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_u = 1,2 \cdot Q_D + 1,6 \cdot Q_L = 1,2 \cdot 10,59 + 1,6 \cdot 3 = 17,51 \text{ kN/m}^2$$

$$q_u = 17,51 \cdot 1,75 = 30,64 \text{ kN/m}$$

4.6.3 Penulangan Tangga

4.6.3.1 Perhitungan pelat bordes

$$M_u \text{ maks} = 26,18 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{26,18}{0,8} = 32,725 \text{ kNm}$$

Digunakan tulangan $\varnothing 13 \text{ mm}$, sehingga luas tampang 1 tulangan pokok :

$$A_{1\varnothing} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2 = 132,73 \text{ mm}^2$$

tebal pelat tangga = 150 mm, selimut beton (pb) = 20 mm

$$d = h - P_b - 0,5 \cdot \varnothing_{\text{tul. pokok}} = 150 - 20 - 0,5 \cdot 13 = 123,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 22,5} = 20,915$$

Koefisien ketahanan (Rn), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d} = \frac{32,725 \cdot 10^6}{1000 \cdot 123,5^2} = 2,146 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 22,5 \cdot 0,85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0244$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0244 = 0,0183$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{aktual}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{20,915} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 20,915 \cdot 2,146}{400}} \right) = 0,00571 < \rho_{\max} = 0,0183 \\ &> \rho_{\min} = 0,0035 \end{aligned}$$

sehingga dipakai : $\rho_{\text{perlu}} = 0,00571$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,00571 \cdot 1000 \cdot 123,5 = 705,185 \text{ m}^2$$

$$\text{Jarak antar tulangan : } s \leq \frac{A_{01} \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} = \frac{132,73 \cdot 1000}{705,185} = 188,22 \text{ mm}$$

$$s \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 150 = 300 \text{ mm}$$

$$s \leq 250 \text{ mm}$$

→ Dipakai Tulangan Pokok : D13 – 180 mm

$$A_{s_{\text{aktual}}} = \frac{A_{1\theta} \cdot 1000}{s} = \frac{132,73 \cdot 1000}{180} = 737,39 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Lentur Pelat tangga :

$$a = \frac{A_{s_{\text{aktual}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_{c.b}} = \frac{737,39 \cdot 400}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 1000} = 15,423 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{s_{\text{aktual}}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 737,39 \cdot 400 \left(123,5 - \frac{15,423}{2}\right) \\ &= 34,15 \text{ kNm} \geq \frac{M_u}{\phi} = 32,725 \text{ kNm} \dots\dots\dots\text{Ok.} \end{aligned}$$

Tulangan bagi pelat bordes

$$A_s \text{ bagi} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan } \varnothing 8 \text{ dengan } A_{1\text{tul}} = 50,265 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan} = s = \frac{A_{1\text{tul}} \cdot 1000}{A_{s \text{ bagi}}} = \frac{50,265 \cdot 1000}{300} = 167,55 \text{ mm}$$

Dipakai P8-150

4.6.3.2 Perhitungan pelat tangga

$$M_u \text{ maks} = 33,69 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{33,69}{0,8} = 42,11 \text{ kNm}$$

Digunakan tulangan bagi $\varnothing 16$ mm, sehingga luas tampang 1 tulangan pokok :

$$A_{1\varnothing} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

tebal pelat tangga = $150 / \cos 32,7 = 180$ mm, selimut beton (pb) = 20 mm

$$d = h - P_b - 0,5 \cdot \varnothing_{\text{tul. pokok}} = 180 - 20 - 0,5 \cdot 16 = 143 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 22,5} = 20,915$$

Koefisien ketahanan (Rn), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d} = \frac{42,11 \cdot 10^6}{1000 \cdot 153,5^2} = 1,787 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 22,5 \cdot 0,85}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0244$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0244 = 0,0183$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{aktual}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{20,915} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 20,915 \cdot 1,787}{400}} \right) = 0,0047 < \rho_{\max} = 0,0183 \\ &> \rho_{\min} = 0,0035 \end{aligned}$$

maka $\rho_{\text{perlu}} = 0,0047$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,0047 \cdot 1000 \cdot 153,5 = 721,45 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak antar tulangan : } s \leq \frac{A_{\phi 1} \cdot b}{A_{S_{\text{perlu}}}} = \frac{132,73 \cdot 1000}{721,45} = 183,98 \text{ mm}$$

$$s \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 180 = 360 \text{ mm}$$

$$s \leq 250 \text{ mm}$$

→ Dipakai Tulangan Pokok : D13 – 180 mm

$$A_{S_{\text{aktual}}} = \frac{A_{\phi} \cdot 1000}{s} = \frac{132,73 \cdot 1000}{180} = 737,9 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Lentur Pelat tangga :

$$a = \frac{A_{s_{\text{aktual}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f \cdot c \cdot b} = \frac{737,9 \cdot 400}{0,85 \cdot 22,5 \cdot 1000} = 15,43 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{\text{aktual}}} \cdot f_y \cdot (d - a/2)$$

$$= 737,9 \cdot 400 (152 - 15,43/2)$$

$$= 42,587 \text{ kNm} \geq \frac{M_u}{\phi} = 42,113 \text{ kNm} \dots\dots\dots \text{Ok.}$$

Tulangan bagi pelat tangga

$$A_s \text{ bagi} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 180 = 360 \text{ mm}^2$$

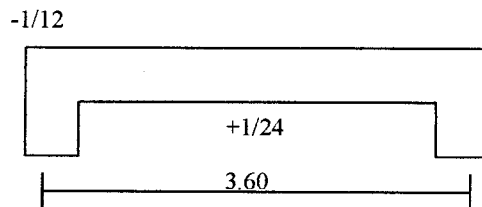
$$\text{Digunakan } \varnothing 8 \text{ dengan } A_{tul} = 50,265 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan} = s = \frac{A_{tul} \cdot 1000}{A_{s \text{ bagi}}} = \frac{50,265 \cdot 1000}{360} = 139,625 \text{ mm}$$

Dipakai P8-130

4.6.3.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Bordes

Dicoba balok ukuran 30/50



Pembebanan

- berat akibat pelat bordes = = 33,21 kN/m
 - berat sendiri balok bordes = $1,2 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \cdot 24 = 4,32 \text{ kN/m}$
- $Q_D = 37,55 \text{ kN/m}$

Momen :

$$M^+ = 1/24 \cdot q_u \cdot L^2 = 1/24 \cdot 37,55 \cdot 3,6^2 = 20,28 \text{ kNm}$$

$$M = 1/12 \cdot q_u \cdot L^2 = 1/12 \cdot 37,55 \cdot 3,6^2 = 40,55 \text{ kNm}$$

1. Tulangan Lapangan

$$M_u = 20,28 \text{ kN.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{20,28}{0,8} = 25,35 \text{ kN.m}$$

$$d = 500 - 40 - 8 - 0,5 \cdot 13 = 445,5 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 22,5 \cdot 0,85}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0244$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0244 = 0,0183$$

$$\text{rasio tulangan rencana} = \rho = 0,5 \cdot \rho_{\max} = 0,5 \cdot 0,0183 = 0,00915$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 22,5} = 20,915$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m \right) = 0,00915 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot 0,00915 \cdot 20,915 \right) = 3,31 \text{ Mpa}$$

$$b \cdot d_{\text{perlu}}^2 = \frac{M_n}{R_n}$$

$$d_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{M_n}{R_n \cdot b}} = \sqrt{\frac{25,35 \cdot 10^6}{3,31 \cdot 300}} = 159,78 \text{ mm}$$

$$d_{\text{ada}} = 445,5 \text{ mm}$$

$d_{\text{ada}} > d_{\text{perlu}}$ maka dipakai tulangan sebelah

$$R_{n_{\text{baru}}} = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{25,35 \cdot 10^6}{300 \cdot 445,5^2} = 0,426 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{0,426}{3,31} \times 0,00915 = 0,00118$$

$$1,33\rho_{\text{baru}} = 0,00157$$

$$1,33\rho_{\text{baru}} < 0,002 < \rho_{\text{min}}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,002$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{baru}} \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 300 \cdot 445,5 = 279,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{digunakan } \phi_{13} \Rightarrow A_s = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$\text{dipakai } 3\phi_{13} A_{s \text{ tul}} = 398,196 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} = 279,3 \text{ mm}^2$$

Tulangan Tumpuan

$$M_u = 40,55 \text{ kN.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{40,55}{0,8} = 50,69 \text{ kN.m}$$

$$d = 500 - 40 - 8 - 0,5 \cdot 13 = 445,5 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 22,5 \cdot 0,85}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0244$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0244 = 0,0183$$

$$\text{rasio tulangan rencana} = \rho = 0,5 \cdot \rho_{\text{max}} = 0,5 \cdot 0,0183 = 0,00915$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 22,5} = 20,915$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m \right) = 0,00915 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot 0,00915 \cdot 20,915 \right) = 3,31 \text{ Mpa}$$

$$b \cdot d_{\text{perlu}}^2 = \frac{M_n}{R_n}$$

$$d = \sqrt{\frac{Mn}{Rn.b}} = \sqrt{\frac{50,69.10^6}{3,31.300}} = 225,94 \text{ mm}$$

$$d_{\text{pakai}} = 445,5 \text{ mm}$$

$d_{\text{ada}} > d_{\text{perlu}}$ maka dipakai tulangan sebelah

$$Rn_{\text{baru}} = \frac{Mu / \phi}{b.d^2} = \frac{50,69.10^6}{300.445,5^2} = 0,851 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{0,851}{3,31} \times 0,00915 = 0,00235$$

$$1,33\rho_{\text{baru}} = 0,00313$$

$$0,002 < 1,33\rho_{\text{baru}} < \rho_{\text{min}}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 1,33\rho_{\text{baru}} = 0,00313$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho_{\text{baru}} \cdot b \cdot d = 0,00313 \cdot 300 \cdot 445,5 = 418,32 \text{ mm}^2$$

$$\text{digunakan } \phi_{13} \Rightarrow As = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$\text{dipakai } 4\phi_{13} As \text{ tul} = 530,93 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 418,32 \text{ mm}^2$$

2. Perencanaan Geser dan Torsi

- kontrol torsi

$$Tu_1 = 26,18 \text{ kNm}$$

$$Tu_2 = \left(\frac{1}{9} \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\sum x^2 \cdot y \cdot \frac{1}{3} \right) \right) = \left(\frac{1}{9} \cdot \sqrt{22,5} \cdot \left(300^2 \cdot 500 \cdot \frac{1}{3} \right) \right) = 7,906 \text{ kNm}$$

Digunakan Tu yang terkecil $Tu = 7,906$

$$Ct = \frac{b_w.d}{\sum x^2 y} = \frac{300.445,5}{300^2 \cdot 500} = 0,00297 \text{ mm}^{-1}$$

$$Tc = \frac{\left(\frac{1}{15} \cdot \sqrt{f'c} \cdot \sum x^2 y \right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,4 \cdot Vu}{Ct \cdot Tu} \right)^2}}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{15} \cdot \sqrt{22,5 \cdot 300^2 \cdot 500}\right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,4 \cdot 64,314 \cdot 10^3}{0,00297 \cdot 26,18 \cdot 10^6}\right)^2}} = 13,51 \text{ kNm}$$

Kekuatan baja menahan torsi

$$T_s = \frac{T_u}{\phi} - T_c$$

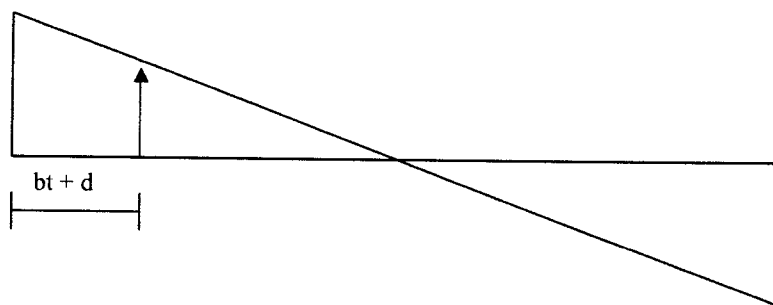
Karena $\frac{T_u}{\phi} = \frac{7,906}{0,6} = 13,177 < T_c = 13,51$

Maka tidak diperlukan tulangan torsi

3. Perencanaan Geser

Tulangan geser balok

$$V_u = 0,5 \cdot q_u \cdot L = 0,5 \cdot 37,55 \cdot 3,6 = 67,59 \text{ kN}$$



$$b_t = b - 2P_b - 2\emptyset \text{ sengkang} ; \emptyset \text{ sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$= 300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10$$

$$= 200 \text{ mm}$$

$$(b_t + d) = 200 + 445,5 = 645,5 \text{ mm}$$

$$V_{u_{\text{pakai}}} = V_u (b_t + d) = \left(\frac{3,6 - 0,6455}{3,6}\right) \cdot 64,314 = 52,782 \text{ kN}$$

Gaya geser yang mampu ditahan oleh beton :

$$- V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{22,5} \cdot 300 \cdot 445,5 = 105,66 \text{ kN}$$

$$- \phi V_c = 0,6 \cdot 105,66 = 63,396 \text{ kN}$$

$$- 1/2 \phi V_c = 1/2 \cdot 63,396 = 31,70 \text{ kN}$$

$V_u > 1/2 \phi V_c \longrightarrow$ perlu tulangan geser

$$V_s \text{ min} = 1/3 \cdot b \cdot d = 1/3 \cdot 300 \cdot 445,5 \cdot 10^{-3} = 44,55 \text{ kN}$$

Jika $1/2 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$

Gaya geser yang harus ditahan oleh sengkang

$$s \leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{2.50,265 \cdot 240 \cdot 445,5}{44,55 \cdot 10^3} = 241,272 \text{ mm}$$

$$\leq 1/2 \cdot d = 160 \text{ mm}$$

$$\leq 600 \text{ mm}$$

Dipakai **P8-160**

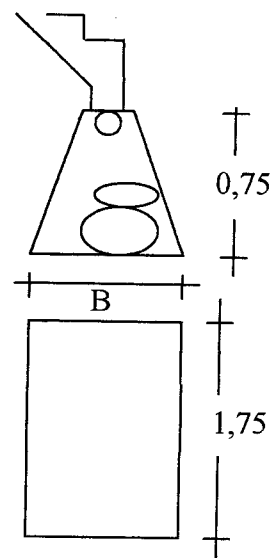
4.8.4 Perencanaan Pondasi Tangga

$$\sigma \text{ tanah} = 120 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma \text{ batu} = 22 \text{ KN/m}^3$$

Balok diatas pondasi 20/40

tinjauan untuk lebar tangga 1,75 m



Gambar 4.31 Pondasi tangga

Pembebanan:

- akibat tekanan tangga = 124,26 kN
- berat balok diatas pondasi = 1,2 (0,2 . 0,4 . 1,75 . 24) = 3,36 kN

$$P_u = 124,26 + 3,36 = 127,62 \text{ kN}$$

Tegangan ijin tanah pakai:

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_{\text{tanah}} - \sigma_{\text{pondasi}} \\ &= 120 - 1.22 = 98 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Diketahui pada kondisi kritis } = \sigma = \frac{P_u}{A}$$

$$A = \frac{P_u}{\sigma} = \frac{127,62}{98} = 1,302 \text{ m}^2$$

$$B = \frac{A}{L} = \frac{1,302}{1,75} = 0,74 \text{ m} \longrightarrow 100 \text{ cm}$$

Kontrol tegangan tanah:

$$\sigma = \frac{P_u}{A} = \frac{127,62}{1.1,75} = \text{kN/m}^2 < \sigma_{\text{tanah}} = 98 \text{ ...OK..}$$

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pada gedung bertingkat perlakuan struktur akibat beban menyebabkan terjadinya distribusi gaya. Biasanya untuk mempersingkat hitungan, perencana menganggap elemen-elemen tertentu pada bangunan portal memiliki persamaan gaya. Sehingga hasil perhitungannya sama untuk elemen tersebut.

Spesifikasi bahan yang dipakai pada Tugas Akhir ini, untuk beton dipakai $f_c = 22,5$ Mpa dan untuk baja tulangan diameter kurang atau sama dengan 12 mm dipakai mutu baja $f_y = 240$ Mpa dan untuk diameter lebih besar dari 12 mm dipakai mutu baja $f_y = 400$ Mpa.

Pada Tugas Akhir ini digunakan program SAP 2000 untuk perhitungan portal, atap, dan tangga guna mencari momen-momen yang terjadi pada struktur. Hasil momen tersebut sudah dikalikan dengan faktor-faktor dan momen terfaktor ini yang digunakan sebagai perhitungan perencanaan.

5.2 Atap

Atap pada perencanaan ini menggunakan atap rangka baja sebagai kuda-kuda atap yang terdiri dari empat macam tipe kuda-kuda. Perhitungan ini menggunakan metode *allowable stress design* dari AISC. Profil yang digunakan yaitu 2L 50x50x5, diameter baut $\frac{1}{2}$ in tebal pelat sambung 1 cm.

5.3 Pelat

Pada bangunan ini terdiri dari pelat lantai dan pelat atap. Perencanaan tipe pelat berdasarkan perbandingan panjang sisi-sisinya dan dukungan pelat sehingga didapatkan tipe pelat dua arah dengan ditumpu keempat sisinya. Perencanaan pelat mengacu pada PBI 1971 tabel 13.3.2.

Tebal pelat lantai direncanakan sebesar 120 mm dan tebal pelat atap direncanakan sebesar 100 mm. Penentuan tebal pelat ini didasarkan panjang bentang sesuai dengan rumus SKSNI T-15-1991-03. Pada pelat atap dan pelat lantai menggunakan tulangan $\varnothing 8$ dan $\varnothing 10$ mm. Mutu baja tulangan yang digunakan pada pelat atap dan pelat lantai adalah $f_y = 240$ mpa, sedangkan mutu betonnya $f'_c = 22,5$ Mpa.

5.4 Balok Anak

Balok anak pada struktur ini merupakan struktur non portal yang direncanakan sebelum analisis portal. Tulangan pokok yang digunakan adalah $\varnothing 22$ mm, dengan tulangan geser menggunakan $\varnothing 8$ mm.

5.5 Balok Induk

Balok induk merupakan struktur portal sehingga direncanakan berdasarkan analisis portal. Pada perhitungan ini didapat penulangan yang menggunakan tulangan sebelah dan tulangan rangkap. Penentuan balok tersebut merupakan tulangan sebelah atau rangkap dapat ditinjau dari tinggi efektif dari balok.

Spesifikasi bahan yang digunakan adalah $f'_c = 22,5$ Mpa, $f_y = 400$ Mpa untuk tulangan *deform* dan $f_y = 240$ Mpa untuk tulangan polos. Tulangan pokok yang digunakan adalah $\varnothing 22$ mm dan tulangan geser yang digunakan $\varnothing 10$ mm.

5.6 Kolom

Kolom menggunakan struktur portal yang direncanakan berdasarkan hasil analisis portal. Lebar kolom direncanakan lebih besar dari balok untuk memberikan kekuatan yang baik. Tulangan pokok yang digunakan adalah \varnothing 22 mm dengan tulangan geser \varnothing 10 mm.

5.7 Pondasi

Pondasi direncanakan dengan pondasi telapak (*foot plate*) dan pondasi gabungan. Dipilih pondasi ini dikarenakan kemudahan dalam pekerjaan di lapangan sehingga terjadi penghematan waktu pekerjaan. Tulangan pokok yang digunakan adalah \varnothing 22, \varnothing 22, dan \varnothing 22 mm dengan tulangan susut \varnothing 12.

5.8 Tangga

Perencanaan tangga terdiri dari perencanaan pelat tangga, pelat bordes, balok bordes. Perencanaan menggunakan tulangan pokok \varnothing 13 mm dan tulangan bagi \varnothing 8 mm.

Di bawah ini diberikan tabel rekapitulasi perencanaan ulang dan *flow chart Re-design* Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Tulangan Balok Anak Terpasang

Balok Anak	Dimensi	Tumpuan		Lapangan		Tulangan Geser	
		Atas	Bawah	Atas	Bawah	Daerah I	Daerah II
B1'	350/650	3D22	2D22	2D22	5D22	P10-200	P8-200
B2'	300/550	2D22	2D22	2D22	3D22	P8-240	P8-240
B3'	200/400	2D22	2D22	2D22	3D22	P8-160	P8-160

Tabel 5.2 Rekapitulasi Tulangan Balok Terpasang

Balok	Lant.	Dimensi	Tumpuan ki		Lapangan		Tumpuan ka		Tulangan Geser	
			Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Plastis	Luar Plastis.
B1	1	350/650	4D22	5D22	2D22	2D22	7D22	4D22	2P10-90	P10-85
	2	350/650	4D22	5D22	2D22	2D22	7D22	4D22	2P10-90	P10-85
	3	350/650	4D22	5D22	2D22	2D22	7D22	4D22	2P10-90	P10-85
	4	350/650	4D22	5D22	2D22	2D22	7D22	4D22	2P10-90	P10-85
B2	1	350/650	5D22	2D22	2D22	5D22	5D22	3D22	2P10-80	P10-70
	2	350/650	5D22	2D22	2D22	5D22	5D22	3D22	2P10-80	P10-70
	3	350/650	5D22	2D22	2D22	5D22	5D22	3D22	2P10-80	P10-70
	4	350/650	5D22	2D22	2D22	5D22	5D22	3D22	2P10-80	P10-70
B3	1	350/650	4D22	4D22	2D22	2D22	5D22	3D22	P10-55	P10-200
	2	350/650	4D22	4D22	2D22	2D22	5D22	3D22	P10-55	P10-200
	3	350/650	4D22	4D22	2D22	2D22	5D22	3D22	P10-55	P10-200
	4	350/650	4D22	4D22	2D22	2D22	5D22	3D22	P10-55	P10-200
B4	1	400/700	7D22	2D22	7D22	2D22	5D22	2D22	P10-140	P10-170
	2	400/700	7D22	2D22	7D22	2D22	5D22	2D22	P10-140	P10-170
	3	400/700	7D22	2D22	7D22	2D22	5D22	2D22	P10-140	P10-170
	4	400/700	7D22	2D22	7D22	2D22	5D22	2D22	P10-140	P10-170

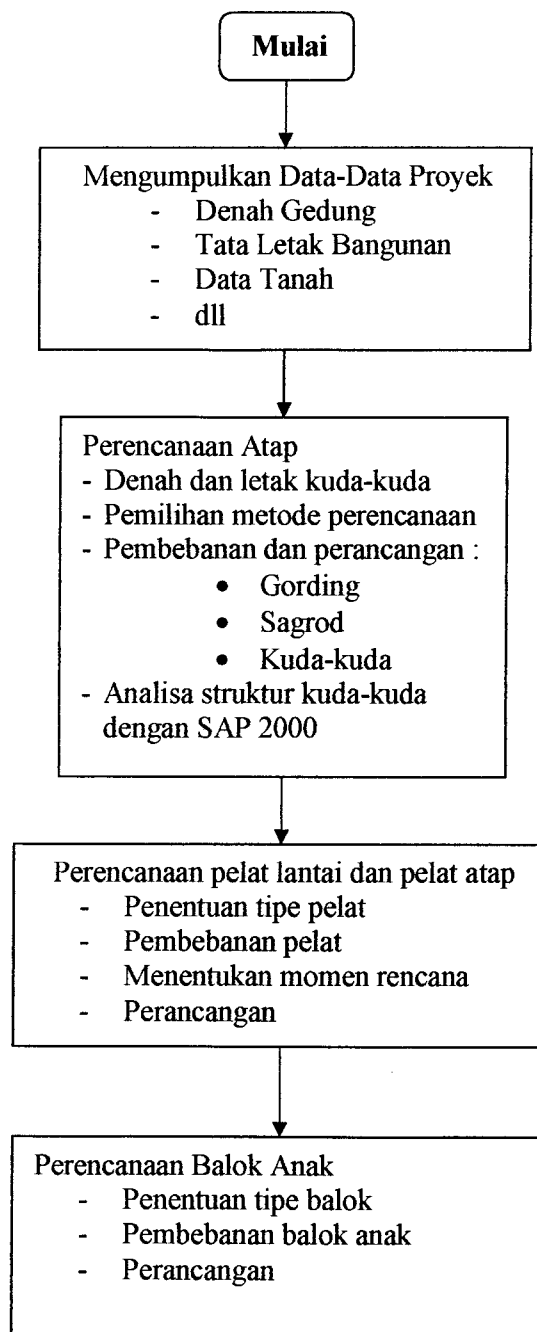
Tabel 5.3 Rekapitulasi Tulangan Kolom Terpasang

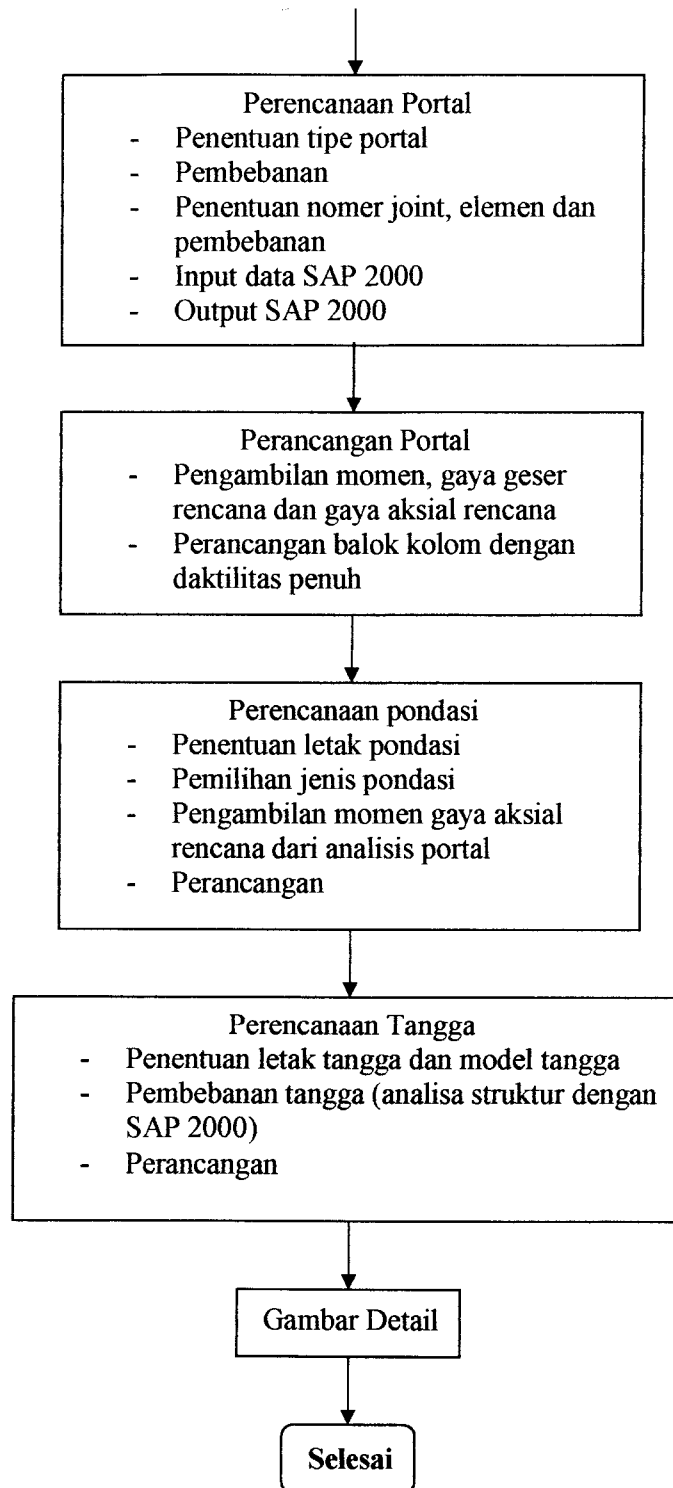
Kolom	Lantai	Dimensi	Tulangan	Geser
K1	1	600 x 600	14D22	P10-70
	3	600 x 600	12D22	P10-60
	4	600 x 600	8D22	P10-90
K2	1	500 x 500	24D22	P10-70
	2	500 x 500	12D22	2P10-90
	3	500 x 500	8D22	P10-90
	4	500 x 500	8D22	P10-100
K3	1	500 x 500	14D22	P10-70
	2	500 x 500	14D22	P10-50
	3	500 x 500	12D22	P10-50
	4	500 x 500	8D22	P10-100
K4	1	600 x 600	16D22	P10-70
	2	600 x 600	16D22	2P10-90
	3	600 x 600	10D22	P10-70
	4	600 x 600	8D22	P10-70

Tabel 5.4 Rekapitulasi Tulangan Pondasi Terpasang

Pondasi	Dimensi	Tulangan Terpasang			
		Arah X		Arah Y	
		Tul.pokok	Tul.susut	Tul.pokok	Tul.susut
tipe 1	270 X 270 X 700	D16-160	P12-80	D16-160	P12-80
tipe 2	290 X 290 X 700	D19-130	P12-80	D19-130	P12-80
tipe 3	310 X 310 X 700	D19-130	P12-80	D19-130	P12-80
tipe 4	330 X 330 X 700	D22-130	P12-80	D22-130	P12-80
tipe gab.1	7000 X 260 X 700	D25-90	P12-80	D25-90	P12-80
tipe gab.2	7000 X 260 X 700	D25-90	P12-80	D25-90	P12-80

**Flowchart Re-design Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Islam
Indonesia**





BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan ini menggunakan metode kekuatan batas, dimana beban kerja dinaikan dengan memberikan satu faktor beban sehingga diperoleh suatu beban yang dipakai sebagai perencanaan.
2. Perencanaan rangka baja atap menggunakan *Allowable stress design* dari AISC yang direncanakan terdiri dari 4 macam tipe rangka baja dengan profil yang digunakan adalah 2L 50x50x5, diameter baut $\frac{1}{2}$ in, dan tebal pelat sambung 1 cm.
3. Perencanaan pelat menggunakan metode koefisien momen dengan menganggap tumpuan tepi jepit elastis dengan tujuan kemudahan pada waktu pelaksanaan dan dari hasil perencanaan dipakai tebal pelat lantai 120 mm dengan diameter tulangan pokok 10 mm dan tebal pelat atap 100 mm dengan diameter tulangan pokok 8 mm.
4. Perencanaan balok anak dipakai diameter tulangan pokok 22 mm dan diameter tulangan geser 10 mm.
5. Perencanaan portal dengan daktilitas penuh meliputi balok kolom direncanakan berdasarkan SK-SNI-T-15-1991-03.

6. Penulangan balok induk menggunakan penulangan sebelah dan rangkap yang ditinjau dari tinggi efektif balok dengan diameter tulangan pokok 22 mm dan diameter tulangan geser 10 mm.
7. Perencanaan kolom digunakan bentuk bujur sangkar dengan ukuran 600 x 600 mm dan 500 x 500 mm dengan diameter tulangan pokok 22 mm dan diameter tulangan geser 10 mm.
8. Tipe pondasi yang digunakan adalah pondasi telapak dan pondasi gabungan dengan diameter tulangan pokok 16, 19, 22, dan 25 mm dan diameter tulangan geser 12 mm.

6.2 Saran

Dengan mempertimbangkan hal-hal tersebut diatas, maka dapat diberikan beberapa saran antara lain sebagai berikut :

1. Perlu adanya perhitungan sampai tahap akhir pada Tugas Akhir ini (RAB), sehingga penghematan dari segi biaya dapat diketahui dengan jelas.
2. Perlu adanya perhitungan re-design untuk Tugas Akhir ini dengan peningkatan spesifikasi beban yang lain sehingga diketahui sejauh mana efisiensi bahan yang digunakan.
3. Perlu adanya perhitungan menggunakan *software* terbaru seperti ETABS, untuk mengecek desain yang telah ada sehingga didapatkan perbandingan perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. _____, 1979, **PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA 1971 N.1.-2**, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung
2. _____, 1983, **PERATURAN PEMBEBANAN INDONESIA UNTUK GEDUNG 1983**, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung
3. _____, 1987, **PEDOMAN PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA UNTUK RUMAH DAN GEDUNG SKBI-1.3.53. 1987**, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung
4. _____, 1991, **TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG SK SNI T-15-1991-03**, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung
5. A. Kadir Aboe, Ir.MS, **DIKTAT KULIAH STUKTUR BETON -1**
6. Chu-KiaWang, Charles G. Salmon, 1989, **DISAIN BETON BERTULANG**, Edisi Keempat, Jilid 2, Erlangga, Jakarta
7. Chu-KiaWang, Charles G. Salmon, 1993, **DISAIN BETON BERTULANG**, Edisi Keempat, Jilid 1, Erlangga, Jakarta
8. Edward G. Nawy, 1998, **BETON BERTULANG**, Refika Aditama, Bandung
9. Fakhurrahman. NS, Ir.MT, **DIKTAT KULIAH STRUKTUR BETON**
10. Gideon Kusuma, Takim Ardiono, 1993, **DESAIN STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG DI DAERAH RAWAN GEMPA**, Erlangga, Jakarta

11. Istimawan Dipohusodo, 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
12. Ilman Noor, Ir. MSCE, **CATATAN KULIAH STRUKTUR BETON 1-2**
13. Sudarmoko, Ir. M.Sc, 1995-1996, **PERANCANGAN DAN ANALISIS KOLOM BETON BERTULANG**, Universitas Gajah Mada
14. W. C. Vis, Gideon Kusuma, 1997, **DASAR-DASAR PERENCANAAN BETON BERTULANG**, Erlangga, Jakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	NAMA	NO. MHS.	BID.STUDI
1	Agung Widyatmoko	97511182	Struktur
2	Ervan Setiawan	97511208	Struktur

JUDUL TUGAS AKHIR :

.....

PERIODE III : MARET - AGUSTUS
TAHUN : 2001/2002

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Mar.	Apr.	Mei.	Jun.	Jul.	Aug.
1.	Pendaftaran	■					
2.	Penentuan Dosen Pembimbing	■					
3.	Pembuatan Proposal		■				
4.	Seminar Proposal		■	■			
5.	Konsultasi Penyusunan TA.			■	■	■	
6.	Sidang-Sidang					■	■
7.	Pendadaran.						■

DOSEN PEMBIMBING I : Ir. H. Ilman Noor, MSCE.
 DOSEN PEMBIMBING II : Ir. Helmy Arbar Bale, MT.



Yogyakarta, 21 Maret 2002
 Dekan,

 (Ir. H. Munadhir, MS.)

Catatan.

Seminar : 29 MEI 2002
 Sidang : 29 JANUARI 2003
 Pendadaran : 1 MARET 2003

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
	17/04	perbaikan proposal	<i>[Signature]</i>
	24/04	" "	<i>[Signature]</i>
	06/05	ACC proposal	<i>[Signature]</i>
8/10/02 04/05		ACC proposal	<i>[Signature]</i>
10/8 '02	026 10'	<ul style="list-style-type: none"> - dimensi struktur - no dan judul gambar - no dan judul tabel + grading : run moment ? 	<i>[Signature]</i>
17/8 '02		<p style="text-align: center;">gab² sebelumnya</p> <ul style="list-style-type: none"> - Check rumus² / ketentuan² dan stream² 	<i>[Signature]</i>
15/8 '02		<ul style="list-style-type: none"> - gambar 	<i>[Signature]</i>
16/9 '02		<ul style="list-style-type: none"> - out put 800 ? 	<i>[Signature]</i>
21/9 '02		<ul style="list-style-type: none"> - print out diagram - print out - check jarak relay balok 	<i>[Signature]</i>
		<ul style="list-style-type: none"> - lanjutkan / pelajari, pahami & ilustrasikan out put program 	<i>[Signature]</i>
		<ul style="list-style-type: none"> - ulou torri break cordes ?! <p style="text-align: right;">lanjutkan 29/10 '02</p>	<i>[Signature]</i>
		<p style="text-align: center;">ACC</p>	<i>[Signature]</i>
		<ul style="list-style-type: none"> - revisi, oleh → ke DFI 	<i>[Signature]</i>

GLAGAH

LOAD COMBINATION MULTIPLIERS

COMBO	TYPE	CASE	FACTOR	TYPE	TITLE
DSTL1	ADD	DL	1.0000	STATIC (DEAD)	DSTL1
DSTL2	ADD	DL	1.0000	STATIC (DEAD)	DSTL2
DSTL3	ADD	DL	1.0000	STATIC (DEAD)	DSTL3
		WLKI	1.0000	STATIC (WIND)	
DSTL4	ADD	DL	1.0000	STATIC (DEAD)	DSTL4
		WLKI	-1.0000	STATIC (WIND)	
DSTL5	ADD	DL	1.0000	STATIC (DEAD)	DSTL5
		WLKA	1.0000	STATIC (WIND)	
DSTL6	ADD	DL	1.0000	STATIC (DEAD)	DSTL6
		WLKA	-1.0000	STATIC (WIND)	
DSTL7	ADD	DL	1.0000	STATIC (DEAD)	DSTL7
		WLKI	1.0000	STATIC (WIND)	
DSTL8	ADD	DL	1.0000	STATIC (DEAD)	DSTL8
		WLKI	-1.0000	STATIC (WIND)	
DSTL9	ADD	DL	1.0000	STATIC (DEAD)	DSTL9
		WLKA	1.0000	STATIC (WIND)	
DSTL10	ADD	DL	1.0000	STATIC (DEAD)	DSTL10
		WLKA	-1.0000	STATIC (WIND)	

GLAGAH

JOINT REACTIONS

JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
10	DL	0.0000	0.0000	1784.7811	0.0000	0.0000	0.0000
10	WLKI	-356.3700	0.0000	10.4125	0.0000	0.0000	0.0000
10	WLKA	356.3700	0.0000	29.1774	0.0000	0.0000	0.0000
10	DSTL1	0.0000	0.0000	1784.7811	0.0000	0.0000	0.0000
10	DSTL2	0.0000	0.0000	1784.7811	0.0000	0.0000	0.0000
10	DSTL3	-356.3700	0.0000	1795.1936	0.0000	0.0000	0.0000
10	DSTL4	356.3700	0.0000	1774.3685	0.0000	0.0000	0.0000
10	DSTL5	356.3700	0.0000	1813.9585	0.0000	0.0000	0.0000
10	DSTL6	-356.3700	0.0000	1755.6036	0.0000	0.0000	0.0000
10	DSTL7	-356.3700	0.0000	1795.1936	0.0000	0.0000	0.0000
10	DSTL8	356.3700	0.0000	1774.3685	0.0000	0.0000	0.0000
10	DSTL9	356.3700	0.0000	1813.9585	0.0000	0.0000	0.0000
10	DSTL10	-356.3700	0.0000	1755.6036	0.0000	0.0000	0.0000
16	DL	0.0000	0.0000	1784.7811	0.0000	0.0000	0.0000
16	WLKI	0.0000	0.0000	29.1774	0.0000	0.0000	0.0000
16	WLKA	0.0000	0.0000	10.4125	0.0000	0.0000	0.0000
16	DSTL1	0.0000	0.0000	1784.7811	0.0000	0.0000	0.0000
16	DSTL2	0.0000	0.0000	1784.7811	0.0000	0.0000	0.0000
16	DSTL3	0.0000	0.0000	1813.9585	0.0000	0.0000	0.0000
16	DSTL4	0.0000	0.0000	1755.6036	0.0000	0.0000	0.0000
16	DSTL5	0.0000	0.0000	1795.1936	0.0000	0.0000	0.0000
16	DSTL6	0.0000	0.0000	1774.3685	0.0000	0.0000	0.0000
16	DSTL7	0.0000	0.0000	1813.9585	0.0000	0.0000	0.0000
16	DSTL8	0.0000	0.0000	1755.6036	0.0000	0.0000	0.0000
16	DSTL9	0.0000	0.0000	1795.1936	0.0000	0.0000	0.0000
16	DSTL10	0.0000	0.0000	1774.3685	0.0000	0.0000	0.0000

GLAGAH

J O I N T F O R C E S Load Case DL

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
1	0.000	0.000	-165.709	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	-165.709	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	-292.738	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	-292.738	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	-347.753	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	-347.753	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	-365.609	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	-347.753	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	-347.753	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	-106.271	0.000	0.000	0.000
16	0.000	0.000	-106.271	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	-136.701	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	-136.701	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	-136.701	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	-136.701	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	-136.701	0.000	0.000	0.000

GLAGAH

J O I N T F O R C E S Load Case WLKI

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
1	17.990	0.000	-17.990	0.000	0.000	0.000
2	44.990	0.000	-44.990	0.000	0.000	0.000
3	54.000	0.000	-54.000	0.000	0.000	0.000
4	54.000	0.000	-54.000	0.000	0.000	0.000
5	48.600	0.000	-5.400	0.000	0.000	0.000
9	14.400	0.000	14.400	0.000	0.000	0.000
8	35.990	0.000	35.990	0.000	0.000	0.000
6	43.200	0.000	43.200	0.000	0.000	0.000
7	43.200	0.000	43.200	0.000	0.000	0.000

GLAGAH

J O I N T F O R C E S Load Case WLKA

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
1	-14.400	0.000	14.400	0.000	0.000	0.000
2	-35.990	0.000	35.990	0.000	0.000	0.000
3	-43.200	0.000	43.200	0.000	0.000	0.000
4	-43.200	0.000	43.200	0.000	0.000	0.000
5	-48.600	0.000	-5.400	0.000	0.000	0.000
6	-54.000	0.000	-54.000	0.000	0.000	0.000
7	-54.000	0.000	-54.000	0.000	0.000	0.000
8	-44.990	0.000	-44.990	0.000	0.000	0.000
9	-17.990	0.000	-17.990	0.000	0.000	0.000

GLAGAH

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
DL	DEAD	0.0000
WLKI	WIND	0.0000
WLKA	WIND	0.0000

GLAGAH

J O I N T D A T A

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
1	-4.40000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
2	-3.60000	0.00000	0.80000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
3	-2.40000	0.00000	2.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
4	-1.20000	0.00000	3.20000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
5	0.00000	0.00000	4.40000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
6	1.20000	0.00000	3.20000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
7	2.40000	0.00000	2.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
8	3.60000	0.00000	0.80000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
9	4.40000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
10	3.60000	0.00000	0.00000	1 1 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
11	2.40000	0.00000	0.80000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
12	1.20000	0.00000	1.60000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
13	0.00000	0.00000	2.40000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
14	-1.20000	0.00000	1.60000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
15	-2.40000	0.00000	0.80000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
16	-3.60000	0.00000	0.00000	0 0 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000

GLAGAH

F R A M E E L E M E N T D A T A

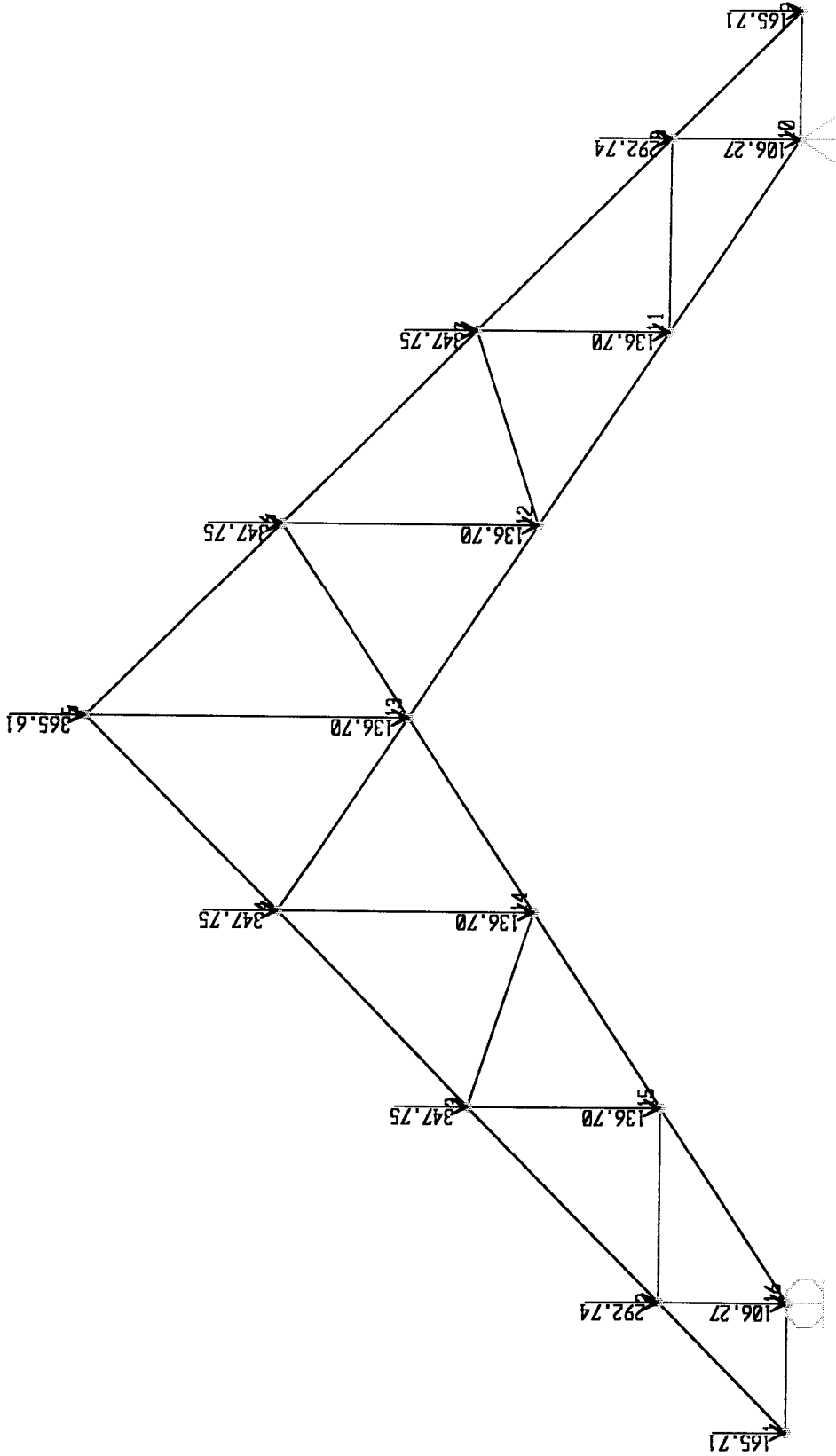
FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
1	1	2	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.131
2	2	3	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.697
3	3	4	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.697
4	4	5	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.697
5	5	6	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.697
6	6	7	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.697
7	7	8	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.697
8	8	9	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.131
9	9	10	2L5X5X1/	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	0.800
10	10	11	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.442
11	11	12	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.442
12	12	13	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.442
13	13	14	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.442
14	14	15	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.442
15	15	16	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.442
16	16	1	2L5X5X1/	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	0.800
17	16	2	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	0.800
18	2	15	2L5X5X1/	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.200
19	15	3	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.200
20	3	14	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.265
21	14	4	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.600
22	4	13	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.442
23	13	5	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	2.000
24	13	6	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.442
25	6	12	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.600
26	12	7	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.265
27	7	11	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	1.200
28	11	8	2L5X5X1/	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.200
29	8	10	2L5X5X1/	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	0.800

SLRCAF

FRAME ELEMENT FORCES

FRAME	LOAD	LOC	F	VE	VS	T	ME	MC
5	DL							
		0.00	-1065.52	-3.55	0.00	0.00	0.00	-3.01
		8.5E-01	-1065.52	-3.55	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.70	-1065.52	-3.55	0.00	0.00	0.00	3.01
5	WLKI							
		0.00	118.65	1.79	0.00	0.00	0.00	1.52
		8.5E-01	118.65	1.79	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.70	118.65	1.79	0.00	0.00	0.00	-1.52
5	WLKA							
		0.00	-135.70	-1.92	0.00	0.00	0.00	-1.63
		8.5E-01	-135.70	-1.92	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.70	-135.70	-1.92	0.00	0.00	0.00	1.63
5	DSTL1							
		0.00	-1065.52	-3.55	0.00	0.00	0.00	-3.01
		8.5E-01	-1065.52	-3.55	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.70	-1065.52	-3.55	0.00	0.00	0.00	3.01
5	DSTL2							
		0.00	-1065.52	-3.55	0.00	0.00	0.00	-3.01
		8.5E-01	-1065.52	-3.55	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.70	-1065.52	-3.55	0.00	0.00	0.00	3.01
5	DSTL3							
		0.00	-946.87	-1.76	0.00	0.00	0.00	-1.49
		8.5E-01	-946.87	-1.76	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.70	-946.87	-1.76	0.00	0.00	0.00	1.49
5	DSTL4							
		0.00	-1184.17	-5.33	0.00	0.00	0.00	-4.53
		8.5E-01	-1184.17	-5.33	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.70	-1184.17	-5.33	0.00	0.00	0.00	4.53
5	DSTL5							
		0.00	-1201.22	-5.47	0.00	0.00	0.00	-4.64
		8.5E-01	-1201.22	-5.47	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.70	-1201.22	-5.47	0.00	0.00	0.00	4.64
5	DSTL6							
		0.00	-929.81	-1.63	0.00	0.00	0.00	-1.38
		8.5E-01	-929.81	-1.63	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.70	-929.81	-1.63	0.00	0.00	0.00	1.38
5	DSTL7							
		0.00	-946.87	-1.76	0.00	0.00	0.00	-1.49
		8.5E-01	-946.87	-1.76	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.70	-946.87	-1.76	0.00	0.00	0.00	1.49
5	DSTL8							
		0.00	-1184.17	-5.33	0.00	0.00	0.00	-4.53
		8.5E-01	-1184.17	-5.33	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.70	-1184.17	-5.33	0.00	0.00	0.00	4.53
5	DSTL9							
		0.00	-1201.22	-5.47	0.00	0.00	0.00	-4.64
		8.5E-01	-1201.22	-5.47	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.70	-1201.22	-5.47	0.00	0.00	0.00	4.64
5	DSTL10							
		0.00	-929.81	-1.63	0.00	0.00	0.00	-1.38
		8.5E-01	-929.81	-1.63	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.70	-929.81	-1.63	0.00	0.00	0.00	1.38

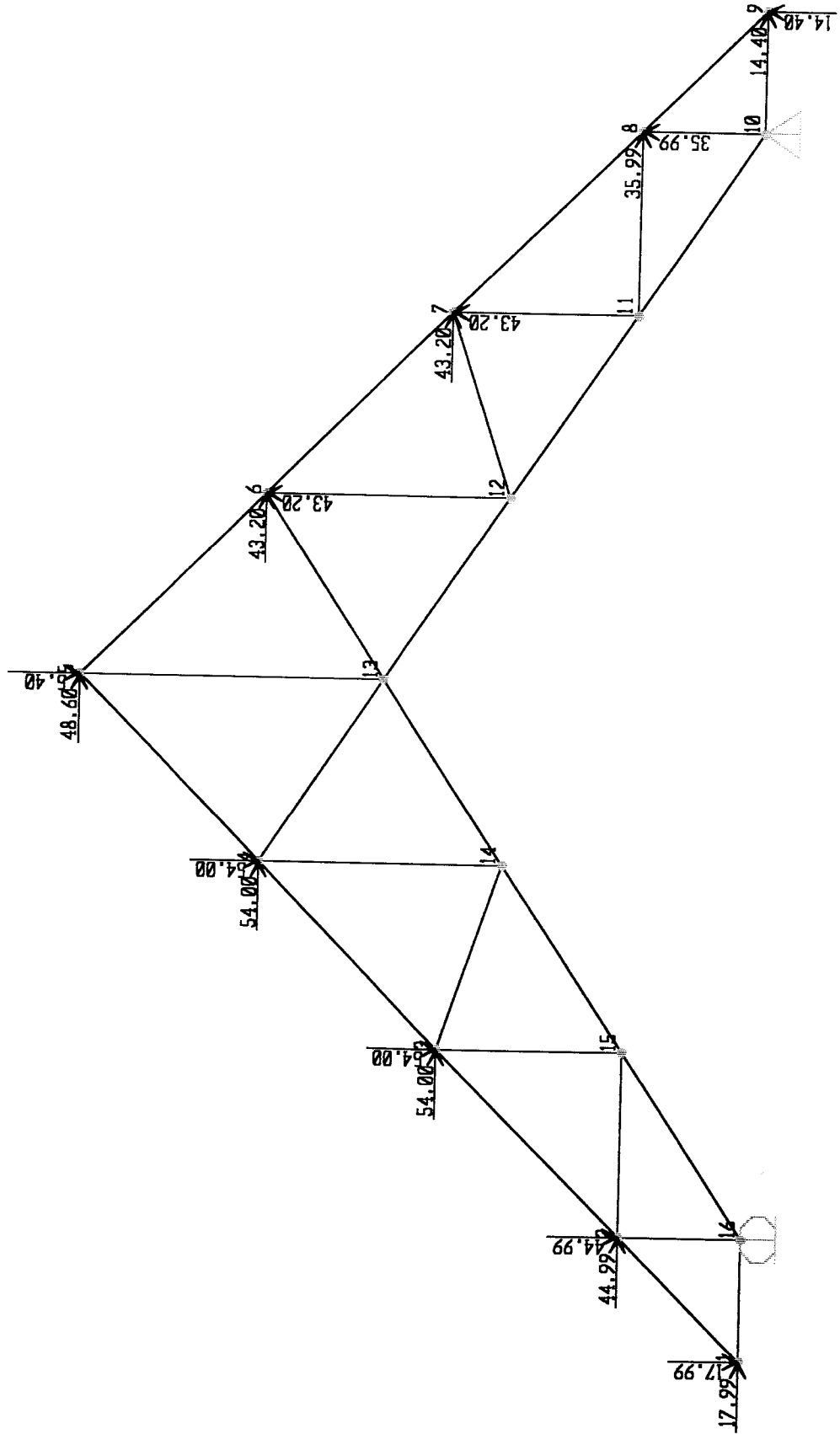
1/15/03 15:31:44



SAP2000

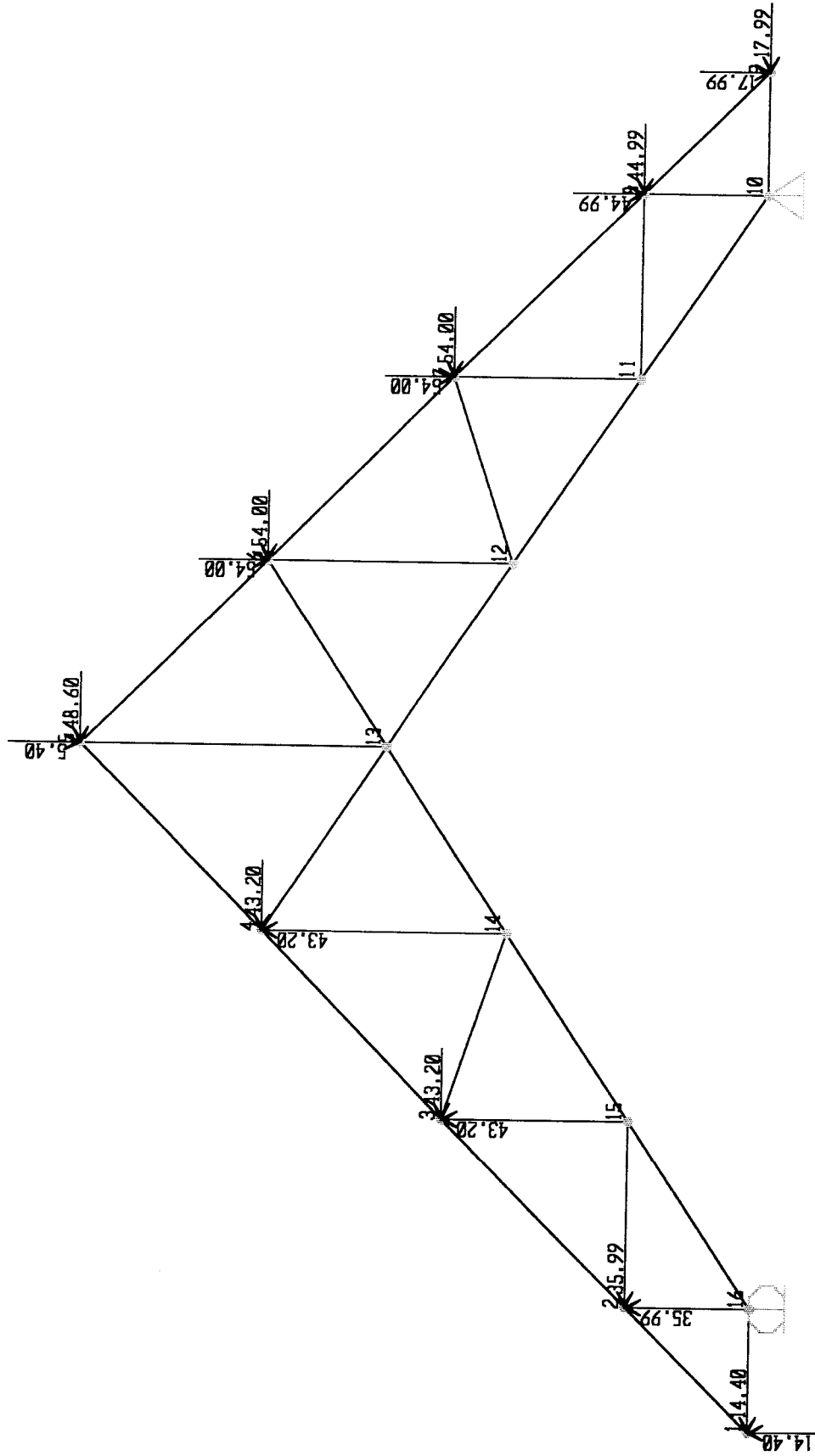
1/5/03 15:33:37

SAP2000



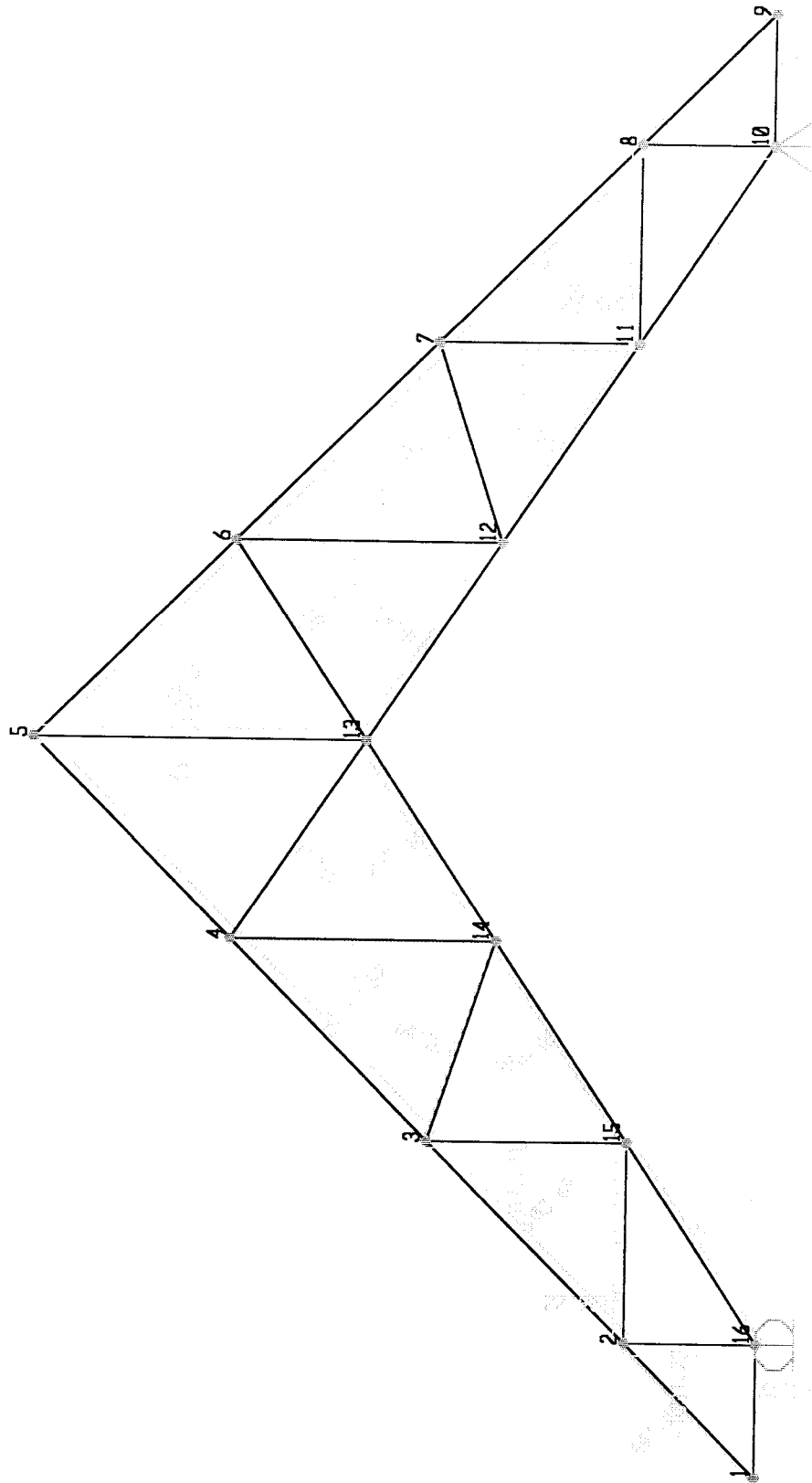
1/5/03 15:35:52

SAP2000



1/5/03 15:40:18

SAP2000



GLAGAH

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
MATI	DEAD	1,0000
HIDUP	LIVE	0,0000
GEMPAX	QUAKE	0,0000
GEMPAY	QUAKE	0,0000
GEMPAXX	QUAKE	0,0000
GEMPAYY	QUAKE	0,0000

GLAGAH

J O I N T F O R C E S Load Case MATI

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
71	0,000	0,000	-1820,193	0,000	0,000	0,000
91	0,000	0,000	-1820,193	0,000	0,000	0,000
111	0,000	0,000	-1820,193	0,000	0,000	0,000
72	0,000	0,000	-1820,193	0,000	0,000	0,000
92	0,000	0,000	-1820,193	0,000	0,000	0,000
112	0,000	0,000	-1820,193	0,000	0,000	0,000
8	0,000	0,000	-1849,765	0,000	0,000	0,000
9	0,000	0,000	-1849,765	0,000	0,000	0,000
47	0,000	0,000	-1849,765	0,000	0,000	0,000
123	0,000	0,000	-10572,417	0,000	0,000	0,000
160	0,000	0,000	-5286,209	0,000	0,000	0,000

GLAGAH

J O I N T F O R C E S Load Case HIDUP

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
160	0,000	0,000	-881,035	0,000	0,000	0,000

GLAGAH

J O I N T F O R C E S Load Case GEMPAX

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
58	1144,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
71	1144,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
91	1144,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
111	1144,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
138	1144,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
44	2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
83	2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
102	2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
122	2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
129	2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
154	2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
189	2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19	6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
43	6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
69	6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
89	6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
109	6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

153	6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
178	6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
18	4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
42	4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
68	4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
88	4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
108	4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
127	4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
152	4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
177	4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
17	2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
41	2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
67	2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
87	2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
107	2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
126	2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
151	2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
176	2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
192	2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

lampiran 1.10

SAP2000 v7.42 File: PORTAL BENAR TENAN Kgf-m Units PAGE 5
1/17/03 22:20:32

GLAGAH

J O I N T F O R C E S Load Case GEMPAY

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
58	0,000	2860,304	0,000	0,000	0,000	0,000
59	0,000	2860,304	0,000	0,000	0,000	0,000
8	0,000	6199,874	0,000	0,000	0,000	0,000
9	0,000	6199,874	0,000	0,000	0,000	0,000
20	0,000	6199,874	0,000	0,000	0,000	0,000
21	0,000	6199,874	0,000	0,000	0,000	0,000
7	0,000	15713,827	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,000	15713,827	0,000	0,000	0,000	0,000
19	0,000	15713,827	0,000	0,000	0,000	0,000
33	0,000	15713,827	0,000	0,000	0,000	0,000
6	0,000	11164,873	0,000	0,000	0,000	0,000
11	0,000	11164,873	0,000	0,000	0,000	0,000
18	0,000	11164,873	0,000	0,000	0,000	0,000
32	0,000	11164,873	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,000	6615,919	0,000	0,000	0,000	0,000
12	0,000	6615,919	0,000	0,000	0,000	0,000
17	0,000	6615,919	0,000	0,000	0,000	0,000
31	0,000	6615,919	0,000	0,000	0,000	0,000

SAP2000 v7.42 File: PORTAL BENAR TENAN Kgf-m Units PAGE 6
1/17/03 22:20:33

GLAGAH

J O I N T F O R C E S Load Case GEMPAXX

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
59	-1144,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
72	-1144,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
92	-1144,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
112	-1144,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
139	-1144,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
84	-2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
104	-2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
123	-2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
167	-2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
190	-2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
160	-2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
161	-2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
191	-2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
193	-2755,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	-6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24	-6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
48	-6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
82	-6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
101	-6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
121	-6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
147	-6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
166	-6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
188	-6984,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	-4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25	-4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
49	-4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

81	-4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
100	-4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
120	-4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
146	-4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
165	-4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
187	-4961,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	-2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
26	-2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50	-2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
80	-2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
99	-2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
119	-2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
145	-2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
164	-2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
186	-2940,861	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Lampiran 1.11

SAP2000 v7.42 File: PORTAL BENAR TENAN Kgf-m Units PAGE 7
1/17/03 22:20:33

GLAGAH

J O I N T F O R C E S Load Case GEMPAYY

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
138	0,000	-2860,304	0,000	0,000	0,000	0,000
139	0,000	-2860,304	0,000	0,000	0,000	0,000
47	0,000	-8328,022	0,000	0,000	0,000	0,000
179	0,000	-8328,022	0,000	0,000	0,000	0,000
180	0,000	-8328,022	0,000	0,000	0,000	0,000
48	0,000	-20952,109	0,000	0,000	0,000	0,000
178	0,000	-20952,109	0,000	0,000	0,000	0,000
181	0,000	-20952,109	0,000	0,000	0,000	0,000
49	0,000	-14886,837	0,000	0,000	0,000	0,000
177	0,000	-14886,837	0,000	0,000	0,000	0,000
182	0,000	-14886,837	0,000	0,000	0,000	0,000
50	0,000	-8821,565	0,000	0,000	0,000	0,000
176	0,000	-8821,565	0,000	0,000	0,000	0,000
183	0,000	-8821,565	0,000	0,000	0,000	0,000

SAP2000 v7.42 File: PORTAL BENAR TENAN Kgf-m Units PAGE 8
1/17/03 22:20:33

GLAGAH

F R A M E S P A N D I S T R I B U T E D L O A D S Load Case MATI

FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE-A	VALUE-A	DISTANCE-B	VALUE-B
241	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1688,6500	1,0000	-1688,6500
242	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1688,6500	1,0000	-1688,6500
243	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1688,6500	1,0000	-1688,6500
251	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1688,6500	1,0000	-1688,6500
252	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1688,6500	1,0000	-1688,6500
253	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1688,6500	1,0000	-1688,6500
244	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-790,2800	1,0000	-790,2800
249	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-790,2800	1,0000	-790,2800
261	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1687,6303	1,0000	-1687,6303
267	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1687,6303	1,0000	-1687,6303
273	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1687,6303	1,0000	-1687,6303
279	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-869,8179	1,0000	-869,8179
262	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
263	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
264	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
265	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
266	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
268	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
269	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
270	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
271	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
272	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
274	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
275	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
276	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
277	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
278	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2277,0263	1,0000	-2277,0263
284	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1392,9323	1,0000	-1392,9323
280	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-438,4780	1,0000	-438,4780
281	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-438,4780	1,0000	-438,4780
282	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-438,4780	1,0000	-438,4780
283	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-438,4780	1,0000	-438,4780
297	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1783,4836	1,0000	-1783,4836
298	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1783,4836	1,0000	-1783,4836
304	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1783,4836	1,0000	-1783,4836
305	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1783,4836	1,0000	-1783,4836
311	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1783,4836	1,0000	-1783,4836

189	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-2283,1446	1,0000	-2283,1446
184	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1483,6871	1,0000	-1483,6871
187	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1483,6871	1,0000	-1483,6871
190	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1483,6871	1,0000	-1483,6871
164	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-606,7311	1,0000	-606,7311
165	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-656,6972	1,0000	-656,6972
198	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1483,6871	1,0000	-1483,6871
199	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1483,6871	1,0000	-1483,6871
200	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1483,6871	1,0000	-1483,6871
209	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1483,6871	1,0000	-1483,6871
210	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1483,6871	1,0000	-1483,6871
211	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1483,6871	1,0000	-1483,6871
197	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-606,7311	1,0000	-606,7311
208	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-606,7311	1,0000	-606,7311
58	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-656,6972	1,0000	-656,6972
158	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-954,4544	1,0000	-954,4544
59	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-954,4544	1,0000	-954,4544
104	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-954,4544	1,0000	-954,4544
112	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1372,5380	1,0000	-1372,5380
135	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1372,5380	1,0000	-1372,5380
166	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1480,6279	1,0000	-1480,6279
202	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1480,6279	1,0000	-1480,6279
238	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1372,5380	1,0000	-1372,5380
239	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1372,5380	1,0000	-1372,5380
245	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-1372,5380	1,0000	-1372,5380

Lampiran 1.13

SAP2000 v7.42 File: PORTAL BENAR TENAN Kgf-m Units PAGE 9
1/17/03 22:20:33

GLAGAH

FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE	VALUE
262	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
263	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
264	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
265	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
266	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
268	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
269	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
270	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
271	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
272	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
274	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
275	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
276	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
277	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
278	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
285	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-1820,1934
286	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-1820,1934
288	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-1820,1934
289	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-112,1688
284	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-6576,1497
299	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
300	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
301	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
302	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
303	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
306	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
307	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
308	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
309	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
310	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
313	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
314	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
315	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
316	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
317	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-10072,7565
301	FORCE	GLOBAL-Z	0,6667	-1233,8566
308	FORCE	GLOBAL-Z	0,6667	-1233,8566
315	FORCE	GLOBAL-Z	0,6667	-1233,8566
325	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-1820,1934
326	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-1820,1934
327	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-1820,1934
328	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-112,1688
355	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-5551,3350
298	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3321,2156
305	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3321,2156
312	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3321,2156
324	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-6576,1497
354	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-2775,6675
41	FORCE	GLOBAL-Z	0,3300	-4184,9153
41	FORCE	GLOBAL-Z	0,6700	-4184,9153
44	FORCE	GLOBAL-Z	0,3300	-4184,9153
44	FORCE	GLOBAL-Z	0,6700	-4184,9153
47	FORCE	GLOBAL-Z	0,3300	-4184,9153
47	FORCE	GLOBAL-Z	0,6700	-4184,9153
83	FORCE	GLOBAL-Z	0,3330	-6604,7018
86	FORCE	GLOBAL-Z	0,3330	-6604,7018

89	FORCE	GLOBAL-Z	0,3330	-6604,7018
57	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-3715,8458
82	FORCE	GLOBAL-Z	0,3330	-4184,9153
82	FORCE	GLOBAL-Z	0,6670	-4184,9153
85	FORCE	GLOBAL-Z	0,3330	-4184,9153
85	FORCE	GLOBAL-Z	0,6670	-4184,9153
88	FORCE	GLOBAL-Z	0,3330	-4184,9153
88	FORCE	GLOBAL-Z	0,6670	-4184,9153
72	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-1411,2872
106	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-13209,4036
108	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-13209,4036
110	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-13209,4036
113	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-10572,4175
136	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-10572,4175
129	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-13209,4036
131	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-13209,4036
133	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-13209,4036
134	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-7431,6916
111	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-7431,6916
152	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-13209,4036
154	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-13209,4036
156	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-13209,4036
157	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-7431,6916
231	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-13209,4036
233	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-13209,4036
235	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-13209,4036
236	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-7431,6916
237	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-10572,4175
173	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-1411,2872
112	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-5286,2087
166	FORCE	GLOBAL-Z	0,2500	-4362,3459
166	FORCE	GLOBAL-Z	0,7500	-4362,3459

SAP2000 v7.42 File: PORTAL BENAR TENAN Kgf-m Units PAGE 10
1/17/03 22:20:33

GLAGAH

FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE-A	VALUE-A	DISTANCE-B	VALUE-B
241	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-251,8699	1,0000	-251,8699
242	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-251,8699	1,0000	-251,8699
243	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-251,8699	1,0000	-251,8699
251	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-251,8699	1,0000	-251,8699
252	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-251,8699	1,0000	-251,8699
253	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-251,8699	1,0000	-251,8699
244	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-202,9235	1,0000	-202,9235
249	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-202,9235	1,0000	-202,9235
261	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-605,7114	1,0000	-605,7114
267	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-605,7114	1,0000	-605,7114
273	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-605,7114	1,0000	-605,7114
262	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
263	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
264	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
265	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
266	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
268	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
269	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
270	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
271	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
272	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
274	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
275	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
276	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
277	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
278	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-713,8013	1,0000	-713,8013
280	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-112,1688	1,0000	-112,1688
281	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-112,1688	1,0000	-112,1688
282	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-112,1688	1,0000	-112,1688
283	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-112,1688	1,0000	-112,1688
284	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-601,6326	1,0000	-601,6326
297	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-566,9622	1,0000	-566,9622
298	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-566,9622	1,0000	-566,9622
304	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-566,9622	1,0000	-566,9622
305	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-566,9622	1,0000	-566,9622
311	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-566,9622	1,0000	-566,9622
312	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-566,9622	1,0000	-566,9622
299	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-965,6712	1,0000	-965,6712
300	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-965,6712	1,0000	-965,6712
301	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-965,6712	1,0000	-965,6712
302	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-965,6712	1,0000	-965,6712
303	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-965,6712	1,0000	-965,6712
306	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-965,6712	1,0000	-965,6712
307	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-965,6712	1,0000	-965,6712
308	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-965,6712	1,0000	-965,6712
309	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-965,6712	1,0000	-965,6712
310	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-965,6712	1,0000	-965,6712
313	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-965,6712	1,0000	-965,6712
314	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-965,6712	1,0000	-965,6712

FC	210	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-387,4922	1,0000	-387,4922
FO	197	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-156,0166	1,0000	-156,0166
FO	208	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-156,0166	1,0000	-156,0166
FO	59	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-156,0166	1,0000	-156,0166
FC	104	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-156,0166	1,0000	-156,0166
FC	112	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-336,5063	1,0000	-336,5063
FC	135	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-336,5063	1,0000	-336,5063
FC	166	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-336,5063	1,0000	-336,5063
FC	202	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-336,5063	1,0000	-336,5063
FC	238	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-336,5063	1,0000	-336,5063
FC	239	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-336,5063	1,0000	-336,5063
FC	245	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-336,5063	1,0000	-336,5063

Lampiran 1.16

SAP2000 v7.42 File: PORTAL BENAR TENAN Kgf-m Units PAGE 11
1/17/03 22:20:34

GLAGAH

FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE	VALUE
262	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
263	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
264	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
265	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
266	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
268	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
269	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
270	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
271	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
272	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
274	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
275	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
276	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
277	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
278	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
284	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-1211,4228
298	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-1101,2935
305	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-1101,2935
312	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-1101,2935
299	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
300	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
301	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
302	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
303	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
306	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
307	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
308	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
309	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
310	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
313	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
314	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
315	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
316	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
317	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-3029,5768
324	FORCE	GLOBAL-Z	0,5000	-1211,4228
41	FORCE	GLOBAL-Z	0,3300	-1102,3132
41	FORCE	GLOBAL-Z	0,6700	-1102,3132
44	FORCE	GLOBAL-Z	0,3300	-1102,3132
44	FORCE	GLOBAL-Z	0,6700	-1102,3132
47	FORCE	GLOBAL-Z	0,3300	-1102,3132
47	FORCE	GLOBAL-Z	0,6700	-1102,3132
82	FORCE	GLOBAL-Z	0,3330	-1102,3132
82	FORCE	GLOBAL-Z	0,6670	-1102,3132
85	FORCE	GLOBAL-Z	0,3330	-1102,3132
85	FORCE	GLOBAL-Z	0,6670	-1102,3132
88	FORCE	GLOBAL-Z	0,3330	-1102,3132
88	FORCE	GLOBAL-Z	0,6670	-1102,3132
57	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-424,2019
83	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-424,2019
83	FORCE	GLOBAL-Z	0,3330	-1272,6058
86	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-424,2019
86	FORCE	GLOBAL-Z	0,3330	-1272,6058
89	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-424,2019
89	FORCE	GLOBAL-Z	0,3330	-1272,6058
111	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-848,4039
113	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-1762,0696
106	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-2545,2116
108	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-2545,2116
110	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-2545,2116
129	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-2545,2116
131	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-2545,2116
133	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-2545,2116
134	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-848,4039
136	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-1762,0696
152	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-2545,2116
154	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-2545,2116
156	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-2545,2116
158	FORCE	GLOBAL-Z	1,0000	-1762,0696

GLAGAH

FRAME ELEMENT FORCES

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
31	MATI	0.00	-1471.39	3.48	9.267E-01	-3.592E-01	1.73	57.44
		2.80	-1503.72	3.48	9.267E-01	-3.592E-01	-8.691E-01	47.71
		5.60	-1536.05	3.48	9.267E-01	-3.592E-01	-3.46	37.97
31	HIDUP	0.00	-320.92	1.68	1.944E-01	-4.993E-02	3.443E-01	15.87
		2.80	-320.92	1.68	1.944E-01	-4.993E-02	-2.001E-01	11.17
		5.60	-320.92	1.68	1.944E-01	-4.993E-02	-7.445E-01	6.48
31	GEMPAX	0.00	172.04	-83.85	-1.55	-1.38	-3.07	-128.02
		2.80	172.04	-83.85	-1.55	-1.38	1.27	106.78
		5.60	172.04	-83.85	-1.55	-1.38	5.62	341.57
31	GEMPAY	0.00	2.04	-4.490E-01	71.02	-1.83	144.65	-6.140E-01
		2.80	2.04	-4.490E-01	71.02	-1.83	-54.21	6.433E-01
		5.60	2.04	-4.490E-01	71.02	-1.83	-253.06	1.90
31	GEMPAXX	0.00	-172.15	83.69	-3.09	8.954E-01	-6.37	127.82
		2.80	-172.15	83.69	-3.09	8.954E-01	2.27	-106.52
		5.60	-172.15	83.69	-3.09	8.954E-01	10.92	-340.85
31	GEMPAYY	0.00	4.62	-1.41	-56.45	-8.491E-01	-114.73	-1.88
		2.80	4.62	-1.41	-56.45	-8.491E-01	43.33	2.07
		5.60	4.62	-1.41	-56.45	-8.491E-01	201.39	6.02
31	COMB1	0.00	-2279.14	6.85	1.42	-5.109E-01	2.62	94.31
		2.80	-2317.93	6.85	1.42	-5.109E-01	-1.36	75.12
		5.60	-2356.72	6.85	1.42	-5.109E-01	-5.35	55.93
31	COMB2	0.00	-1168.86	-72.46	18.61	-2.05	37.84	-63.69
		2.80	-1197.96	-72.46	18.61	-2.05	-14.27	139.21
		5.60	-1227.05	-72.46	18.61	-2.05	-66.39	342.10
31	COMB3	0.00	-1275.97	-19.92	64.33	-2.34	130.91	16.58
		2.80	-1305.06	-19.92	64.33	-2.34	-49.22	72.34
		5.60	-1334.15	-19.92	64.33	-2.34	-229.36	128.11
31	COMB4	0.00	-1168.17	-72.72	-15.80	-1.79	-32.19	-64.03
		2.80	-1197.26	-72.72	-15.80	-1.79	12.06	139.59
		5.60	-1226.35	-72.72	-15.80	-1.79	56.32	343.21
31	COMB5	0.00	-1273.64	-20.78	-50.39	-1.46	-102.53	15.43
		2.80	-1302.73	-20.78	-50.39	-1.46	38.56	73.62
		5.60	-1331.83	-20.78	-50.39	-1.46	179.65	131.82
31	COMB6	0.00	-1478.64	78.33	17.23	-1.093E-02	34.87	166.57
		2.80	-1507.73	78.33	17.23	-1.093E-02	-13.37	-52.76
		5.60	-1536.83	78.33	17.23	-1.093E-02	-61.62	-272.08
31	COMB7	0.00	-1368.90	25.32	63.92	-1.73	130.02	85.65
		2.80	-1397.99	25.32	63.92	-1.73	-48.95	14.75
		5.60	-1427.09	25.32	63.92	-1.73	-227.93	-56.14
31	COMB8	0.00	-1477.94	78.07	-17.19	2.533E-01	-35.16	166.22
		2.80	-1507.04	78.07	-17.19	2.533E-01	12.96	-52.37
		5.60	-1536.13	78.07	-17.19	2.533E-01	61.08	-270.97
31	COMB9	0.00	-1366.57	24.45	-50.80	-8.457E-01	-103.42	84.51
		2.80	-1395.67	24.45	-50.80	-8.457E-01	38.83	16.04
		5.60	-1424.76	24.45	-50.80	-8.457E-01	181.08	-52.44
31	COMB10	0.00	-1565.85	-83.48	21.84	-2.43	44.37	-64.31
		2.80	-1599.80	-83.48	21.84	-2.43	-16.78	169.45
		5.60	-1633.74	-83.48	21.84	-2.43	-77.92	403.20
31	COMB11	0.00	-1690.81	-22.18	75.18	-2.76	152.94	29.33
		2.80	-1724.75	-22.18	75.18	-2.76	-57.55	91.44
		5.60	-1758.69	-22.18	75.18	-2.76	-268.05	153.54
31	COMB12	0.00	-1927.26	92.44	20.23	-4.420E-02	40.90	204.32
		2.80	-1961.20	92.44	20.23	-4.420E-02	-15.73	-54.51
		5.60	-1995.14	92.44	20.23	-4.420E-02	-72.36	-313.34
31	COMB13	0.00	-1799.23	30.60	74.69	-2.05	151.90	109.92
		2.80	-1833.17	30.60	74.69	-2.05	-57.24	24.25
		5.60	-1867.11	30.60	74.69	-2.05	-266.38	-61.42
31	COMB14	0.00	-1565.04	-83.79	-18.32	-2.12	-37.34	-64.71
		2.80	-1598.98	-83.79	-18.32	-2.12	13.95	169.90
		5.60	-1632.92	-83.79	-18.32	-2.12	65.23	404.50
31	COMB15	0.00	-1688.09	-23.19	-58.67	-1.73	-119.40	28.00

31	COMB16	5.60	-1755.98	-23.19	-58.67	-1.73	209.12	157.87
		0.00	-1926.44	92.14	-19.93	2.641E-01	-40.80	203.92
		2.80	-1960.39	92.14	-19.93	2.641E-01	15.00	-54.06
		5.60	-1994.33	92.14	-19.93	2.641E-01	70.79	-121.05
31	COMB17	0.00	-1796.51	29.59	-59.15	-1.02	-120.44	108.59
		2.80	-1830.46	29.59	-59.15	-1.02	45.17	25.75
		5.60	-1864.40	29.59	-59.15	-1.02	210.79	-57.10

Lampiran 19

GLAGAH

FRAME ELEMENT FORCES

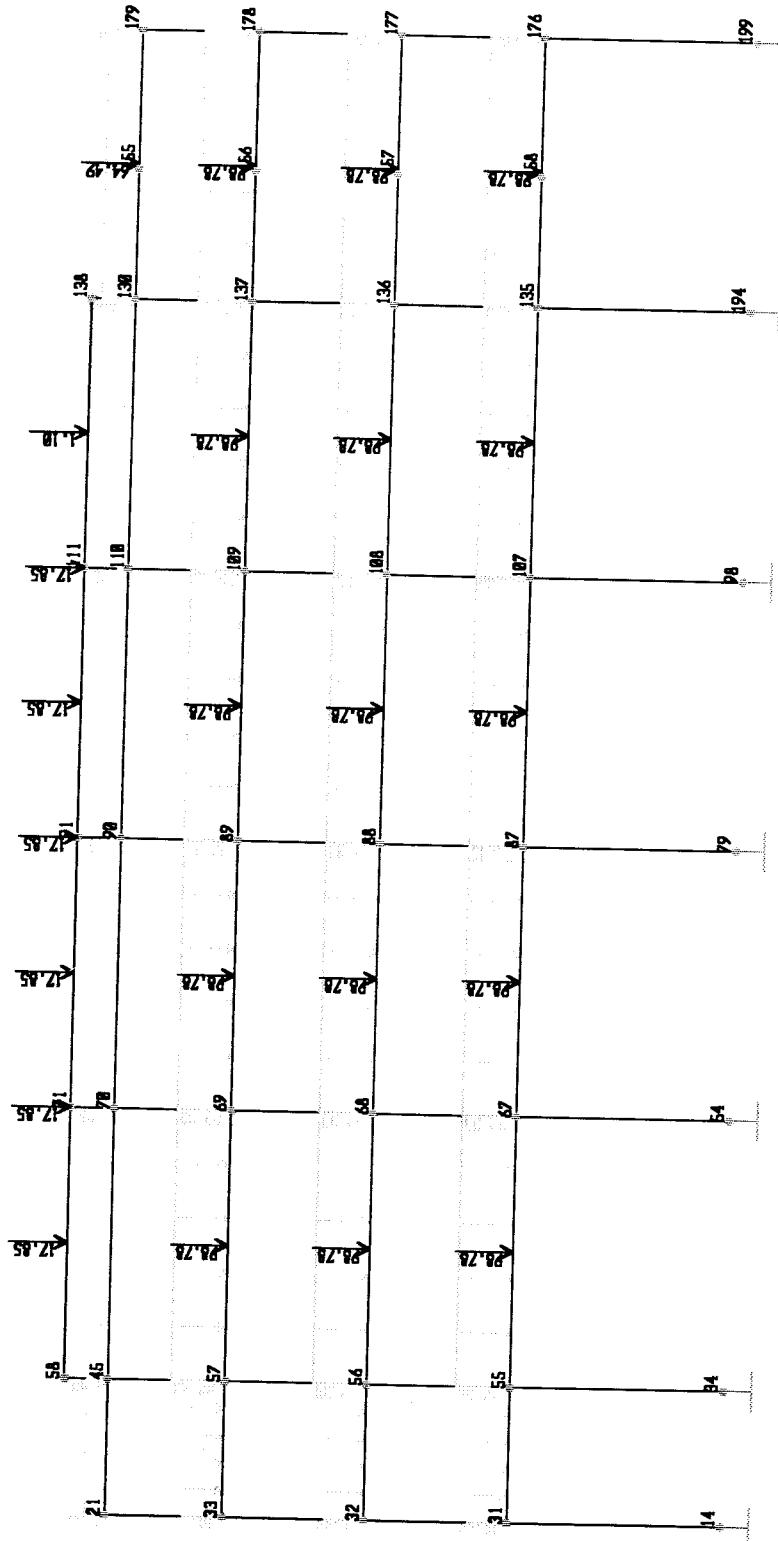
FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
151	MATI	0.00	-11.15	-77.75	1.20	3.715E-01	4.41	-39.82
		1.80	-11.15	-27.05	1.20	3.715E-01	2.25	54.50
		3.60	-11.15	23.64	1.20	3.715E-01	8.443E-02	57.58
		5.40	-11.15	74.33	1.20	3.715E-01	-2.08	-30.59
		7.20	-11.15	125.02	1.20	3.715E-01	-4.24	-210.01
151	HIDUP	0.00	-4.530E-01	-24.84	2.627E-01	5.595E-02	9.599E-01	-18.10
		1.80	-4.530E-01	-9.98	2.627E-01	5.595E-02	4.871E-01	13.24
		3.60	-4.530E-01	4.89	2.627E-01	5.595E-02	1.426E-02	17.82
		5.40	-4.530E-01	19.76	2.627E-01	5.595E-02	-4.586E-01	-4.37
		7.20	-4.530E-01	34.63	2.627E-01	5.595E-02	-9.314E-01	-53.32
151	GEMPAX	0.00	-13.62	60.12	1.77	2.817E-01	6.73	216.55
		1.80	-13.62	60.12	1.77	2.817E-01	3.55	108.34
		3.60	-13.62	60.12	1.77	2.817E-01	3.635E-01	1.214E-01
		5.40	-13.62	60.12	1.77	2.817E-01	-2.82	-108.09
		7.20	-13.62	60.12	1.77	2.817E-01	-6.00	-216.31
151	GEMPAY	0.00	-1.57	3.649E-01	1.01	1.22	2.96	1.33
		1.80	-1.57	3.649E-01	1.01	1.22	1.14	6.762E-01
		3.60	-1.57	3.649E-01	1.01	1.22	-6.824E-01	1.947E-02
		5.40	-1.57	3.649E-01	1.01	1.22	-2.50	-6.373E-01
		7.20	-1.57	3.649E-01	1.01	1.22	-4.32	-1.29
151	GEMPAXX	0.00	-13.68	-60.21	-1.76	-2.808E-01	-5.98	-216.65
		1.80	-13.68	-60.21	-1.76	-2.808E-01	-2.82	-108.26
		3.60	-13.68	-60.21	-1.76	-2.808E-01	3.376E-01	1.225E-01
		5.40	-13.68	-60.21	-1.76	-2.808E-01	3.50	108.51
		7.20	-13.68	-60.21	-1.76	-2.808E-01	6.66	216.90
151	GEMPAYY	0.00	1.62	4.402E-01	6.971E-01	7.047E-01	3.23	1.57
		1.80	1.62	4.402E-01	6.971E-01	7.047E-01	1.97	7.727E-01
		3.60	1.62	4.402E-01	6.971E-01	7.047E-01	7.159E-01	-1.967E-02
		5.40	1.62	4.402E-01	6.971E-01	7.047E-01	-5.389E-01	-8.121E-01
		7.20	1.62	4.402E-01	6.971E-01	7.047E-01	-1.79	-1.60
151	COMB1	0.00	-14.11	-133.05	1.86	5.353E-01	6.83	-76.74
		1.80	-14.11	-48.43	1.86	5.353E-01	3.48	86.59
		3.60	-14.11	36.19	1.86	5.353E-01	1.241E-01	97.60
		5.40	-14.11	120.81	1.86	5.353E-01	-3.23	-43.70
		7.20	-14.11	205.43	1.86	5.353E-01	-6.58	-337.32
151	COMB2	0.00	-22.72	-15.77	2.95	9.178E-01	10.82	159.42
		1.80	-22.72	29.86	2.95	9.178E-01	5.52	146.74
		3.60	-22.72	75.48	2.95	9.178E-01	2.189E-01	51.94
		5.40	-22.72	121.10	2.95	9.178E-01	-5.08	-124.99
		7.20	-22.72	166.73	2.95	9.178E-01	-10.39	-384.04
151	COMB3	0.00	-15.13	-53.41	2.47	1.51	8.45	23.83
		1.80	-15.13	-7.79	2.47	1.51	4.00	78.91
		3.60	-15.13	37.83	2.47	1.51	-4.400E-01	51.87
		5.40	-15.13	83.46	2.47	1.51	-4.88	-57.29
		7.20	-15.13	129.08	2.47	1.51	-9.33	-248.58
151	COMB4	0.00	-21.86	-15.75	2.86	7.781E-01	10.90	159.48
		1.80	-21.86	29.88	2.86	7.781E-01	5.75	146.76
		3.60	-21.86	75.50	2.86	7.781E-01	5.964E-01	51.92
		5.40	-21.86	121.12	2.86	7.781E-01	-4.55	-125.04
		7.20	-21.86	166.75	2.86	7.781E-01	-9.70	-384.12
151	COMB5	0.00	-12.26	-53.34	2.19	1.04	8.69	24.04
		1.80	-12.26	-7.72	2.19	1.04	4.75	79.00
		3.60	-12.26	37.90	2.19	1.04	8.184E-01	51.84
		5.40	-12.26	83.53	2.19	1.04	-3.12	-57.45
		7.20	-12.26	129.15	2.19	1.04	-7.05	-248.86
151	COMB6	0.00	-22.77	-124.07	-2.252E-01	4.116E-01	-6.152E-01	-230.46
		1.80	-22.77	-78.44	-2.252E-01	4.116E-01	-2.098E-01	-48.20
		3.60	-22.77	-32.82	-2.252E-01	4.116E-01	1.956E-01	51.94
		5.40	-22.77	12.80	-2.252E-01	4.116E-01	6.010E-01	69.95
		7.20	-22.77	58.43	-2.252E-01	4.116E-01	1.01	5.85
151	COMB7	0.00	-15.14	-85.90	1.52	1.36	5.02	-93.13
		1.80	-15.14	-40.28	1.52	1.36	2.28	20.43
		3.60	-15.14	5.34	1.52	1.36	-4.470E-01	51.87
		5.40	-15.14	50.97	1.52	1.36	-3.18	1.19
		7.20	-15.14	96.59	1.52	1.36	-5.91	-131.61
151	COMB8	0.00	-21.91	-124.05	-3.100E-01	2.719E-01	-5.430E-01	-230.40
		1.80	-21.91	-78.42	-3.100E-01	2.719E-01	1.504E-02	-48.18
		3.60	-21.91	-32.80	-3.100E-01	2.719E-01	5.731E-01	51.93
		5.40	-21.91	12.82	-3.100E-01	2.719E-01	1.13	69.90

Code	Category	Value 1	Value 2	Value 3	Value 4	Value 5	Value 6	Value 7
151	COMB9	0.00	-12.27	-85.83	1.24	8.927E-01	5.26	-92.92
		1.80	-12.27	-40.21	1.24	8.927E-01	3.03	20.52
		3.60	-12.27	5.41	1.24	8.927E-01	8.114E-01	1.03
		5.40	-12.27	51.04	1.24	8.927E-01	-1.41	1.03
		7.20	-12.27	96.66	1.24	8.927E-01	-3.63	-131.89
151	COMB10	0.00	-26.79	-34.05	3.60	1.11	13.23	174.59
		1.80	-26.79	28.55	3.60	1.11	6.75	179.54
		3.60	-26.79	91.14	3.60	1.11	2.643E-01	71.82
		5.40	-26.79	153.74	3.60	1.11	-6.22	-148.57
		7.20	-26.79	216.33	3.60	1.11	-12.71	-481.63
151	COMB11	0.00	-17.93	-77.97	3.05	1.80	10.46	16.40
		1.80	-17.93	-15.37	3.05	1.80	4.98	100.41
		3.60	-17.93	47.22	3.05	1.80	-5.043E-01	71.74
		5.40	-17.93	109.82	3.05	1.80	-5.99	-69.59
		7.20	-17.93	172.41	3.05	1.80	-11.47	-323.60
151	COMB12	0.00	-26.85	-160.40	-9.727E-02	5.154E-01	-1.130E-01	-280.27
		1.80	-26.85	-97.80	-9.727E-02	5.154E-01	6.208E-02	-47.89
		3.60	-26.85	-35.21	-9.727E-02	5.154E-01	2.372E-01	71.82
		5.40	-26.85	27.39	-9.727E-02	5.154E-01	4.122E-01	78.86
		7.20	-26.85	89.98	-9.727E-02	5.154E-01	5.873E-01	-26.77
151	COMB13	0.00	-17.95	-115.87	1.94	1.62	6.46	-120.06
		1.80	-17.95	-53.28	1.94	1.62	2.97	32.18
		3.60	-17.95	9.32	1.94	1.62	-5.125E-01	71.74
		5.40	-17.95	71.91	1.94	1.62	-4.00	-1.37
		7.20	-17.95	134.51	1.94	1.62	-7.48	-187.14
151	COMB14	0.00	-25.79	-34.02	3.50	9.430E-01	13.32	174.66
		1.80	-25.79	28.57	3.50	9.430E-01	7.01	179.57
		3.60	-25.79	91.17	3.50	9.430E-01	7.048E-01	71.80
		5.40	-25.79	153.76	3.50	9.430E-01	-5.60	-148.63
		7.20	-25.79	216.35	3.50	9.430E-01	-11.91	-481.73
151	COMB15	0.00	-14.59	-77.89	2.72	1.25	10.74	16.65
		1.80	-14.59	-15.29	2.72	1.25	5.85	100.51
		3.60	-14.59	47.30	2.72	1.25	9.638E-01	71.70
		5.40	-14.59	109.90	2.72	1.25	-3.93	-69.78
		7.20	-14.59	172.49	2.72	1.25	-8.81	-323.92
151	COMB16	0.00	-25.85	-160.37	-1.962E-01	3.524E-01	-2.876E-02	-280.20
		1.80	-25.85	-97.78	-1.962E-01	3.524E-01	3.244E-01	-47.86
		3.60	-25.85	-35.19	-1.962E-01	3.524E-01	6.776E-01	71.80
		5.40	-25.85	27.41	-1.962E-01	3.524E-01	1.03	78.80
		7.20	-25.85	90.00	-1.962E-01	3.524E-01	1.38	-26.87
151	COMB17	0.00	-14.61	-115.79	1.61	1.08	6.74	-119.81
		1.80	-14.61	-53.20	1.61	1.08	3.85	32.28
		3.60	-14.61	9.40	1.61	1.08	9.556E-01	71.70
		5.40	-14.61	71.99	1.61	1.08	-1.94	-1.55
		7.20	-14.61	134.58	1.61	1.08	-4.83	-187.47

Lampiran 121

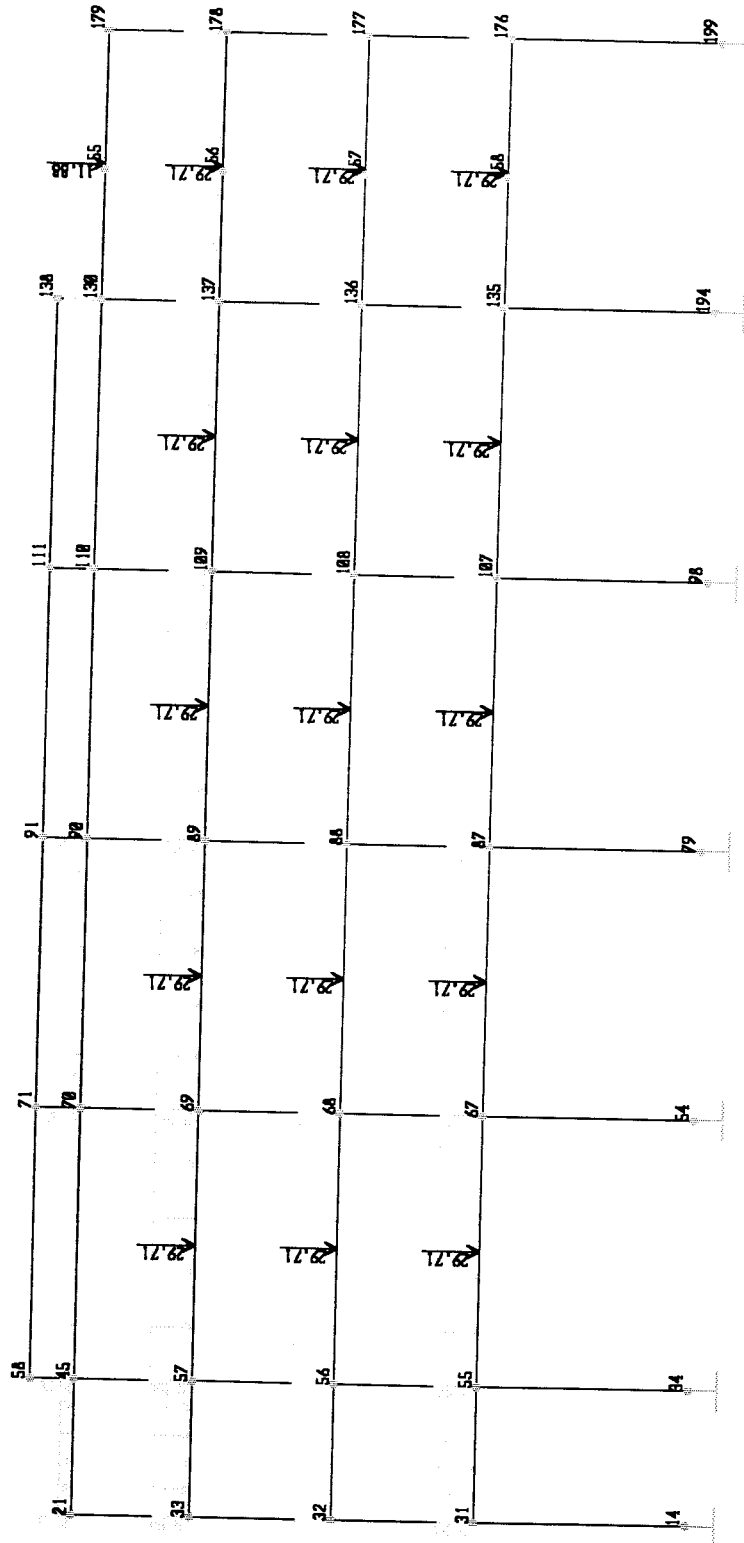
1/5/03 16:15:43

SAP2000



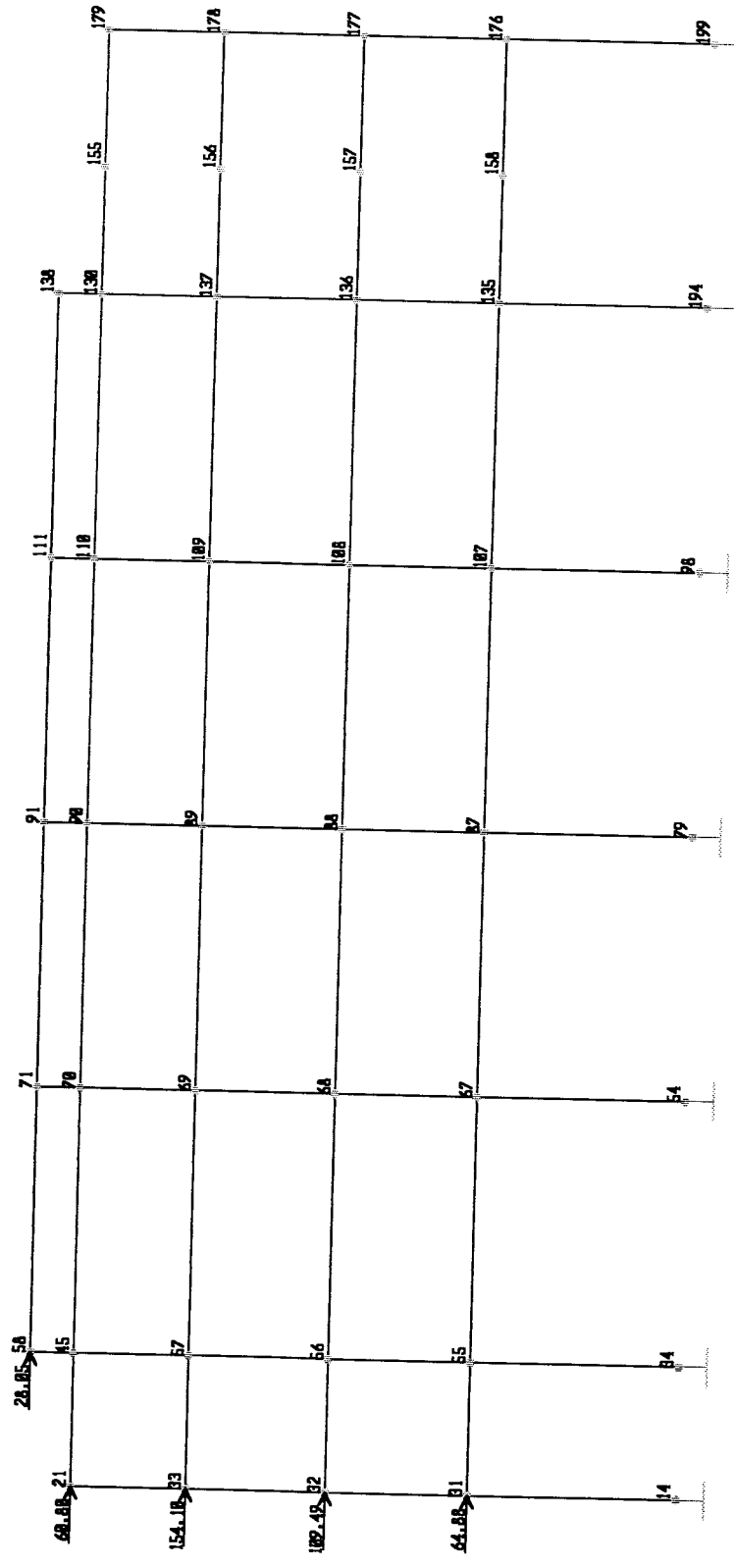
1/5/03 16:19:16

SAP2000



SAP2000

1/5/03 16:22:42



S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
BEBAN	OTHER	0,0000

J O I N T D A T A

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
7	0,00000	2,50000	1,92500	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
8	1,75000	2,50000	1,92500	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
10	4,75000	2,50000	3,85000	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000

F R A M E E L E M E N T D A T A

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
5	7	8	FSEC1	0,000	000000	4	0,000	0,000	1,000	1,750
7	8	10	FSEC1	0,000	000000	2	0,000	0,000	1,000	3,564

FRAME	S P A N	D I S T R I B U T E D	L O A D S	Load Case	BEBAN	
FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE-A	VALUE-A	DISTANCE-B	VALUE-B
5	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-24,8000	1,0000	-24,8000
7	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-30,6400	1,0000	-30,6400

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
BEBAN	OTHER	0,0000

J O I N T D A T A

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
7	0,00000	2,50000	1,92500	1 1 1 1 1 1	0,000	0,000	0,000
8	1,75000	2,50000	1,92500	0 0 0 0 0 0	0,000	0,000	0,000
9	4,75000	2,50000	0,00000	1 1 1 0 0 0	0,000	0,000	0,000

F R A M E E L E M E N T D A T A

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
5	7	8	FSEC1	0,000	000000	4	0,000	0,000	1,000	1,750
6	8	9	FSEC1	0,000	000000	2	0,000	0,000	1,000	3,564

FRAME	S P A N	D I S T R I B U T E D	L O A D S	Load Case	BEBAN	
FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE-A	VALUE-A	DISTANCE-B	VALUE-B
5	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-24,8000	1,0000	-24,8000
6	FORCE	GLOBAL-Z	0,0000	-30,6400	1,0000	-30,6400

J O I N T R E A C T I O N S

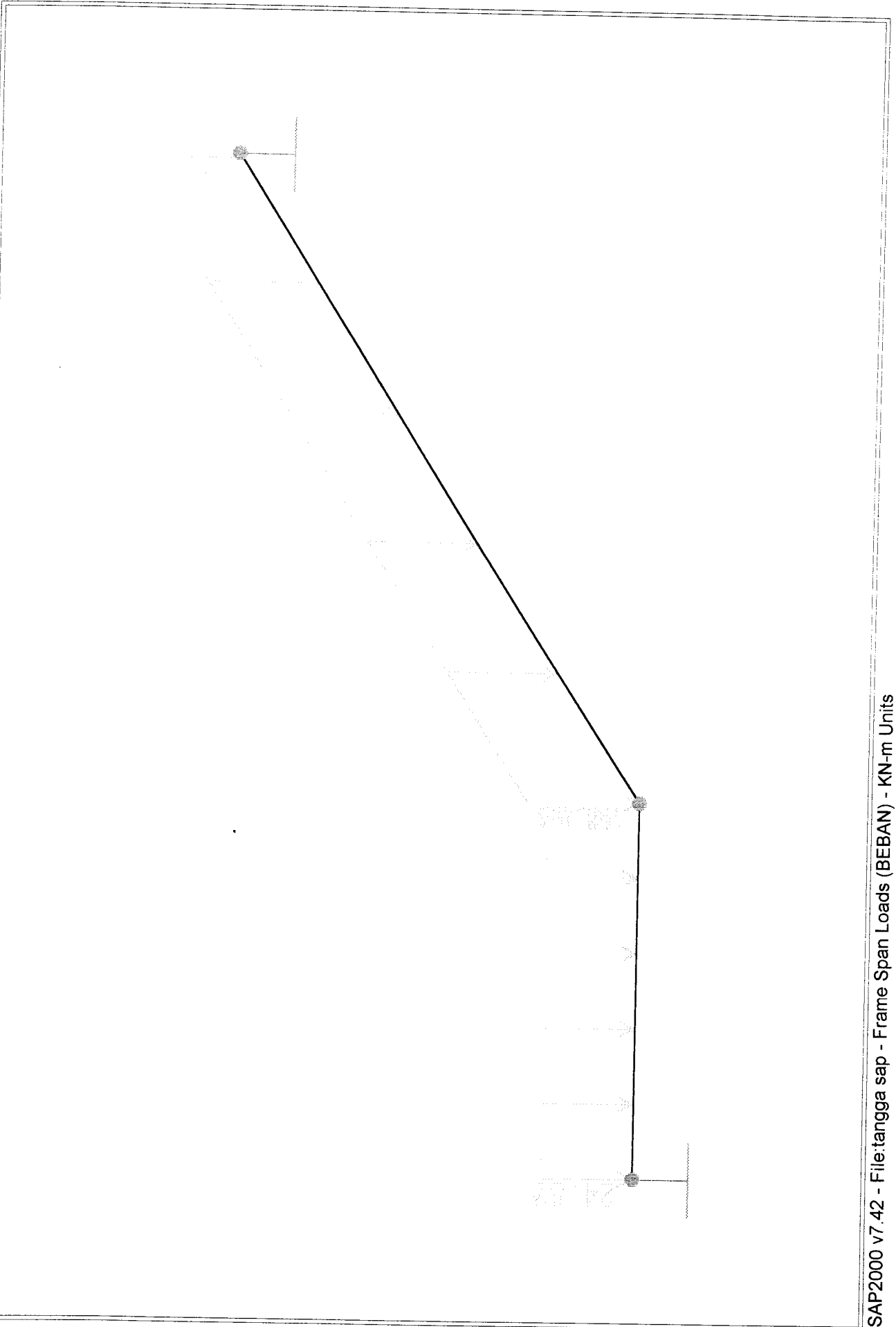
JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
7	BEBAN	-81.2592	0.0000	33.2088	0.0000	-24.4869	0.0000
10	BEBAN	81.2592	0.0000	119.4073	0.0000	42.3203	0.0000

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

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
5	BEBAN	0.00	81.26	-33.21	0.00	0.00	0.00	-24.49
		4.4E-01	81.26	-22.36	0.00	0.00	0.00	-12.33
		8.8E-01	81.26	-11.51	0.00	0.00	0.00	-4.92
		1.31	81.26	-6.588E-01	0.00	0.00	0.00	-2.26
		1.75	81.26	10.19	0.00	0.00	0.00	-4.35
7	BEBAN	0.00	73.89	-35.31	0.00	0.00	0.00	-4.35
		1.78	103.39	10.65	0.00	0.00	0.00	17.62
		3.56	132.88	56.61	0.00	0.00	0.00	-42.32

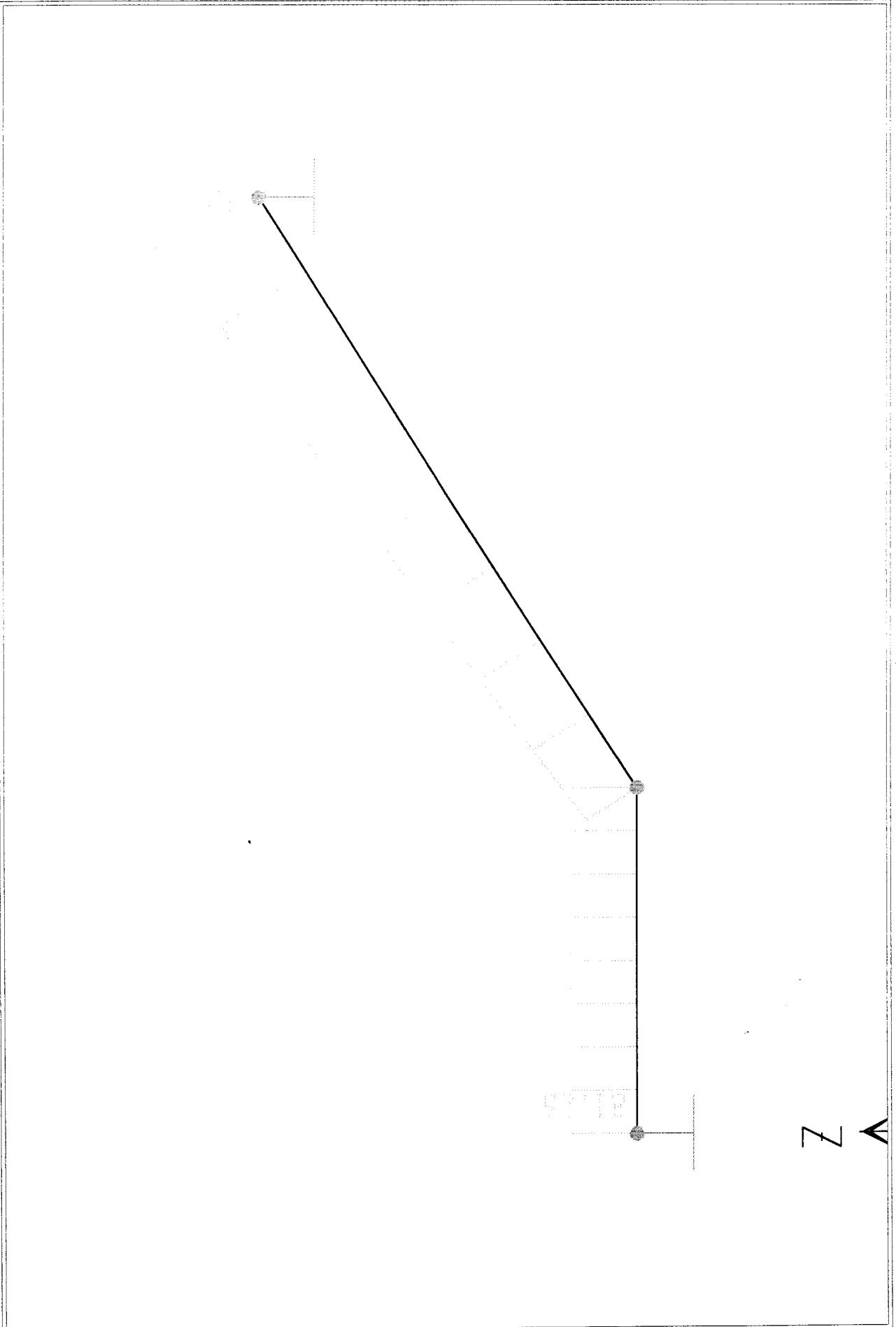
SAP2000

1/5/03 16:34:47



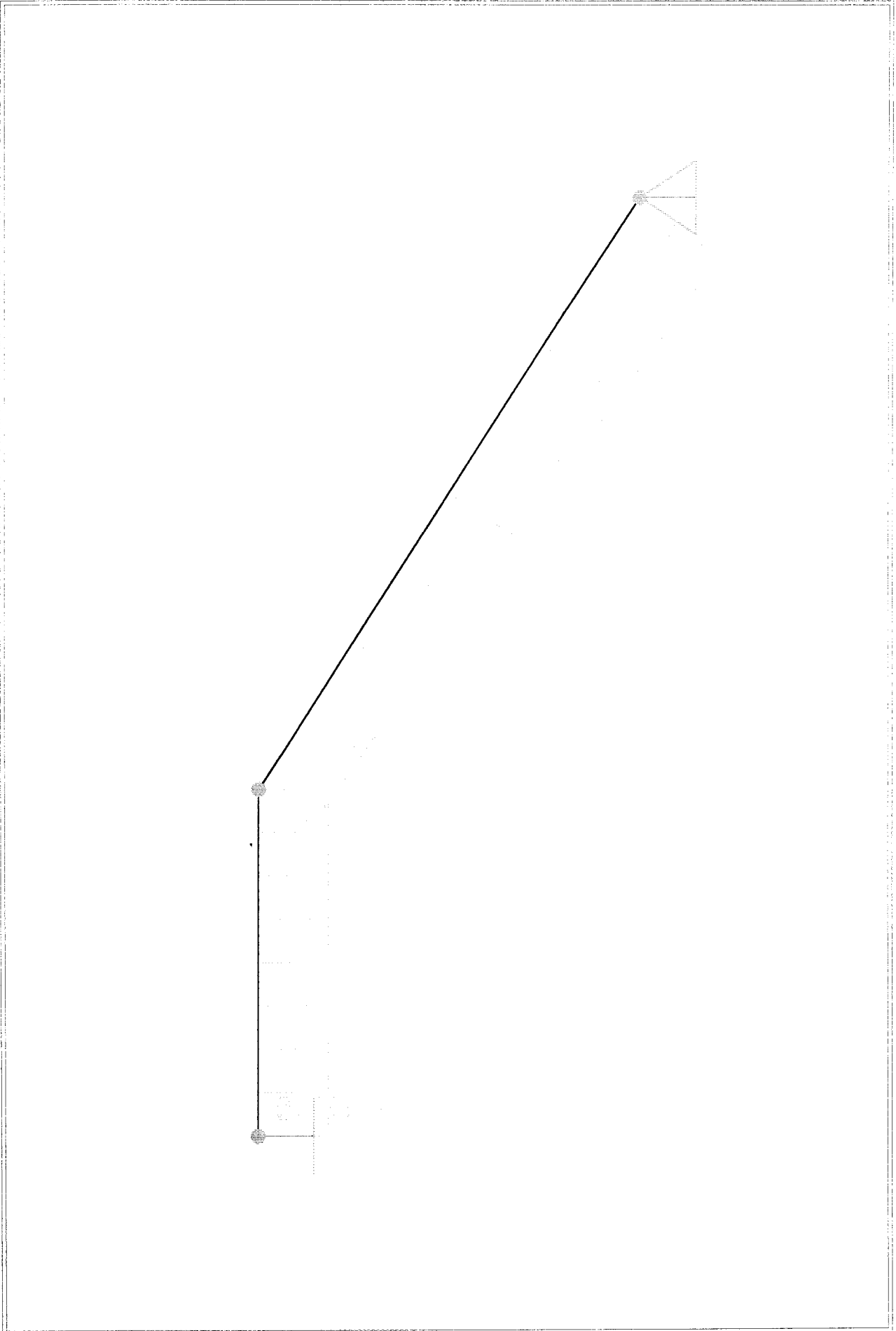
1/5/03 16:52:56

SAP2000



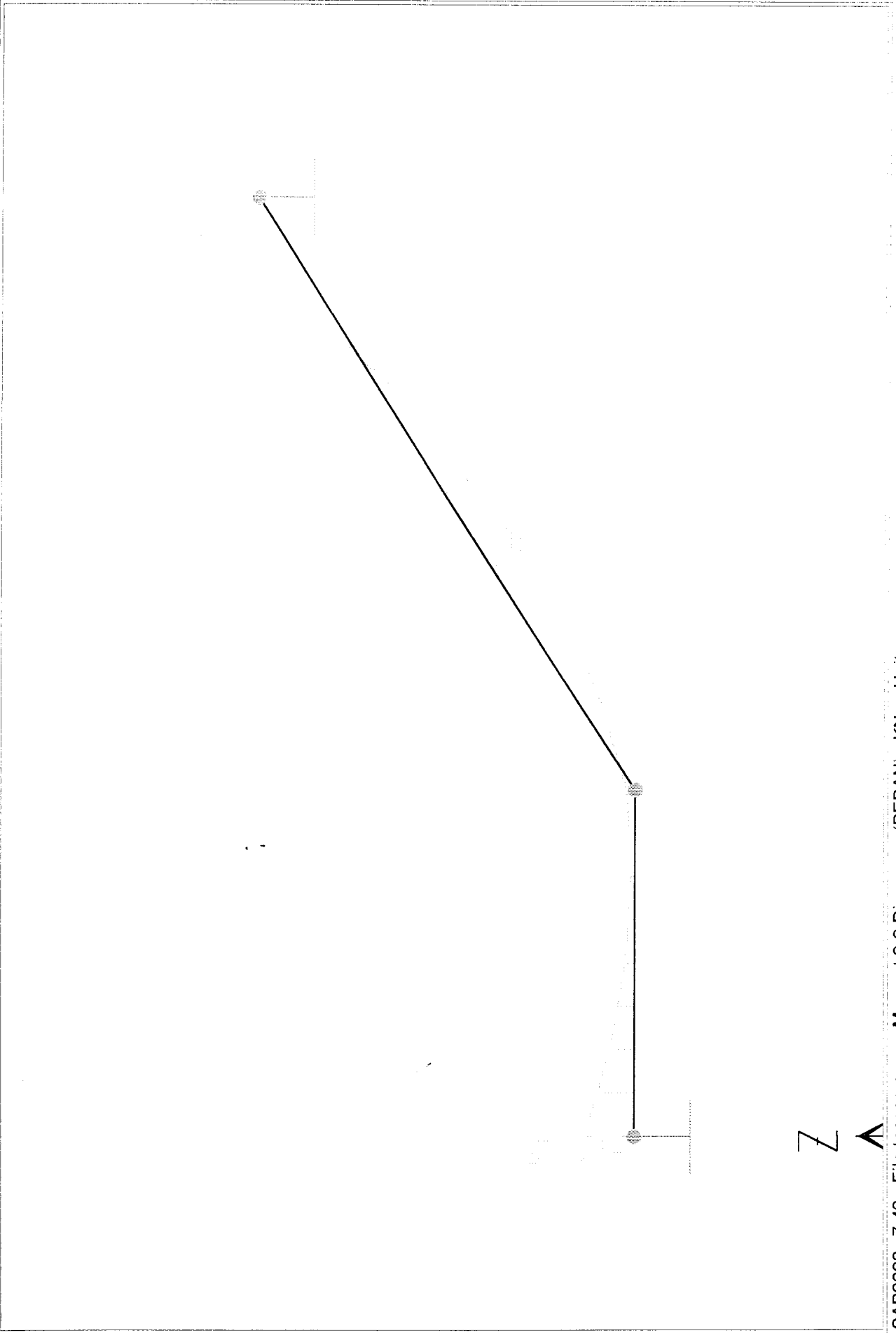
1/5/03 16:43:56

SAP2000



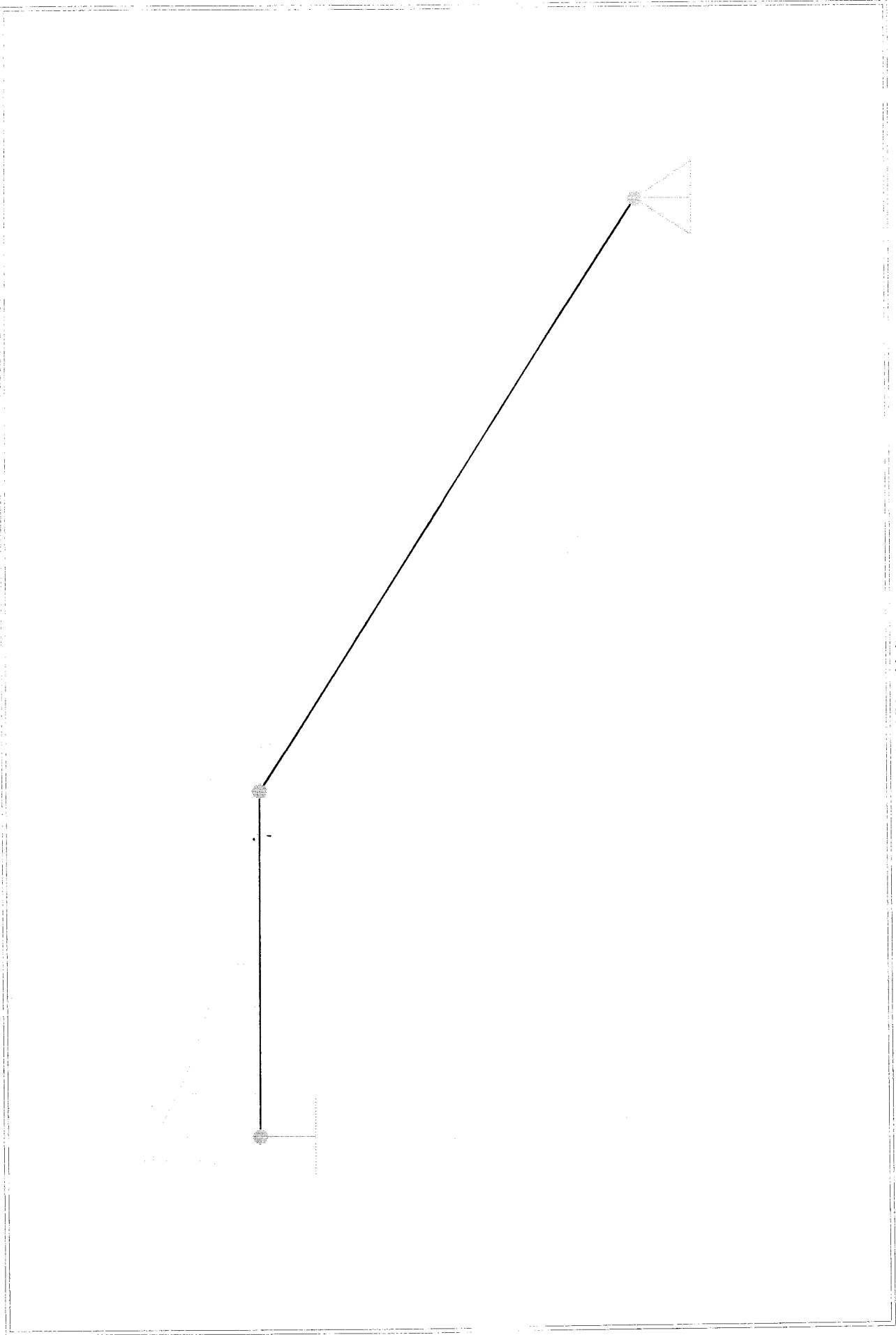
SAP2000

1/5/03 16:52:08



1/5/03 16:45:18

SAP2000



GLAGAH

G R O U P J O I N T F O R C E S U M M A T I O N

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
BASE SHEAR (Sum at X=2,275 Y=7,2 Z=0)							
	MATI	9,879	14,717	1339,317	-27,087	6,153	3,812
	HIDUP	3,293	4,073	273,902	-7,583	3,497	0,838
	GEMPAX	-65,999	1,275	254,101	-4,891	-224,837	3,723
	GEMPAY	-1,486	-80,309	190,248	275,336	-3,821	12,152
	GEMPAXX	65,744	3,645	-266,509	-11,953	223,975	-3,452
	GEMPAYY	-9,128	60,176	-114,080	-205,578	-30,562	10,578
	COMB1	13,173	18,791	1613,219	-34,671	9,650	4,650
	COMB2	-54,473	18,029	1730,369	-35,770	-216,935	7,954
	COMB3	77,270	20,399	1209,759	-42,831	231,876	0,779
	COMB4	10,041	-63,554	1666,516	244,457	4,081	16,383
	COMB5	2,398	76,930	1362,188	-236,457	-22,661	14,809

LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH
GEDUNG KAMPUS FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Fondasi merupakan struktur bawah suatu bangunan yang berfungsi untuk meneruskan berat dan beban bangunan pada tanah dasar. Dimensi fondasi harus sedemikian, sehingga tanah dasar mampu mendukung beban yang berada di atasnya, dan penurunan yang terjadi masih dalam toleransi yang aman bagi bangunan.

Data mengenai kondisi dan sifat tanah dasar merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam perancangan jenis, kedalaman dan daya dukung fondasi. Untuk keperluan tersebut, Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII diminta untuk melakukan serangkaian penyelidikan tanah pada lokasi Rencana Pembangunan Gedung Kampus Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia, yang berlokasi di Jl. Kaliurang Km 14,4 Umbulmartani, Ngemplak, Sieman, Yogyakarta.

Hasil penyelidikan tanah yang sudah dilaksanakan diharapkan dapat menyajikan data-data serta informasi-informasi yang diperlukan sehubungan dengan pekerjaan yang akan dilaksanakan.

2. Tujuan Penyelidikan

Penyelidikan tanah yang telah dilaksanakan mempunyai tujuan untuk mengetahui keadaan kekompakan atau tingkat kepadatan tanah, sifat-sifat, indeks properties dan parameter-parameter teknis tanah dasar bangunan. Data tersebut akan digunakan untuk analisis penentuan kedalaman fondasi, daya dukung tanah ijin serta perkiraan penurunan yang terjadi.

3. Waktu Pelaksanaan

Pekerjaan penyelidikan tanah yang terdiri atas pekerjaan lapangan dan pekerjaan pengujian Laboratorium telah dilaksanakan mulai tanggal 13 Juni 2001 sampai tanggal 29 Juni 2001.

II. UMUM

1. Lokasi Bangunan.

Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Kedokteran UII berlokasi di Jl. Kaliurang Km 14,4 Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta. Kondisi permukaan tanah pada lokasi bangunan yang direncanakan ini permukaannya miring keselatandengan beda tinggi sekitar 1,60 m. Areal lokasi bangunan yang direncanakan merupakan lahan bekas persawahan kering, tandus (tegalan). Pada sebelah barat berbatasan dengan jalan kampung.

2. Rencana Bangunan

Gedung untuk Kampus Fakultas Kadokteran Universitas Islam Indonesia direncanakan sebagian besar dengan merupakan bangunan 4 (empat) lantai dengan Basemant, seluas $\pm 1000 \text{ m}^2$. Menurut informasi

secara umum bangunan ini direncanakan dengan menggunakan rangka beton dengan panjang bentangan maksimum 12,00 meter.

Elevasi muka tanah berdasarkan garis kontur yang telah ditetapkan di lapangan oleh Tim Pengukuran.

3. Lingkup Pekerjaan.

Pekerjaan penyelidikan tanah yang telah dilaksanakan meliputi pekerjaan di lapangan dan pekerjaan Laboratorium.

3.1. Pekerjaan di Lapangan.

Kegiatan penyelidikan di lapangan meliputi :

- a. Semula direncanakan dilaksanakan 6 (enam) titik pengujian sondir dengan menggunakan sondir kapasitas 2,5 ton sampai mencapai lapisan tanah keras dengan nilai sondir 200 Kg/Cm^2 . Sedangkan pembacaan perlawanan nilai konus dilakukan setiap interval kedalaman 0,20 meter. Namun karena kondisi di lapangan tidak memungkinkan sehingga pengujian dengan alat sondir hanya dilakukan sebanyak 2 Titik.
- b. Semula direncanakan 3 (tiga) titik, namun untuk mengetahui kondisi perlapisan tanah secara lebih teliti maka pelaksanaan boring dilakukan sebanyak 6 titik.
- c. Pengamatan secara visual terhadap permukaan tanah di lapangan.

Lokasi titik-titik pengujian sondir dan pengujian boring dapat dilihat pada gambar terlampir laporan ini.

3.2. Kegiatan di Laboratorium.

Untuk mengetahui parameter-parameter dan sifat karakteristik tanah, dilakukan percobaan Mekanika Tanah di Laboratorium yang meliputi:

- a. Kadar air tanah (w),
- b. Berat Volume tanah basah (γ_b),
- c. Berat Volume tanah kering (γ_k),
- d. Berat Jenis Tanah (G_s),
- e. Sudut geser dalam (φ),
- f. Kohesi tanah (c).
- g. Gradasi butiran tanah.

3.3. Elevasi Dasar.

Sebagai elevasi dasar pada penyelidikan ini digunakan elevasi yang sudah ditentukan oleh tim Pengukuran. Sedangkan kedalaman lapisan-lapisan tanah diukur terhadap permukaan tanah pada masing-masing titik pengujian.

III. HASIL PENYELIDIKAN

1. Hasil Penyelidikan Lapangan.

1.1. Hasil sondir dan Boring

Hasil penyelidikan yang telah dilaksanakan terhadap 6 (enam) buah titik. Tespit (boring) dan 2 (dua) buah titik sondir menunjukkan bahwa kondisi perlapisan tanah pada lokasi ini, penyebarannya relatif merata, baik ditinjau dari kekompakannya maupun penyebaran jenis tanahnya.

Di sebelah utara penyelidikan terdapat material bekas bongkaran bahan bangunan setebal $\pm 1,00$ meter. Secara umum dari permukaan tanah hingga kedalaman 0,40 meter merupakan lapisan tanah lanau berpasir halus abu-abu kehitaman dengan tingkat kepadatan yang rendah dengan nilai konis berkisar antara 15 kg/cm^2 , hingga 25 kg/cm^2 , kemudian pada lapisan tanah dibawahnya hingga kedalaman 1,25 meter merupakan lapisan pasir dengan gradasi bervariasi dari halus hingga kasar dengan tingkat kepadatan sedang dengan nilai konis rata-rata 50 kg/cm^2 ,

Pada kedalaman 1,25 meter hingga kedalaman 6,30 meter berupa lapisan tanah pasir berkerikil sangat kompak, kadang-kadang pada lokasi tertentu banyak dijumpai batu krakal diameter 10 cm hingga batu boulder dengan diameter hingga mencapai 1 meter.

1.2. Muka Air Tanah

Pada saat dilakukan penyelidikan di lapangan pada tanggal 15 Juni 2001, hingga mencapai kedalaman 6,30 meter belum dijumpai muka air tanah. Pada saat dilakukan penyelidikan cuaca sangat panas.

1.3. Hasil Penyelidikan Laboratorium.

Hasil tes tanah di Laboratorium yang telah dilakukan terhadap sampel tanah yang diambil dari lokasi penyelidikan dapat dilihat pada Tabel terlampir.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian di lapangan dan pengujian di laboratorium, dapat disimpulkan bahwa kondisi tanah pada areal Rencana

Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia, pada permukaan hingga kedalaman 1,00 meter merupakan tanah pasiran yang masih kurang kompak. Sedangkan untuk lapisan 1,00 meter kebawah merupakan lapisan tanah pasir berkerikil yang sangat kompak, juga terdapat batu batu boulder yang relatif cukup besar-besar. Keadaan ini penyebarannya relatif cukup merata. Ketebalan lapisan pasir berkerikil dan berbatu ini hingga mencapai lebih dari 3,00 meter.

4.2. Saran

1. Dengan adanya kondisi seperti diatas maka untuk rencana bangunan tersebut dapat digunakan fondasi Telapak gabungan dengan daya dukung seperti pada lampiran. Sedangkan kedalaman fondasi dapat diletakkan pada elevasi 316,50. Sebagai dasar perhitungan dapat digunakan kapasitas dukung tanah sebesar: $\sigma = 4,25 \text{ Kg/Cm}^2$

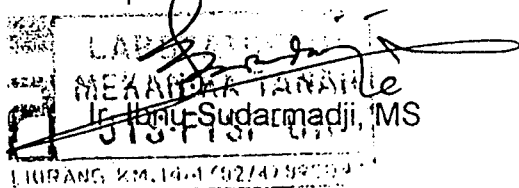
Pada pelaksanaan penggalian untuk lantai Basemant diperlukan kecermatan dalam pemilihan alat berat dengan mempertimbangkan kondisi lapisan tanah yang sangat keras dan berbatu tersebut.

V. PENUTUP

Apabila dalam pelaksanaan pekerjaan terdapat keadaan yang menyimpang, meragukan atau tidak terduga, maka perlu diadakan penyesuaian dengan keadaan tersebut, dan keputusan hendaknya ditetapkan oleh pihak-pihak yang menguasai permasalahan.

Yogyakarta, 30 Juni 2001

Kepala Laboratorium



LAMPIRAN-LAMPIRAN



KESIMPULAN HASIL UJI DI LABORATORIUM
Proyek Pembangunan Gedung Kampus Fakultas Kedokteran UJI
Alamat : Jl. Kaliurang KM 14,4, Yogyakarta

No	Kode	Properties tanah			Analisis Granuler							Parameter tegangan			Diskripsi tanah	Simbol grup				
		w %	w t/m ³	Gs t/m ³	n	e	S	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₆₀ mm	Cu	Cc	% lolos <75µm	% Kerikil			% Pasir	c	φ	
Tp 1	2.00	1,843	12,220	1,642	2,730	0,398	0,662	50,371	0,114	0,097	1,935	16,974	0,440	6,560	24,510	68,930	0,150	37	Pasir bergradasi baik	SW
Tp 1	3.00	1,667	6,020	1,572	2,710	0,420	0,724	22,548	0,139	0,536	0,843	6,065	4,574	5,980	11,750	82,270	0,076	43	Pasir bergradasi baik	SW
Tp 3	2.50	1,770	6,660	1,659	2,620	0,367	0,579	30,147	0,071	0,277	0,629	8,859	6,203	10,720	3,630	85,650	0,130	38	Pasir bergradasi baik	SW
Tp 3	3.50	1,776	10,110	1,613	2,800	0,424	0,736	38,464	0,048	0,267	1,958	40,792	2,841	19,180	31,170	49,650	0,005	43	Krikil berpasir gradasi baik	GM
Tp 4	2.70	1,651	7,550	1,535	2,750	0,444	0,798	26,115								0,090	31			
Tp 4	3.70	1,738	8,750	1,598	2,650	0,397	0,658	35,231	0,087	0,259	0,739	8,494	4,028	4,330	6,250	89,420	0,076	36	Pasir bergradasi baik	SW
Tp 4	4.30	1,564	10,720	1,413	2,650	0,467	0,876	32,429	0,031	0,187	0,716	23,097	8,425	17,950	5,670	76,380	0,041	38	Pasir bergradasi baik	SW
Tp 4	5.30	1,682	9,000	1,543	2,730	0,435	0,769	31,945	0,050	0,171	0,483	9,660	7,081	17,660	8,900	73,440	0,225	34	Pasir bergradasi baik	SW
Tp 4	6.30	1,666	6,930	1,558	2,760	0,435	0,771	24,793	0,058	0,315	3,175	54,741	1,711	13,780	36,930	49,290	0,110	33	Gravel bergradasi buruk	GP
												Koefisien Keseragaman	Koefisien Gradasi	Kadar lanau dan lempung	Kadar kerikil	Kadar pasir	Cohesi tanah	Sudut geser dalam	Klasifikasi berdasar UNIFIED	

Diperiksa oleh:

[Signature]
Ir. Ibnu Sabirin, M.S., Ph.D.
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

Dikerjakan:

[Signature]

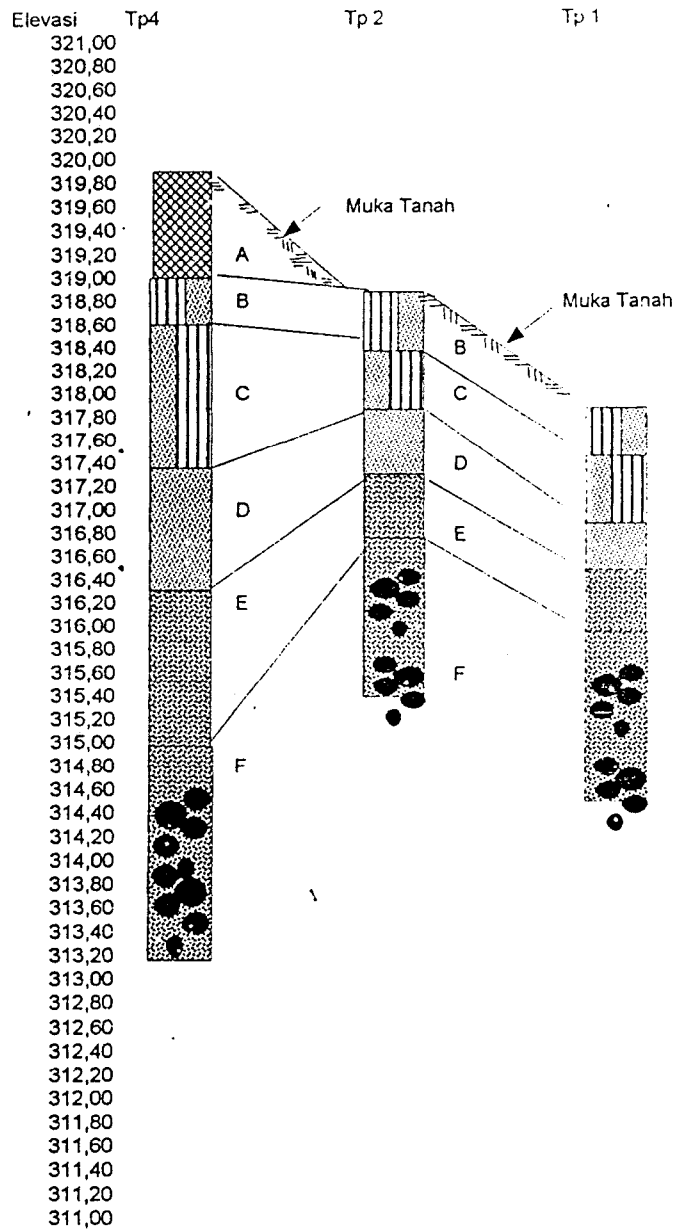
Sugiyana



GAMBAR POTONGAN MELINTANG MELINTANG HASIL UJI TES PIT

Proyek : Fakultas kedokteran UII
No Titik : TP 1
Lokasi : Kampus terpadu UII, Jl Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta

Tanggal : 18 Juni 2001
Dikerjakan : Sugiyanz



Keterangan:

- A = Tanah urugan
- B = Lumpur berpasir halus hitam lepas
- C = Pasir halus hingga sedang berlumpur abu-abu padat
- D = Pasir kasar berkerikil tajam abu-abu kompak
- E = Pasir kasar berkerakal abu-abu kecoklatan kompak
- F = pasir kasar berbatu-batu boulder kompak.

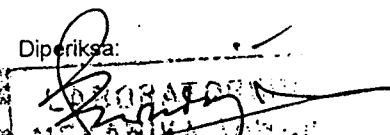



HASIL "UJI TES PIT"

Proyek : Fakultas kedokteran UII
 No Titik : TP 1
 Lokasi : Kampus terpadu UII, Jl Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta
 elevasi : +318,00 m

Tanggal : 14 Oktober 2000
 Dikerjakan : Sugiyana

Kedalaman (m)	Profil (m)	Diskripsi tanah	Kadar air (%)	Recover	Muka air tanah (m)	Uji Penetrasi Standar (SPT)						
						dalam: Nilai - N						
						(m)	0	10	20	30	40	50
0,40		Pasir halus berlanau lepas										
1,00		Pasir sedang berlanau berkerikil lepas Abu-abu										
1,40		Pasir Kasar berkerikil, hitam lepas Pasir kasar berbatu-batu Kompak										
2,25		Pasir kasar berbatu-batu sangat kompak										
3,20												
		Penggalian dihentikan, - 3,30 m										

Diperiksa: 
 Ir. Ibnu Sudarmadji, MS
 JTS-FTSP-UII
 KALURANG 2000

Dikerjakan

 Sugiyana



HASIL "UJI TES PIT"

Proyek : Fakultas kedokteran UII
 No Titik : TP 2
 Lokasi : Kampus terpadu UII, Jl Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta
 elevasi : +319,114 m

Tanggal : 14 Oktober 2000
 Dikerjakan : Sugiyana

Kedalaman (m)	Profil (m)	Diskripsi tanah	Kadar air (%)	Recover	Muka air tanah (m)	Uji Penetrasi Standar (SPT)					
						Nilai - N					
						0	10	20	30	40	50
0,40		Pasir halus berlanau lepas									
1,00		Pasir sedang berlanau berkerikil lepas Abu-abu									
1,40		Pasir Kasar berkerikil, hitam berbatu diameter 0,5 m - 1,0m									
		Penggalian dihentikan, - 1,40 m									

Diperiksa:

 Anu Sudarmadji, MS

Dikerjakan

 Sugiyana



HASIL "UJI TES PIT"

Proyek : Fakultas kedokteran UII
 No Titik : TP 3
 Lokasi : Kampus terpadu UII, Jl Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta
 elevasi : +319,00 m

Tanggal : 14 Oktober 2000
 Dikerjakan : Sugiyana

Kedalaman (m)	Profil (m)	Diskripsi tanah	Kadar air (%)	Recover	Muka air tanah (m)	Uji Penetrasi Standar (SPT)					
						dalam (m)	Nilai - N				
						0	10	20	30	40	50
0,55		Pasir halus berlanau lepas									
1,00		Pasir sedang berlanau berkerikil lepas Abu-abu									
1,50		Pasir Kasar berkerikil , hitam kompak									
1,90		Pasir kasar berbatu krakal Kompak, abu-abu									
		Pasir kasar berbatu-batu sangat kompak									
		Penggalian dihentikan, - 3,50 m									

Diperiksa

 Ir. Ibnu Sudarmadji, MS
 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 FTSP-UII
 KALIURANG KM. 14,4 (0274) 895042

Dikerjakan

 Sugiyana



HASIL "UJI TES PIT"

Proyek : Fakultas kedokteran UII
 No Titik : TP 4
 Lokasi : Kampus terpadu UII, Jl Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta
 elevasi : +320,282 m

Tanggal : 14 Oktober 2000
 Dikerjakan :
 Sugiyana

Kedalaman (m)	Profil (m)	Diskripsi tanah	Kadar air (%)	Recover	Muka air tanah (m)	Uji Penetrasi Standar (SPT)					
						dalam (m)	Nilai - N				
						0	10	20	30	40	50
0,90		Tanah urug bekas bongkaran									
1,50		Lumpur berpasir halus hitam lepas									
2,80		Pasir halus berlumpur abu-abu padat									
4,6		Pasir kasar berkerikil tajam padat									
6,3		Pasir sangat kasar berkerikil berbatu-batu sangat kompak									
		Penggalian dihentikan, - 3,50 m									

Diperiksa:

 Ir. Ibnu Sudarmadji, MS, PE
 JTS-FTSP UII

Dikerjakan

 Sugiyana



HASIL "UJI TES PIT"

Proyek : Fakultas kedokteran UII
 No Titik : TP 5
 Lokasi : Kampus terpadu UII, Jl Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta
 elevasi : +319,454 m

Tanggal : 14 Oktober 2000
 Dikerjakan : Sugiyana

Kedalaman (m)	Profil (m)	Diskripsi tanah	Kadar air (%)	Recover	Muka air tanah (m)	dalam (m)	Uji Penetrasi Standar (SPT)					
							Nilai - N					
							0	10	20	30	40	50
0,55		Pasir halus berlanau lepas Pasir sedang berlanau berkerikil berbatu kompak										
1,50		Pasir Kasar berkerikil, hitam kompak										
1,90		Pasir kasar berbatu krakal Kompak, hitam										
2,20		Pasir kasar berbatu-batu sangat kompak										
		Penggalian dihentikan, - 3,20 m										

Diperiksa:

 Ir. Ibnu Sudarmadji, MS, EIT
 UTS FTSP UII
 YOGYAKARTA KM. 14,4 (0274) 895042

Dikerjakan

 Sugiyana



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

PENGUJIAN BERAT JENIS TANAH

No Titik	TP 1		TP 1		TP 3	
	2,00 M		3,00 M		2,50 M	
Kedalaman (m)	1	2	1	2	1	2
no. Pengujian	21,70	31,69	18,75	17,01	16,60	18,10
Berat Piknometer (W1)	31,35	41,42	33,70	25,15	33,03	27,96
Berat Piknometer + tanah kering (W2)	53,32	87,32	53,40	47,50	53,03	49,70
Berat Piknometer + tanah + air (W3)	47,15	81,21	43,90	42,40	43,70	43,20
Berat Piknometer + air (W4)	25,50	25,50	25,50	25,50	25,50	25,50
Temperatur (to)	9,65	9,73	14,95	8,14	16,43	9,86
Berat tanah kering (Wt)	56,80	90,94	58,85	50,54	60,13	53,06
A = Wt + W4	3,48	3,62	5,45	3,04	7,10	3,36
Isi tanah I = A - W3	2,77	2,69	2,74	2,68	2,31	2,93
Berat jenis tanah $G_s = Wt / I$	2,73		2,71		2,62	
Berat jenis rata-rata						

No Titik	TP 3		TP 4		TP 4	
	3,50 M		2,70 M		3,70 M	
Kedalaman (m)	1	2	1	2	1	2
no. Pengujian	21,08	22,03	18,75	18,81	17,60	17,10
Berat Piknometer (W1)	37,48	41,12	27,20	27,98	25,50	26,10
Berat Piknometer + tanah kering (W2)	83,21	84,19	49,35	49,45	47,71	48,46
Berat Piknometer + tanah + air (W3)	72,60	71,98	43,91	43,65	42,95	42,70
Berat Piknometer + air (W4)	25,50	25,50	25,50	25,50	25,50	25,50
Temperatur (to)	16,40	19,09	8,45	9,17	7,90	9,00
Berat tanah kering (Wt)	89,00	91,07	52,36	52,82	50,85	51,70
A = Wt + W4	5,79	6,88	3,01	3,37	3,14	3,24
Isi tanah I = A - W3	2,83	2,77	2,81	2,72	2,52	2,78
Berat jenis tanah $G_s = Wt / I$	2,80		2,76		2,65	
Berat jenis rata-rata						

No Titik	TP 4		TP 4		TP 4	
	4,30 M		5,30 M		6,30 M	
Kedalaman (m)	1	2	1	2	1	2
no. Pengujian	18,95	23,70	18,10	32,82	21,35	18,85
Berat Piknometer (W1)	35,54	30,75	31,80	46,95	31,85	38,82
Berat Piknometer + tanah kering (W2)	51,40	53,23	52,49	90,23	76,85	83,87
Berat Piknometer + tanah + air (W3)	41,14	48,62	43,78	81,32	70,15	71,15
Berat Piknometer + air (W4)	25,50	25,50	25,50	25,50	25,50	25,50
Temperatur (to)	16,59	7,05	13,70	14,13	10,50	19,97
Berat tanah kering (Wt)	57,73	55,87	57,48	95,45	80,65	91,12
A = Wt + W4	6,33	2,64	4,99	5,22	3,80	7,25
Isi tanah I = A - W3	2,62	2,67	2,75	2,71	2,76	2,75
Berat jenis tanah $G_s = Wt / I$	2,65		2,73		2,76	
Berat jenis rata-rata						

Diperiksa Oleh:

(Signature)
 Ir. Ibnu Sudarmadji, MS

Dikrijakan oleh:

(Signature)
 Sugiyana



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

PENGUJIAN GESER LANGSUNG
(DIRECT SHEAR TEST)

DATA PROYEK

Proyek : Fakultas Kedokteran UII
 Lokasi : Kampus Terpadu UII Jl. Kaliurang KM 14,4 Yogyakarta.
 Elevasi : + 318,00 m
 Kedalaman : -2,00 m dari muka tanah

No. titik : Tp 1
 Dikerjakan : Sugiyana
 Tanggal : 25 Juni 2001

DIMENSI RING :

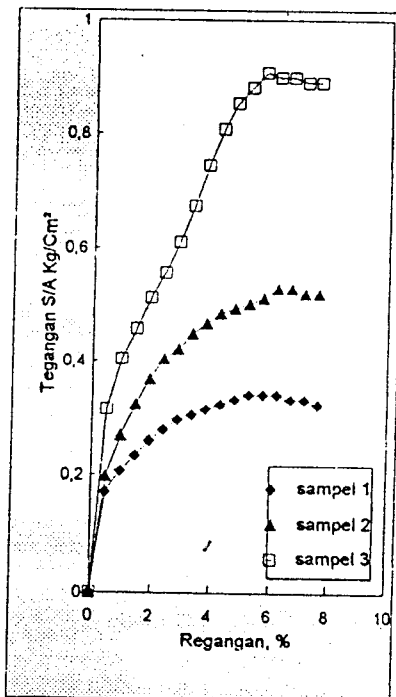
Alat No. : 1
 Diameter : 6,320 cm
 Tinggi : 2,360 cm
 Luas : 31,37069 cm²
 Volume : 74,03 cm³

Kalibrasi proving ring : 0,282 kg/div

KADAR AIR

No sampel	1	2	3
Berat cawan kosong (gram)	7,70	7,58	7,64
Berat cawan + tanah basah (gram)	48,60	52,35	50,48
Berat cawan + tanah kering (gram)	44,60	47,00	45,80
Berta Air (gram)	4,00	5,35	4,68
Berat tanah kering (gram)	36,90	39,42	38,16
Kadar air tanah (%)	10,84	13,57	12,25
Kadar air rata-rata (%)	12,221		

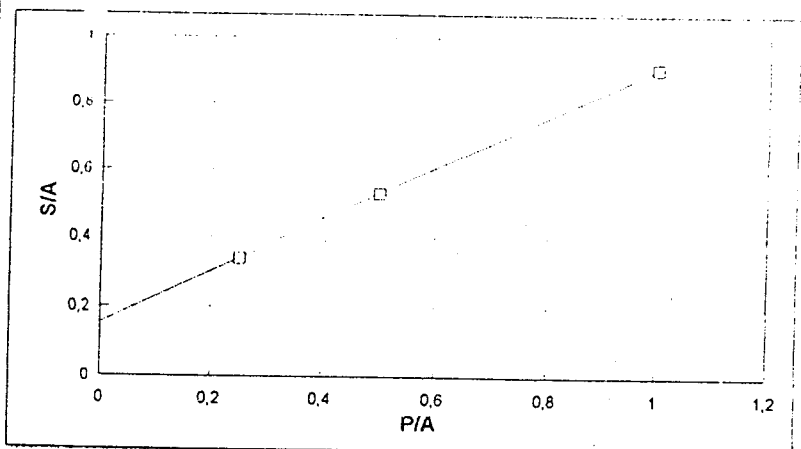
GRAFIK TEGANGAN -REGANGAN



DIMENSI SAMPEL

Specimen		1	2	3
Berat tanah + ring	gr	208	204	205
Berat ring	gr	68,55	68,55	68,55
Berat tanah	gr	139,45	135,45	136,45
Berat volume basah	gr/cm ³	1,884	1,830	1,843
Berat volume kering	gr/cm ³	1,699	1,611	1,642
Tegangan Normal	gr/cm ²	0,25	0,50	1,00
Tegangan Geser Maksimum	gr/cm ²	0,34159	0,53037	0,90792

GRAFIK TEGANGAN NORMAL - TEGANGAN GESER



sudut geser dalam **37,056 (derajad)**
 Kohesi c **0,1528 kg/cm²**

Diperiksa

[Signature]
 Ir. Ibnu Sudarmadji, MS
 Kepala Laboratorium

Dikerjakan

[Signature]
 Sugiyana
 Laboran



PENGUJIAN GESER LANGSUNG
(DIRECT SHEAR TEST)

DATA PROYEK

Proyek : Fakultas Kedokteran UII
 Lokasi : Kampus Terpadu UII Jl. Kaliurang KM 14,4 Yogyakarta.
 Elevasi : + 318,00 m
 Kedalaman : -3,00 m dari muka tanah

No. titik : Tp 1
 Dikerjakan : Sugiyana
 Tanggal : 25 Juni 2001

DIMENSI RING :

Alat No. : 1
 Diameter : 6,320 cm
 Tinggi : 2,360 cm
 Luas : 31,37069 cm²
 Volume : 74,03 cm³

Kalibrasi proving ring 0,282 kg/div

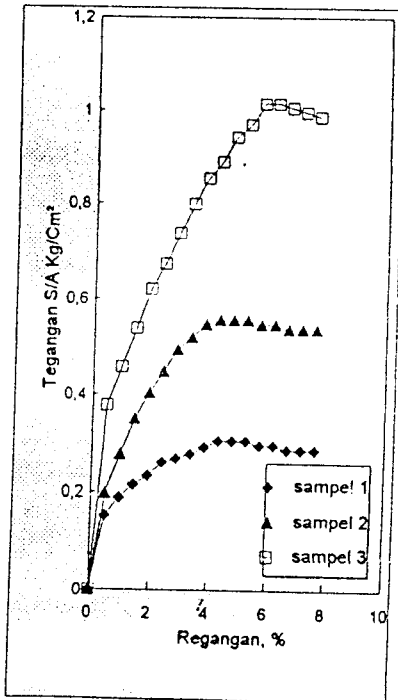
KADAR AIR

No sampel	1	2	3
Berat cawan kosong (gram)	7,69	7,72	7,71
Berat cawan + tanah basah (gram)	56,75	47,82	52,29
Berat cawan + tanah kering (gram)	53,90	45,60	49,75
Berta Air (gram)	2,85	2,22	2,54
Berat tanah kering (gram)	46,21	37,88	42,05
Kadar air tanah (%)	6,17	5,86	6,03
Kadar air rata-rata (%)	6,01912		

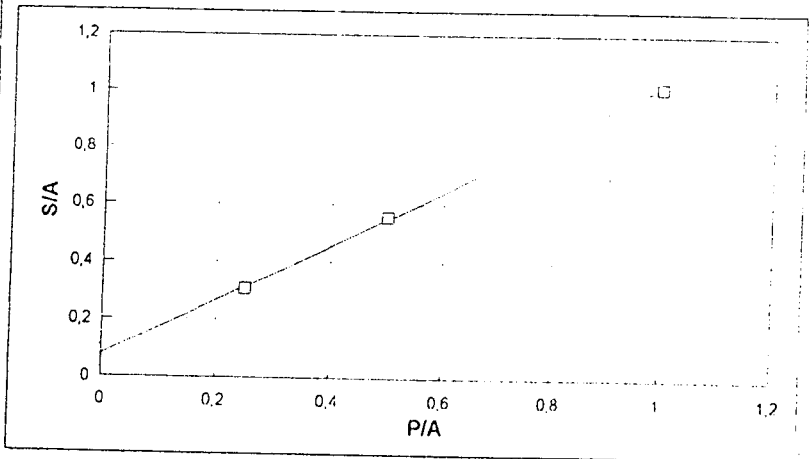
DIMENSI SAMPEL

Specimen	1	2	3
Berat tanah + ring	192	193	190
Berat ring	68,55	68,55	68,55
Berat tanah	123,45	124,45	121,45
Berat volume basah	1,667	1,681	1,640
Berat volume kering	1,571	1,588	1,547
Tegangan Normal	0,25	0,50	1,00
Tegangan Geser Maksimum	0,30564	0,55734	1,01579

GRAFIK TEGANGAN -REGANGAN



GRAFIK TEGANGAN NORMAL - TEGANGAN GESER



sudut geser dalam 43,307 (derajad)
 Kohesi c 0,0764 kg/cm²

Diperiksa

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 Ir. T. Sudarmadji MS
 Kepala Laboratorium

Dikerjakan

Sugiyana
 Laboran



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

PENGUJIAN GESER LANGSUNG
(DIRECT SHEAR TEST)

DATA PROYEK

Proyek : Fakultas Kedokteran UII
 Lokasi : Kampus Terpadu UII Jl. Kaliurang KM 14,4 Yogyakarta.
 Elevasi : + 318,00 m
 Kedalaman : -2,50 m dari muka tanah

No. titik : Tp 3
 Dikerjakan : Sugiyana
 Tanggal : 25 Juni 2001

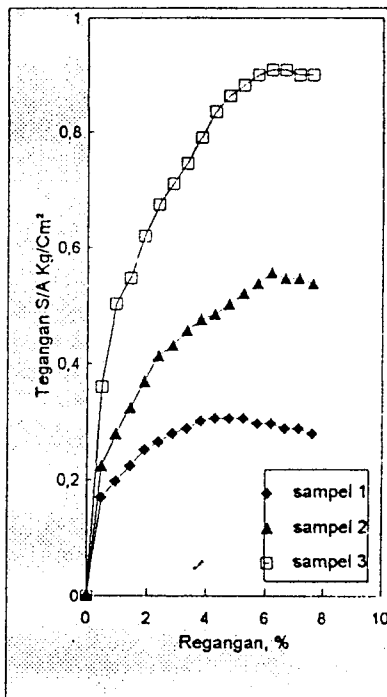
DIMENSI RING :

Alat No. : 1
 Diameter : 6,320 cm
 Tinggi : 2,360 cm
 Luas : 31,37069 cm²
 Volume : 74,03 cm³

Kalibrasi proving ring 0,282 kg/div

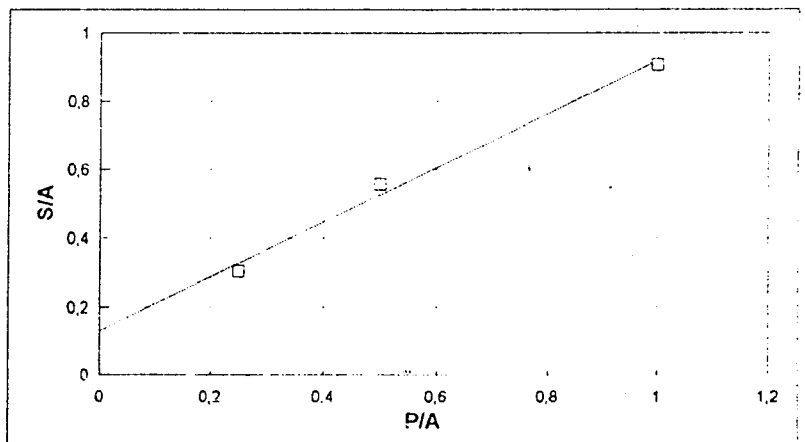
KADAR AIR			
No sampel	1	2	3
Berat cawan kosong (gram)	7,65	7,78	7,72
Berat cawan + tanah basah (gram)	46,50	45,78	46,14
Berat cawan + tanah kering (gram)	44,39	43,10	43,75
Berta Air (gram)	2,11	2,68	2,40
Berat tanah kering (gram.)	36,74	35,32	36,03
Kadar air tanah (%)	5,74	7,59	6,65
Kadar air rata-rata (%)	6,65936		

GRAFIK TEGANGAN -REGANGAN



DIMENSI SAMPEL				
Specimen		1	2	3
Berat tanah + ring	gr	198	200	199,6
Berat ring	gr	68,55	68,55	68,55
Berat tanah	gr	129,45	131,45	131,05
Berat volume basah	gr/cm ³	1,749	1,776	1,770
Berat volume kering	gr/cm ³	1,654	1,650	1,660
Tegangan Normal	gr/cm ²	0,25	0,50	1,00
Tegangan Geser Maksimum	gr/cm ²	0,30564	0,55734	0,90792

GRAFIK TEGANGAN NORMAL - TEGANGAN GESER



sudut geser dalam **38,255 (derajad)**
 Cohesi c **0,1303 kg/cm²**

Diperiksa

[Signature]
 Ir. Ibnu Sadarmadji, MS.
 Kepala Laboratorium

Dikerjakan

[Signature]
 Sugiyana
 Laboran



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

PENGUJIAN GESER LANGSUNG
(DIRECT SHEAR TEST)

DATA PROYEK

Proyek : Fakultas Kedokteran UII
 Lokasi : Kampus Terpadu UII Jl. Kaliurang KM 14,4 Yogyakarta.
 Elevasi : + 318,00 m
 Kedalaman : -3,50 m dari muka tanah

No. titik : Tp 3
 Dikerjakan : Sugiyana
 Tanggal : 25 Juni 2001

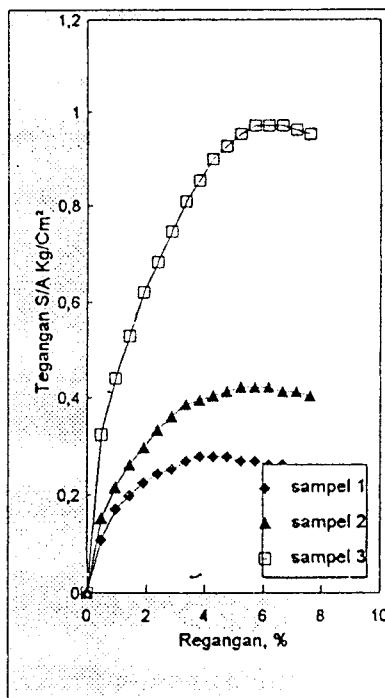
DIMENSI RING :

Alat No. : 1
 Diameter : 6,320 cm
 Tinggi : 2,360 cm
 Luas : 31,37069 cm²
 Volume : 74,03 cm³

Kalibrasi proving ring 0,282 kg/div

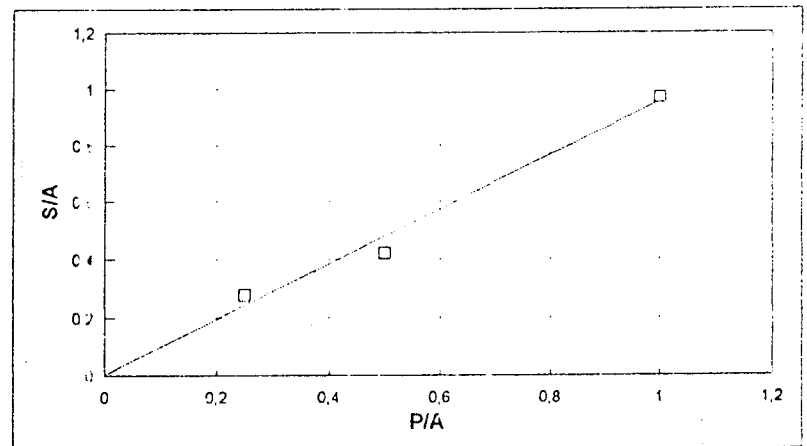
KADAR AIR			
	1	2	3
No sampel			
Berat cawan kosong (gram)	7,62	7,79	7,71
Berat cawan + tanah basah (gram)	47,90	32,70	40,30
Berat cawan + tanah kering (gram)	44,15	30,45	37,30
Berta Air (gram)	3,75	2,25	3,00
Berat tanah kering (gram)	36,53	22,66	29,60
Kadar air tanah (%)	10,27	9,93	10,14
Kadar air rata-rata (%)	10,1106		

GRAFIK TEGANGAN -REGANGAN



DIMENSI SAMPEL			
Specimen	1	2	3
Berat tanah + ring	194,8	195	200
Berat ring	68,55	68,55	68,55
Berat tanah	126,25	126,45	131,45
Berat volume basah	1,705	1,708	1,776
Berat volume kering	1,547	1,554	1,612
Tegangan Normal	0,25	0,50	1,00
Tegangan Geser Maksimum	0,27867	0,4225	0,97084

GRAFIK TEGANGAN NORMAL - TEGANGAN GESER



sudut geser dalam **43,463 (derajad)**
 Cohesi c **0,0045 kg/cm²**

Diperiksa

[Signature]
 In Ibril Sudarmadji MS
 Kepala Laboratorium

Dikerjakan

[Signature]
 Sugiyana
 Laboran



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kallurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

PENGUJIAN GESER LANGSUNG
(DIRECT SHEAR TEST)

DATA PROYEK

Proyek : Fakultas Kedokteran UII
 Lokasi : Kampus Terpadu UII Jl. Kaliurang KM 14,4 Yogyakarta.
 Elevasi : + 320,282 m
 Kedalaman : -2,70 m dari muka tanah

No. titik : Tp 4
 Dikerjakan : Sugiyana
 Tanggal : 25 Juni 2001

DIMENSI RING :

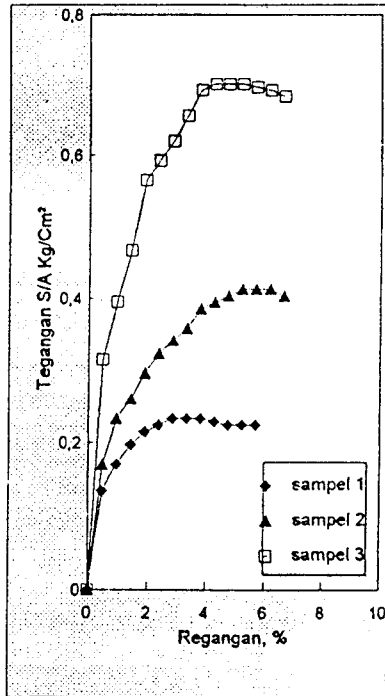
Alat No. : 1
 Diameter : 6,320 cm
 Tinggi : 2,360 cm
 Luas : 31,37069 cm²
 Volume : 74,03 cm³

Kalibrasi proving ring 0,282 kg/div

KADAR AIR

No sampel	1	2	3
Berat cawan kosong (gram)	7,60	7,45	7,53
Berat cawan + tanah basah (gram)	36,75	42,30	39,53
Berat cawan + tanah kering (gram)	34,62	39,95	37,29
Berta Air (gram)	2,13	2,35	2,24
Berat tanah kering (gram)	27,02	32,50	29,76
Kadar air tanah (%)	7,88	7,23	7,53
Kadar air rata-rata (%)	7,5469		

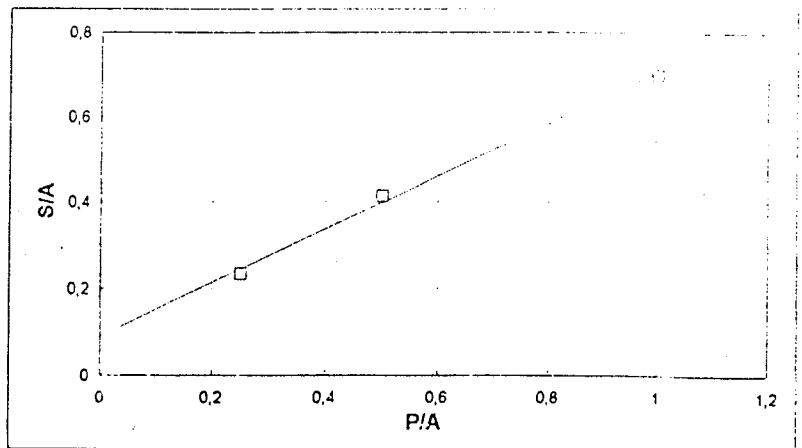
GRAFIK TEGANGAN -REGANGAN



DIMENSI SAMPEL

Specimen		1	2	3
Berat tanah + ring	gr	190,8	191,15	190,39
Berat ring	gr	68,55	68,55	68,55
Berat tanah	gr	122,25	122,6	121,84
Berat volume basah	gr/cm ³	1,651	1,656	1,646
Berat volume kering	gr/cm ³	1,531	1,544	1,531
Tegangan Normal	gr/cm ²	0,25	0,50	1,00
Tegangan Geser Maksimum	gr/cm ²	0,23372	0,41351	0,70116

GRAFIK TEGANGAN NORMAL - TEGANGAN GESER



sudut geser dalam 31,65 (derajad)
Cohesi c 0,0899 kg/cm²

Diperiksa

[Signature]
 Ir. Ibnu Sodarmadji, MS
 Kepala Laboratorium

Dikerjakan

[Signature]
 Sugiyana
 Laboran



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

PENGUJIAN GESER LANGSUNG
(DIRECT SHEAR TEST)

DATA PROYEK

Proyek : Fakultas Kedokteran UII
 Lokasi : Kampus Terpadu UII Jl. Kaliurang KM 14,4 Yogyakarta.
 Elevasi : + 320,282 m
 Kedalaman : -3,70 m dari muka tanah

No. titik : Tp 4
 Dikerjakan : Sugiyana
 Tanggal : 25 Juni 2001

DIMENSI RING :

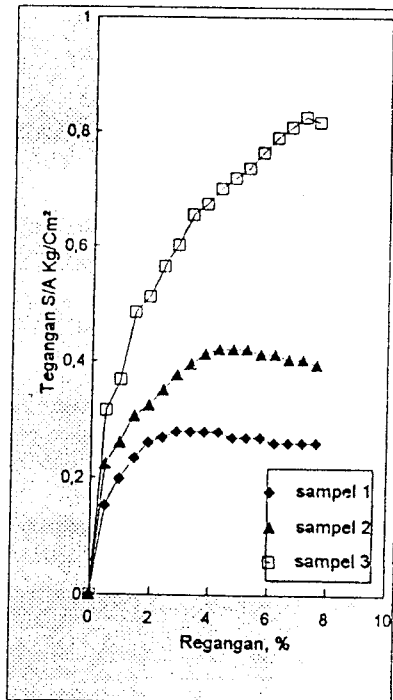
Alat No. : 1
 Diameter : 6,320 cm
 Tinggi : 2,360 cm
 Luas : 31,37069 cm²
 Volume : 74,03 cm³

Kalibrasi proving ring : 0,282 kg/div

KADAR AIR

No sampel	1	2	3
Berat cawan kosong (gram)	22,23	21,30	21,77
Berat cawan + tanah basah (gram)	79,80	66,35	73,08
Berat cawan + tanah kering (gram)	75,20	62,70	68,95
Berta Air (gram)	4,60	3,65	4,13
Berat tanah kering (gram)	52,97	41,40	47,19
Kadar air tanah (%)	8,68	8,82	8,74
Kadar air rata-rata (%)	8,74759		

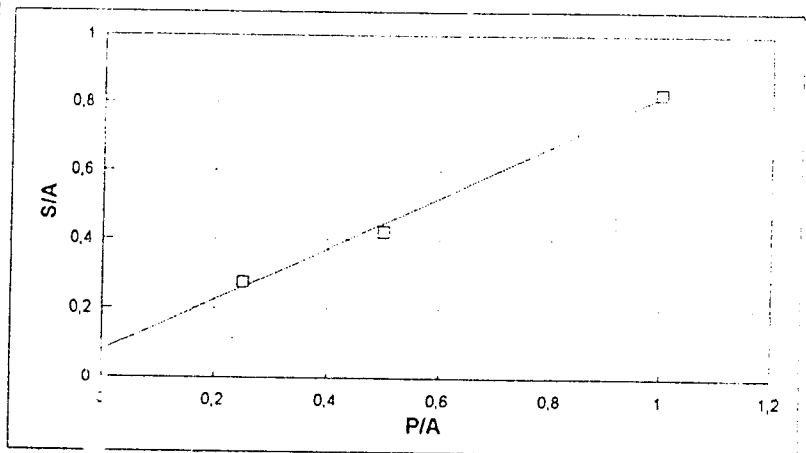
GRAFIK TEGANGAN -REGANGAN



DIMENSI SAMPEL

Specimen	1	2	3
Berat tanah + ring	197,2	201,1	187,22
Berat ring	68,55	68,55	68,55
Berat tanah	128,65	132,55	118,67
Berat volume basah	1,738	1,790	1,603
Berat volume kering	1,599	1,645	1,474
Tegangan Normal	0,25	0,50	1,00
Tegangan Geser Maksimum	0,27867	0,4225	0,82701

GRAFIK TEGANGAN NORMAL - TEGANGAN GESER



sudut geser dalam : **36,585 (derajad)**
 Cohesi c : **0,0764 kg/cm²**

Diperiksa

[Signature]
 Ir. Ibnu Sadarmadji, MS
 Kepala Laboratorium

Dikerjakan

[Signature]
 Sugiyana
 Laboran



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kallurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

PENGUJIAN GESER LANGSUNG
(DIRECT SHEAR TEST)

DATA PROYEK

Proyek : Fakultas Kedokteran UII
 Lokasi : Kampus Terpadu UII Jl. Kaliurang KM 14,4 Yogyakarta.
 Elevasi : + 320,282 m
 Kedalaman : -4,30 m dari muka tanah

No. titik : Tp 4
 Dikerjakan : Sugiyana
 Tanggal : 25 Juni 2001

DIMENSI RING :

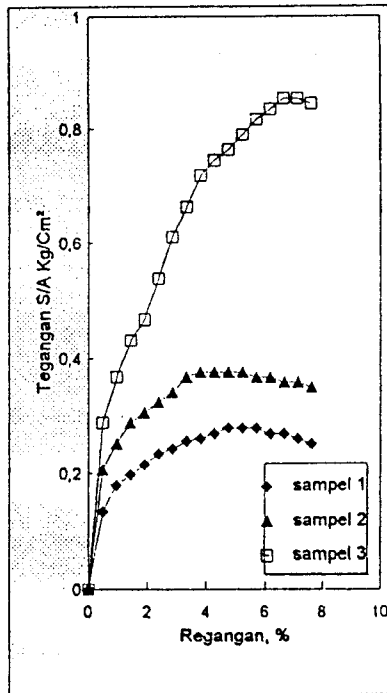
Alat No. : 1
 Diameter : 6,320 cm
 Tinggi : 2,360 cm
 Luas : 31,37069 cm²
 Volume : 74,03 cm³

Kalibrasi proving ring : 0,282 kg/div

KADAR AIR

No sampel	1	2	3
Berat cawan kosong (gram)	22,19	22,25	22,22
Berat cawan + tanah basah (gram)	62,51	64,35	63,43
Berat cawan + tanah kering (gram)	58,56	60,32	59,44
Berta Air (gram)	3,95	4,03	3,99
Berat tanah kering (gram)	36,37	38,07	37,22
Kadar air tanah (%)	10,86	10,59	10,72
Kadar air rata-rata (%)	10,7221		

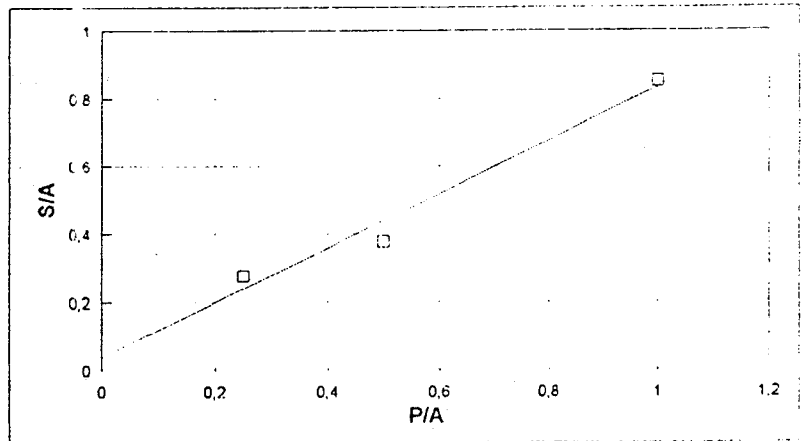
GRAFIK TEGANGAN -REGANGAN



DIMENSI SAMPEL

Specimen		1	2	3
Berat tanah + ring	gr	197,3	184,35	184,1
Berat ring	gr	68,55	68,55	68,55
Berat tanah	gr	128,75	115,8	115,55
Berat volume basah	gr/cm ³	1,739	1,564	1,561
Berat volume kering	gr/cm ³	1,569	1,414	1,410
Tegangan Normal	gr/cm ²	0,25	0,50	1,00
Tegangan Geser Maksimum	gr/cm ²	0,27867	0,37755	0,85398

GRAFIK TEGANGAN NORMAL - TEGANGAN GESER



sudut geser dalam : **38,436 (derajad)**
 Cohesi c : **0,0405 kg/cm²**

Diperiksa

[Signature]
 Ir. Ibnu Sudarmadji, MSc
 Kepala Laboratorium

Dikerjakan

[Signature]
 Sugiyana
 Laboran



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kallurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

PENGUJIAN GESER LANGSUNG
(DIRECT SHEAR TEST)

DATA PROYEK

Proyek : Fakultas Kedokteran UII
 Lokasi : Kampus Terpadu UII Jl. Kaliurang KM 14,4 Yogyakarta.
 Elevasi : + 320,282 m
 Kedalaman : 5,80 m dari muka tanah

No. titik : Tp 4
 Dikerjakan : Sugiyana
 Tanggal : 25 Juni 2001

DIMENSI RING :

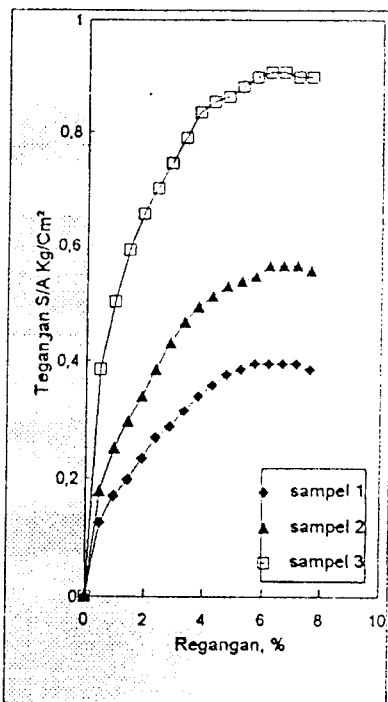
Alat No. : 1
 Diameter : 6,320 cm
 Tinggi : 2,360 cm
 Luas : 31,37069 cm²
 Volume : 74,03 cm³

Kalibrasi proving ring 0,282 kg/div

KADAR AIR

No sampel	1	2	3
Berat cawan kosong (gram)	21,48	21,94	21,71
Berat cawan + tanah basah (gram)	55,28	41,70	48,49
Berat cawan + tanah kering (gram)	52,70	39,92	46,31
Berta Air (gram)	2,58	1,78	2,18
Berat tanah kering (gram)	31,22	17,98	24,60
Kadar air tanah (%)	8,26	9,90	8,86
Kadar air rata-rata (%)	9,00854		

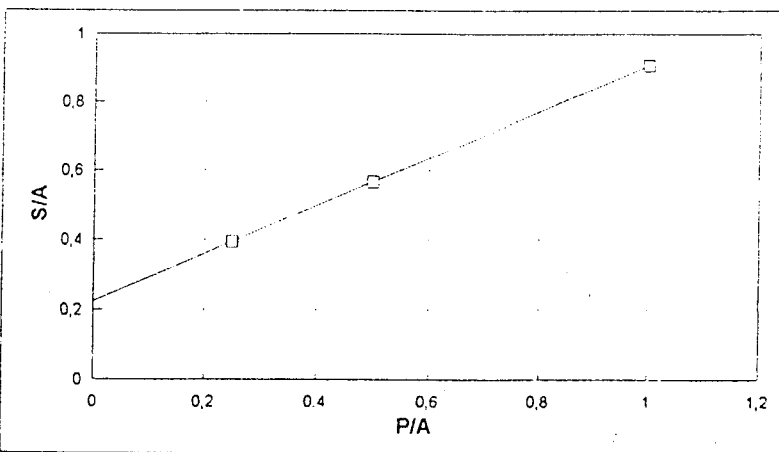
GRAFIK TEGANGAN -REGANGAN



DIMENSI SAMPEL

Specimen		1	2	3
Berat tanah + ring	gr	190,46	193,1	202
Berat ring	gr	68,55	68,55	68,55
Berat tanah	gr	121,91	124,55	133,45
Berat volume basah	gr/cm ³	1,647	1,682	1,803
Berat volume kering	gr/cm ³	1,521	1,531	1,656
Tegangan Normal	gr/cm ²	0,25	0,50	1,00
Tegangan Geser Maksimum	gr/cm ²	0,39553	0,56632	0,90792

GRAFIK TEGANGAN NORMAL - TEGANGAN GESER



sudut geser dalam **34,34 (derajat)**
 Kohesi c **0,2247 kg/cm²**

Diperiksa

LABORATORIUM
 Ir. Ibnu Sudarmadji, MS.
 Kepala Laboratorium

Dikerjakan

Sugiyana
 Laboran



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

PENGUJIAN GESER LANGSUNG
(DIRECT SHEAR TEST)

DATA PROYEK

Proyek : Fakultas Kedokteran UII
 Lokasi : Kampus Terpadu UII Jl. Kaliurang KM 14,4 Yogyakarta.
 Elevasi : + 320,282 m
 Kedalaman : -6,30 m dari muka tanah

No. titik : Tp 4
 Dikerjakan : Sugiyana
 Tanggal : 25 Juni 2001

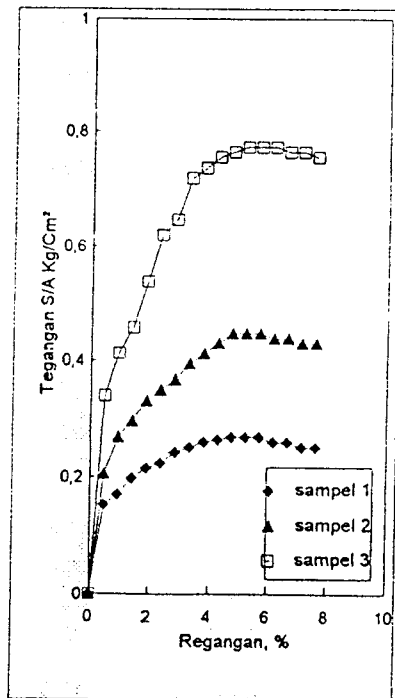
DIMENSI RING :

Alat No. : 1
 Diameter : 6,320 cm
 Tinggi : 2,360 cm
 Luas : 31,37069 cm²
 Volume : 74,03 cm³

Kalibrasi proving ring 0,282 kg/div

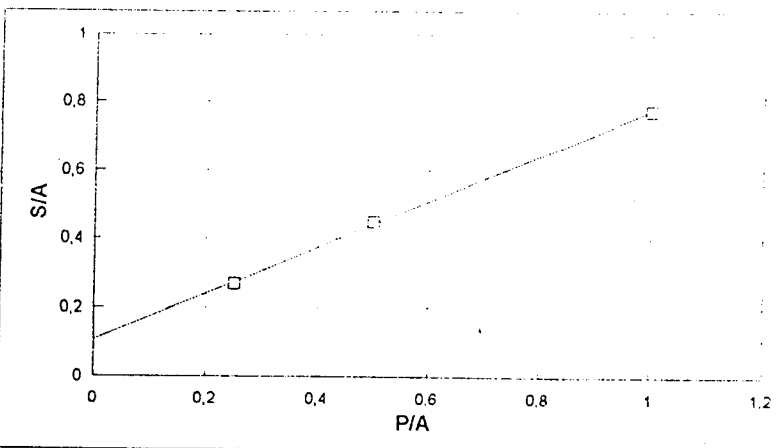
KADAR AIR			
No sampel	1	2	3
Berat cawan kosong (gram)	22,28	21,44	21,86
Berat cawan + tanah basah (gram)	51,42	48,12	49,77
Berat cawan + tanah kering (gram)	49,52	46,40	47,96
Berta Air (gram)	1,90	1,72	1,81
Berat tanah kering (gram)	27,24	24,96	26,10
Kadar air tanah (%)	6,98	6,89	6,93
Kadar air rata-rata (%)	6,93364		

GRAFIK TEGANGAN -REGANGAN



DIMENSI SAMPEL			
Specimen	1	2	3
Berat tanah + ring	200,5	200,1	204,9
Berat ring	68,55	68,55	68,55
Berat tanah	131,95	131,55	136,35
Berat volume basah	1,782	1,777	1,842
Berat volume kering	1,666	1,662	1,722
Tegangan Normal	0,25	0,50	1,00
Tegangan Geser Maksimum	0,26968	0,44946	0,77308

GRAFIK TEGANGAN NORMAL - TEGANGAN GESER



sudut geser dalam 33,734 (derajad)
 Kohesi c 0,1079 kg/cm²

Diperiksa

[Signature]
 Ir. Iban Sudarmadji, MS
 Kepala Laboratorium

Dikerjakan

[Signature]
 Sugiyana
 Laboran

GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : Gedung Fakultas Kedokteran | Location : Jl. Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta
 Smple no. : BH 1 | Date : 19-06-2001
 Depth : -2,25 m | Tested : Sugiyana

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Specifig Gravity : 0

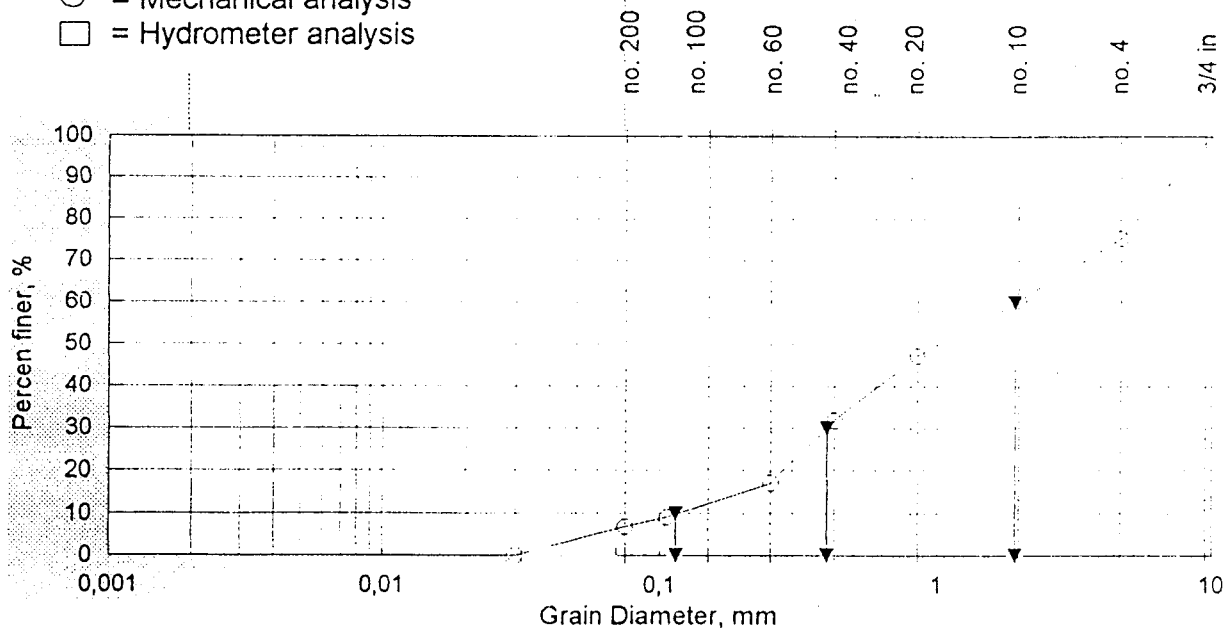
Discription of soil :

Clay	Silt	Sand
		Fine Coarse to medium
		Gravel

U.S. Standard Sieve Size

○ = Mechanical analysis

□ = Hydrometer analysis



Finer # 200 :	6,86 %	D10 (mm)	0,1141
		D30 (mm)	0,3974
Gravel :	24,51 %	D60 (mm)	1,9354
Sand :	68,63 %	Cu = D60/D10	16,966
Silt :	6,86 %	Cc = D30 ² / (D10xD60)	0,7153
Clay :	0,00 %		

Checked by:

[Signature]
 Ir. Ibnu Sudarmadji, MS

Tested by:

[Signature]
 Sugiyana



SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
 ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : Gedung Fakultas Kedokteran | Location : Jl. Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta
 Sample no. : BH 1 | Date : 19-06-2001
 Depth : -3,00 m | Tested : Sugiyana

Soil sample (disturbed/undisturbed)

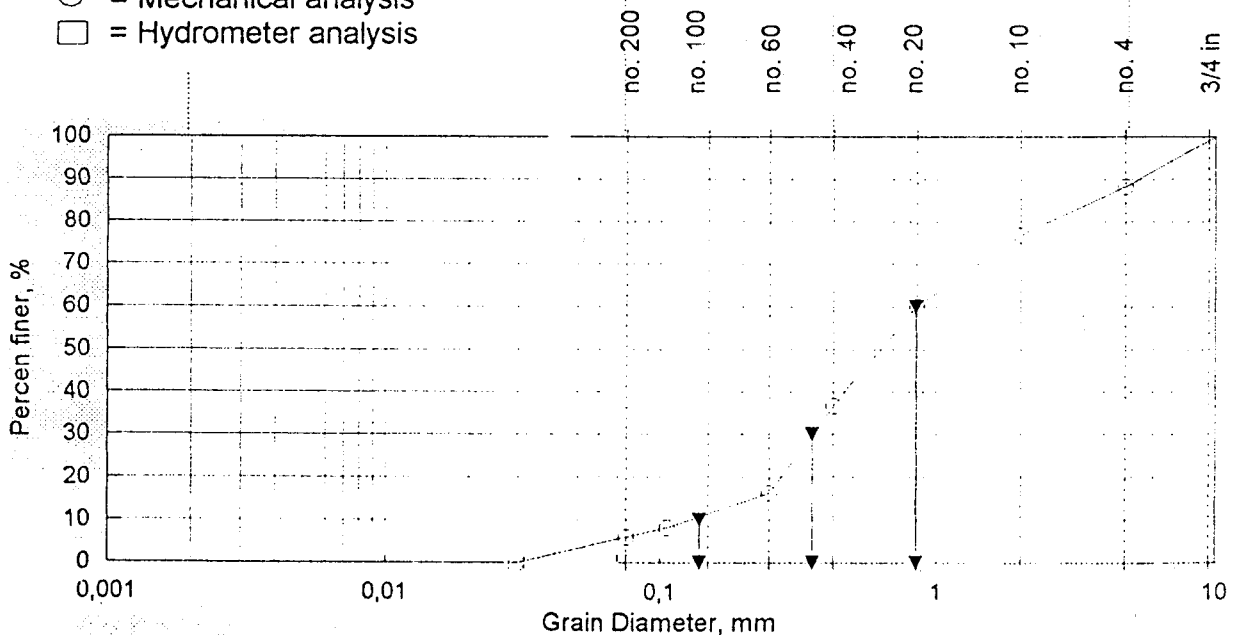
Specific Gravity : 0

Description of soil :

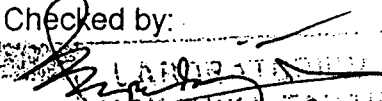
Clay	Silt	Sand	Gravel
		Fine	Coarse to medium


U.S. Standard Sieve Size

- = Mechanical analysis
- = Hydrometer analysis



Finer # 200 :	5,98 %	D10 (mm)	0,1389
		D30 (mm)	0,3562
Gravel :	11,75 %	D60 (mm)	0,8426
Sand :	82,27 %	Cu = D60/D10	6,068
Silt :	5,98 %	Cc = D30 ² / (D10xD60)	1,0846
Clay :	0,00 %		

Checked by:

 Ir. Ibtu Sudarmadji, MS.

Tested by:

 Sugiyana



SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

GRAIN SIZE ANALYSIS

Object : Gedung Fakultas Kedokteran | Location : Jl. Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta
 Sample no. : BH 3 | Date : 19-06-2001
 Depth : -2,50 m | Tested : Sugiyana

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Specific Gravity : 0

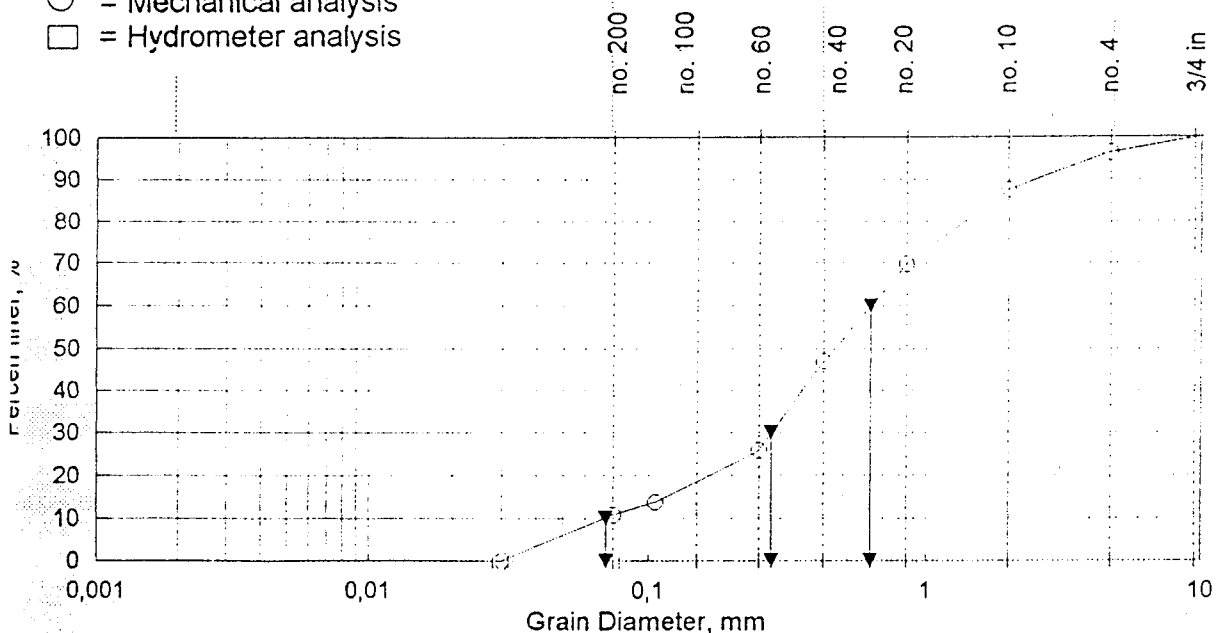
Description of soil : _____

		Sand	
Clay	Silt	Fine	Coarse to medium
			Gravel

U.S. Standard Sieve Size

○ = Mechanical analysis

□ = Hydrometer analysis



Finer # 200 :	10,67 %	D10 (mm)	0,0708
		D30 (mm)	0,2772
Gravel :	3,68 %	D60 (mm)	0,6289
Sand :	85,65 %	$C_u = D_{60}/D_{10}$	8,882
Silt :	10,67 %	$C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$	1,7258
Clay :	0,00 %		

Checked by:

[Signature]
 Ir. Ibhil Sudarmadji, MS

Tested by:

[Signature]
 Sugiyana



SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
 ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

GRAIN SIZE ANALYSIS

Subject : Gedung Fakultas Kedokteran | Location : Jl. Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta
 Sample no. : BH 3 | Date : 19-06-2001
 Depth : -3,50 m | Tested : Sugiyana

Soil sample (disturbed/undisturbed)

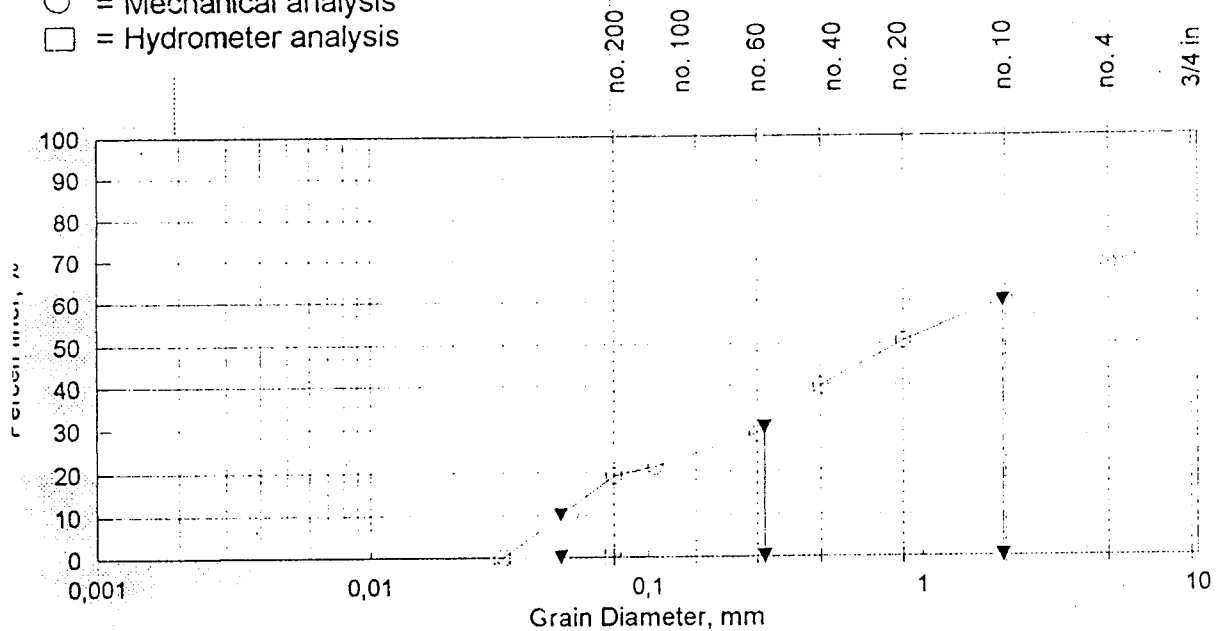
Specific Gravity : 2.65

Description of soil : _____

Clay	Silt	Sand
		Fine Coarse to medium Gravel

U.S. Standard Sieve Size

- = Mechanical analysis
- = Hydrometer analysis



Finer # 200 :	19,19 %	D10 (mm)	0,0484
		D30 (mm)	0,2666
Gravel :	31,17 %	D60 (mm)	1,9588
Sand :	49,65 %	Cu = D60/D10	40,502
Silt :	19,19 %	Cc = D30 ² / (D10xD60)	0,7501
Clay :	0,00 %		

Checked by:

[Signature]
 Ir. Idris Sudarmadji, MS

Tested by:

[Signature]
 Sugiyana



SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
 ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

GRAIN SIZE ANALYSIS

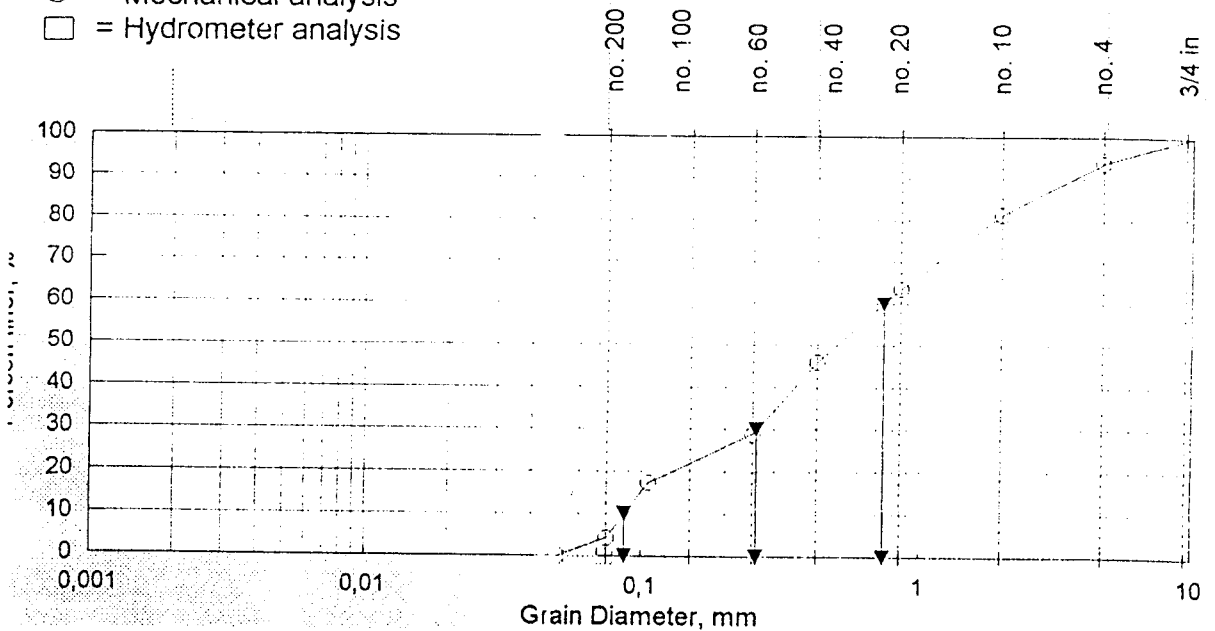
Project : Gedung Fakultas Kedokteran
 Location : Jl. Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta
 Sample no. : BH 4
 Date : 19-06-2001
 Depth : -3,70 m
 Tested : Sugiyana

Soil sample (disturbed/undisturbed)
 Specific Gravity : 0
 Description of soil :

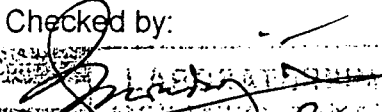
Clay	Silt	Sand
		Fine Coarse to medium Gravel


U.S. Standard Sieve Size

- = Mechanical analysis
- = Hydrometer analysis



Finer # 200 :	4,333 %	D10 (mm)	0,0873
		D30 (mm)	0,2587
Gravel :	6,25 %	D60 (mm)	0,7385
Sand :	89,42 %	Cu = D60/D10	8,460
Silt :	4,33 %	Cc = D30 ² / (D10xD60)	1,0381
Clay :	0,00 %		

Checked by:

 Ir. Ibnu Sudarmadi, MS

Tested by:

 Sugiyana



SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
 ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

GRAIN SIZE ANALYSIS

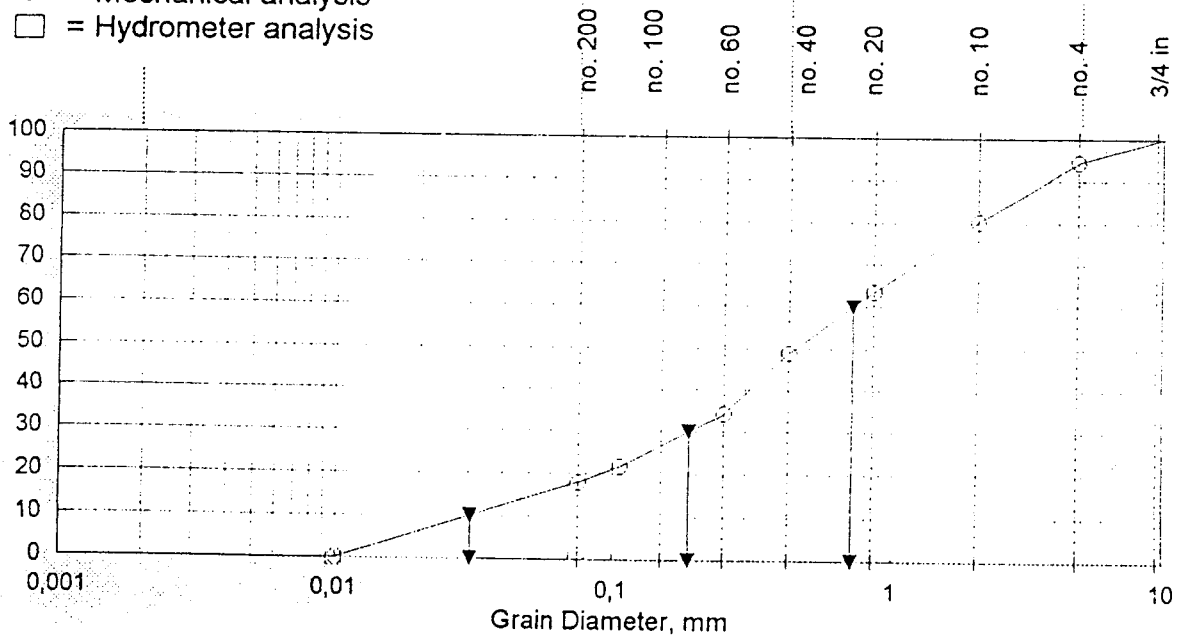
Subject : Gedung Fakultas Kedokteran | Location : Jl. Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta
 Sample no. : BH 4 | Date : 19-06-2001
 Depth : -4,30 m | Tested : Sugiyana

Soil sample (disturbed/undisturbed) : _____
 Specific Gravity : 0
 Description of soil : _____

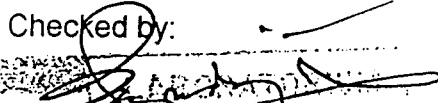
Clay	Silt	Sand
		Gravel
		Fine Coarse to medium

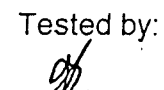
U.S. Standard Sieve Size

- = Mechanical analysis
- = Hydrometer analysis



Finer # 200 :	17,95 %	D10 (mm)	0,0307
		D30 (mm)	0,1374
Gravel :	5,67 %	D60 (mm)	0,7159
Sand :	76,38 %	Cu = D60/D10	23,299
Silt :	17,95 %	Cc = D30 ² / (D10xD60)	1,5964
Clay :	0,00 %		

Checked by: 
 Ir. Ibnu Sudarmadji, MS

Tested by: 
 Sugiyana



SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
 ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

GRAIN SIZE ANALYSIS

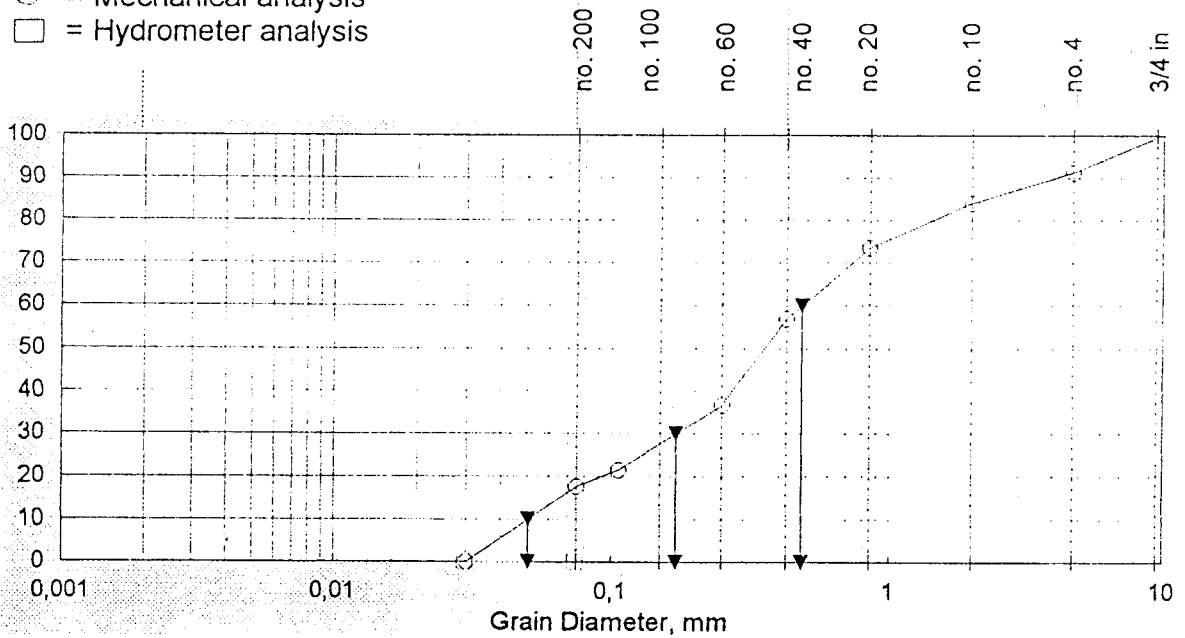
Object : Gedung Fakultas Kedokteran | Location : Jl. Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta
 Sample no. : BH 4 | Date : 19- 06 - 2001
 Depth : -5,00 m | Tested : Sugiyana

Soil sample (disturbed/undisturbed)
 Specific Gravity : 0
 Description of soil : _____

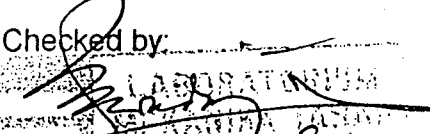
Clay	Silt	Sand
		Fine Coarse to medium Gravel


U.S. Standard Sieve Size

- = Mechanical analysis
 □ = Hydrometer analysis



Finer # 200 :	17,66 %	D10 (mm)	0,0504
		D30 (mm)	0,1706
Gravel :	8,90 %	D60 (mm)	0,4831
Sand :	73,44 %	Cu = D60/D10	9,585
Silt :	17,66 %	Cc = D30 ² / (D10xD60)	1,195
Clay :	0,00 %		

Checked by:

 Ir. Hnto Sudarmadi, MS

Tested by:

 Sugiyana



SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
 ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

GRAIN SIZE ANALYSIS

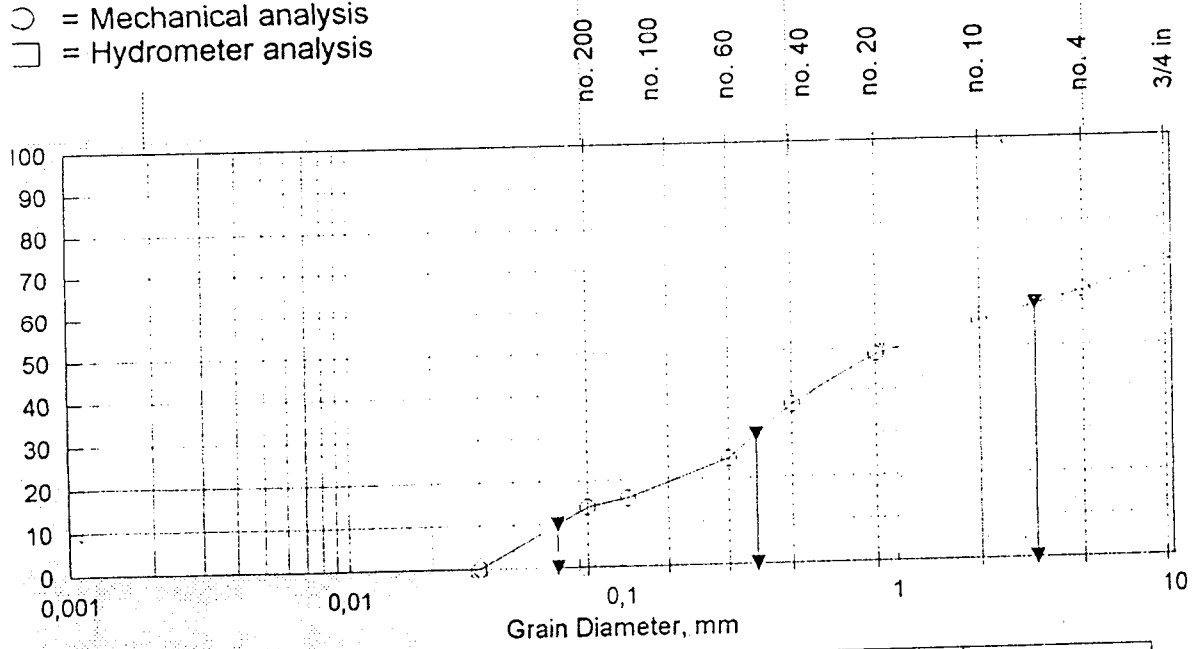
Object : Gedung Fakultas Kedokteran | Location : Jl. Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta
 File no. : BH 4 | Date : 19-06-2001
 Depth : -6,30 m | Tested : Sugiyana

Sample (disturbed/undisturbed)
 Specific Gravity : 2.70
 Description of soil : _____

Clay	Silt	Sand		Gravel
		Fine	Coarse to medium	

U.S. Standard Sieve Size

= Mechanical analysis
 = Hydrometer analysis



Finer # 200 :	13,78 %	D10 (mm)	0,0583
		D30 (mm)	0,3148
Gravel :	36,93 %	D60 (mm)	3,1748
Sand :	49,29 %	Cu = D60/D10	54,432
Silt :	13,78 %	Cc = D30 ² / (D10xD60)	0,5352
Clay :	0,00 %		

Checked by: *[Signature]*
 Ir. Ibrah Sudarnadji MS

Tested by: *[Signature]*
 Sugiyana



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

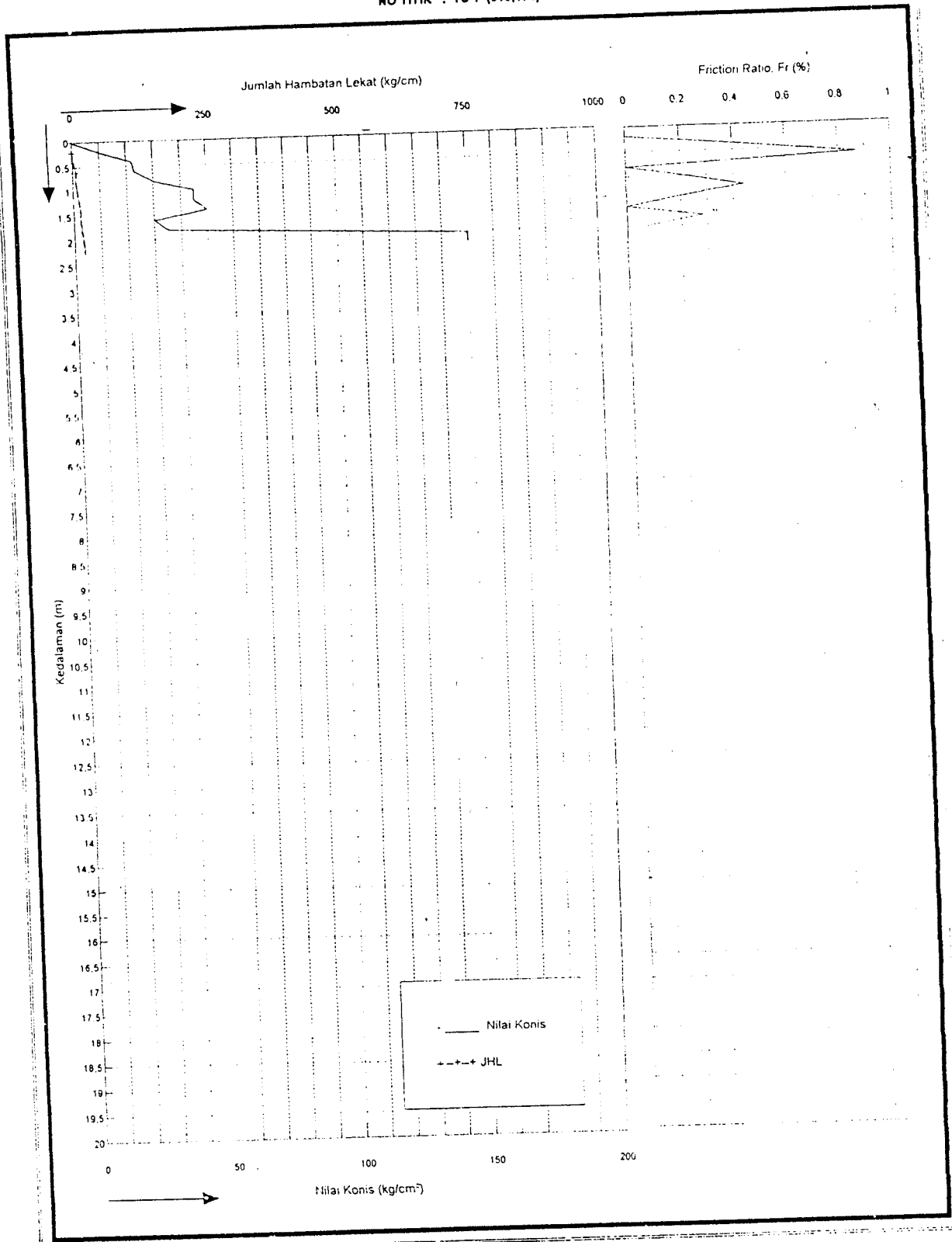
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

GRAFIK PENYONDIRAN

PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN UII

Jl. Kaliurang Km 14, 4, Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta

NO TITIK : TS 1 (318,174)





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

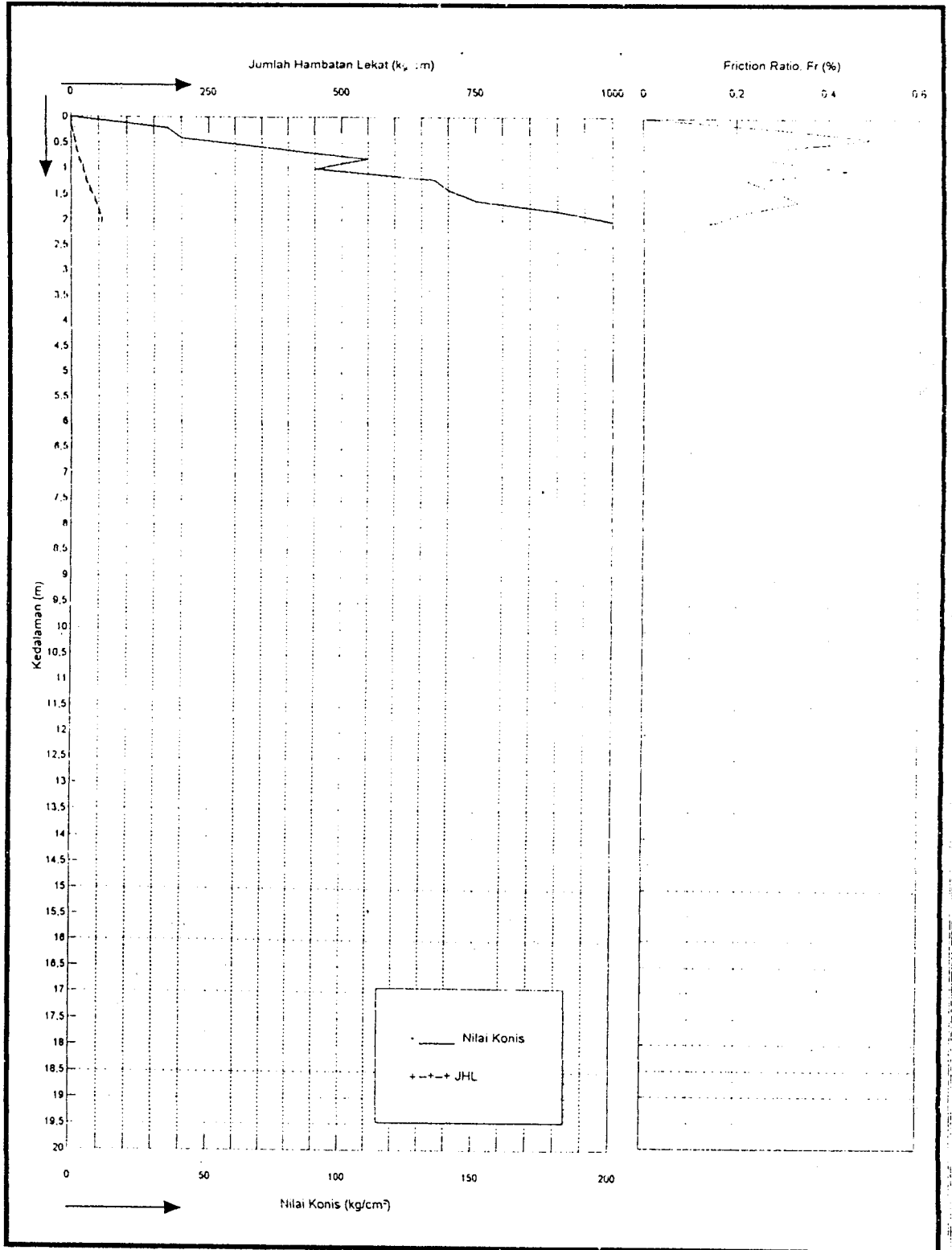
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

GRAFIK PENYONDIRAN

PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN UII

Jl. Kaliurang Km 14, 4, Umbulmartani, Ngerplak, Sleman, Yogyakarta

NO TITIK : TS 2 (318,084)



yw -
Tabel Kuat Dukung Tanah ($T_{(m)}$)

kedalaman (m) Df	Lebar Fondasi (m)					
	1	1,5	2	2,5	3	3,5
1	102,795	120,2025	137,61	155,0175	172,425	189,8325
1,2		133,7985	151,206	168,6135	186,021	203,4285
1,4		147,3945	164,802	182,2095	199,617	217,0245
1,6			178,398	195,8055	213,213	230,6205
1,8			191,994	209,4015	226,809	244,2165
2			205,59	222,9975	240,405	257,8125
2,2				236,5935	254,001	271,4085
2,4				250,1895	267,597	285,0045
2,6					281,193	298,6005
2,8					294,789	312,1965
3					308,385	325,7925
3,2						339,3885
3,4						352,9845
3,6						
3,8						
4						

Keterangan : Daya dukung berdasarkan rumus Terzaghi

$$\sigma_1 = 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma + \gamma \cdot Df \cdot N_q$$

Df/Bf <= 1

LAMPIRAN 3

Tabel 1. rencana kuda-kuda 2

No	Letak	Batang	Gaya Batang (Kg)			Gaya Batang (Kg)			
			Bebab Tetap	B. Angin Kiri	B. Angin Kanan	1.3 B.Tetap	B Tetap+ B A. Kiri	B Tetap + BA Ka	B Rencana
1	Bawah	1	-167.63	-35.98	28.8	-217.919	-203.61	-138.83	-167.63
2	Bawah	2	-201.466	-43.2425	34.613	-261.9058	-244.7085	-166.853	-201.466
3	Bawah	3	1375.197	-156.443	168.005	1787.7561	1218.754	1543.202	1375.197
4	Bawah	4	1720.61	-310.392	312.581	2236.793	1410.218	2033.191	1720.61
5	Bawah	5	1754.187	-544.034	548.222	2280.4431	1210.153	2302.409	2302.409
6	Bawah	6	1464.738	-545.848	557.3995	1904.1594	918.89	2022.1375	2022.1375
7	Bawah	7	0.00E+00	-393.717	385.061	0	-393.717	385.061	-393.717
8	Atas	1	237.064	25.442	-20.365	308.1832	262.506	216.699	237.064
9	Atas	2	-1618.19	95.0185	-126.429	-2103.647	-1523.1715	-1744.619	-1618.19
10	Atas	3	-2024.64	199.803	-235.457	-2632.032	-1824.837	-2260.097	-2024.64
11	Atas	4	-1851.56	323.768	-349.749	-2407.028	-1527.792	-2201.309	-1851.56
12	Atas	5	-1851.56	255.037	-281.018	-2407.028	-1596.523	-2132.578	-1851.56
13	Atas	6	-2064.15	268.536	-304.185	-2683.395	-1795.614	-2368.335	-2064.15
14	Atas	7	-1723.55	209.077	-240.974	-2240.615	-1514.473	-1964.524	-1723.55
15	Vertikal	1	-1604.6	4.208	-39.009	-2085.98	-1600.392	-1643.609	-1604.6
16	Vertikal	2	-730.955	62.792	-73.993	-950.2415	-668.163	-804.948	-730.955
17	Vertikal	3	-143.781	128.094	-120.294	-186.9153	-15.687	-264.075	-264.075
18	Vertikal	4	2252.891	-414.676	440.619	2928.7583	1838.215	2693.51	2252.891
19	Vertikal	5	-97.217	-1.509	9.303	-126.3821	-98.726	-87.914	42.33662
20	Vertikal	6	-668.887	84.388	-95.596	-869.5531	-584.499	-764.483	49.86185
21	Vertikal	7	-1401.54	169.805	-197.394	-1822.002	-1231.735	-1598.934	-1401.54
22	Diagonal	1	131.863	-94.188	110.99	171.4219	37.675	242.853	242.853
23	Diagonal	2	302.947	-135.023	126.801	393.8311	167.924	429.748	429.748
24	Diagonal	3	-147.084	-170.25	149.05	-191.2092	-317.334	1.966	-317.334
25	Diagonal	4	-180.662	63.392	-84.588	-234.8606	-117.27	-265.25	-265.25
26	Diagonal	5	253.864	1.591	-9.806	330.0232	255.455	244.058	253.864
27	Diagonal	6	1218.735	-126.581	143.394	1584.3555	1092.154	1362.129	1218.735

Tabel 2. rencana kuda-kuda 3

No	Letak	Batang	Gaya Batang (Kg)			Gaya Batang (Kg)			
			Beban Tetap	B. Angin Kiri	B. Angin Kanan	1.3 B. Tetap	B Tetap+ B A. Kiri	B Tetap + BA Ka	B Rencana
1	Bawah	1	-176.27	-35.98	28.8	-229.151	-212.25	-147.47	-176.27
2	Bawah	2	-211.85	-43.2425	34.613	-275.405	-255.0925	-177.237	-211.85
3	Bawah	3	288.464	-12.243	9.805	375.0032	276.221	298.269	288.464
4	Bawah	4	67.627	-94.093	75.281	87.9151	-26.466	142.908	142.908
8	Bawah	5	-340.546	26.71169	-17.71927	-442.7098	-313.83431	-358.26527	-340.546
9	Atas	1	249.283	25.442	-20.365	324.0679	274.725	228.918	249.283
10	Atas	2	-339.434	-74.661	59.725	-441.2642	-414.095	-279.709	-339.434
11	Atas	3	-79.577	-54.716	43.177	-103.4501	-134.293	-36.4	-134.293
12	Atas	4	519.711	18.345	-14.672	675.6243	538.056	505.039	519.711
16	Atas	5	-1759.818	14.29237	36.22387	-2287.7634	-1745.5256	-1723.5941	-1759.818
17	Vertikal	1	-709.026	-115.773	92.622	-921.7338	-824.799	-616.404	-709.026
18	Vertikal	2	-102.754	-17.1955	13.761	-133.5802	-119.9495	-88.993	-102.754
19	Vertikal	3	358.517	68.103	-54.479	466.0721	426.62	304.038	358.517
20	Vertikal	4	0	0	0	0	0	0	0
24	Diagonal	1	416.286	25.793	-20.642	541.1718	442.079	395.644	416.286
25	Diagonal	2	-193.687	-71.787	57.426	-251.7931	-265.474	-136.261	-265.474
26	Diagonal	3	-509.297	-126.99	101.589	-662.0861	-636.287	-407.708	-509.297

Tabel 3. rencana kuda-kuda 4

No	Letak	Batang	Gaya Batang (Kg)			Gaya Batang (Kg)			
			Beban Tetap	B. Angin Kiri	B. Angin Kanan	1.3 B.Tetap	B Tetap+ B A. Kiri	B Tetap+ BA Ka	B Rencana
1	Bawah	1	-167.63	-35.988	28.79	-217.919	-203.618	-138.84	-167.63
2	Bawah	2	-201.466	-43.2522	34.601	-261.9058	-244.7182	-166.865	-201.466
3	Bawah	3	874.64395	32.092	-25.674	1137.0371	906.73595	848.96995	874.64395
4	Bawah	4	969.6776	-27.585	22.068	1260.5809	942.0926	991.7456	969.6776
5	Bawah	5	236.709	-130.332	104.2655	307.7217	106.377	340.9745	236.709
6	Bawah	6	-319.265	-143.119	114.495	-415.0445	-462.384	-204.77	-319.265
7	Bawah	7	-1108.35	-155.906	124.725	-1440.855	-1264.256	-983.625	-1108.35
9	Atas	1	237.064	25.447	-20.358	308.1832	262.511	216.706	237.064
10	Atas	2	-1029.19	-126.85	101.48	-1337.947	-1156.04	-927.71	-1029.19
11	Atas	3	-1141.13	-132.995	106.396	-1483.469	-1274.125	-1034.734	-1141.13
12	Atas	4	-791.361	-75.588	60.47	-1028.7693	-866.949	-730.891	-791.361
13	Atas	5	-559.577	-80.449	64.359	-727.4501	-640.026	-495.218	-559.577
14	Atas	6	-236.709	-67.662	54.129	-307.7217	-304.371	-182.58	-236.709
15	Atas	7	319.265	-54.875	43.9	415.0445	264.39	363.165	319.265
17	Vertikal	1	-1188.11	-152.69	122.152	-1544.543	-1340.8	-1065.958	-1188.11
18	Vertikal	2	-453.296	-41.794	33.435	-589.2848	-495.09	-419.861	-453.296
19	Vertikal	3	64.461	49.655	-39.724	83.7993	114.116	24.737	64.461
20	Vertikal	4	296.276	26.449	-21.159	385.1588	322.725	275.117	296.276
21	Vertikal	5	-807.103	-21.312	17.049	-1049.2339	-828.415	-790.054	-807.103
22	Vertikal	6	-1195.61	-21.312	17.049	-1554.293	-1216.922	-1178.561	-1195.61
23	Vertikal	7	0	0	0	0	0	0	0
24	Diagonal	1	895.374	62.69	-50.152	1163.9862	958.064	845.222	895.374
25	Diagonal	2	83.441	-52.431	41.873	108.4733	31.01	125.314	83.441
26	Diagonal	3	-297.249	-113.868	90.949	-386.4237	-411.117	-206.3	-297.249
27	Diagonal	4	627.542	24.853	-19.883	815.8046	652.395	607.659	627.542
28	Diagonal	5	1080.619	24.853	-19.883	1404.8047	1105.472	1060.736	1080.619
29	Diagonal	6	1533.696	24.853	-19.883	1993.8048	1558.549	1513.813	1533.696

Tabel 4. Perencanaan Dimensi Kuda kuda 2

Batang Tarik

Batang Tarik	Btg Atas	Btg Bawah	Btg Vertikal	Btg Diagonal
Gaya tarik maksimal (P)	237.064	2302.409	2252.891	1218.735
Panjang Batang Maks	113.1	144.2	200	120
Fy	2500	2500	2500	2500
Fu	3700	3700	3700	3700
r min	0.47125	0.6008333	0.83333333	0.5
Alubang	1.191	1.191	1.191	1.191
Ag1	0.158043	1.5349393	1.50192733	0.81249
Ag2	1.341356	2.6547711	2.62328108	1.965630207
Dicoba profil 2L 50x50x5				
A	4.8	4.8	4.8	4.8
r	1.51	1.51	1.51	1.51
W	3.77	3.77	3.77	3.77
Abruto	9.6	9.6	9.6	9.6
Anetto	8.4094	8.4094	8.4094	8.4094
Aeffektif	7.14799	7.14799	7.14799	7.14799
Kontrol Tegangan:				
T/Aprofil	24.69417	239.83427	234.676146	126.9515625
0.6 fy	1500	1500	1500	1500
T/Aprofil < 0,6 Fy	Aman	Aman	Aman	Aman
T/Aeffektif	33.16513	322.10579	315.178253	170.5003784
0.5.Fu	1850	1850	1850	1850
T/Aeffektif < 0.5Fu	Aman	Aman	Aman	Aman

Tabel 5. Perencanaan Dimensi Kuda kuda 2

Batang Tekan

Batang Tekan	Btg Atas	Btg Bawah	Btg Vertikal	Btg Diagonal
Gaya tekan maksimal(P)	2024.64	393.717	1604.6	317.334
Panjang Batang Maks	169.7	144.2	80	144.2
Fy	2500	2500	2500	2500
Fu	3700	3700	3700	3700
E	2100000	2100000	2100000	2100000
K (Sendi - Sendi)	1	1	1	1
r min	0.8485	0.721	0.4	0.721
Dicoba Profil 2L 50x50x5				
A	4.8	4.8	4.8	4.8
r	1.51	1.51	1.51	1.51
W	3.77	3.77	3.77	3.77
Ix=Iy	11	11	11	11
ix=iy	1.51	1.51	1.51	1.51
e	1.4	1.4	1.4	1.4
tp	1	1	1	1
x	1.9	1.9	1.9	1.9
Ix gabungan	22	22	22	22
Iy gabungan	40.24	40.24	40.24	40.24
ix gabungan	1.513825	1.5138252	1.51382518	1.513825177
Iy gabungan	2.047356	2.047356	2.04735602	2.047356019
Dipakai r	1.51	1.51	1.51	1.51
Syarat :				
K.L / r	112.3841	95.496689	52.9801325	95.49668874
Cc	128	128	128	128
	K.L/r < Cc	K.L/r < Cc	K.L/r < Cc	K.L/r < Cc
Fs	1.911312	1.8945328	1.81301811	1.894532837
Fa	803.8421	952.33419	1260.79874	952.3341908
Kontrol kapasitas				
P	7716.884	9142.4082	12103.6679	9142.408231
P > P terjadi	Aman	Aman	Aman	Aman

Tabel 6. Perencanaan Dimensi Kuda kuda 3

Batang Tarik

Batang Tarik	Btg Atas	Btg Bawah	Btg Vertikal	Btg Diagonal
Gaya tarik maksimal (P)	519.711	288.464	358.517	416.256
Panjang Batang Maks	169.7	144.2	160	120
Fy	2500	2500	2500	2500
Fu	3700	3700	3700	3700
r min	0.707083	0.6008333	0.66666667	0.5
Alubang	1.1906	1.1906	1.1906	1.1906
Ag1	0.346474	0.1923093	0.23901133	0.277504
Ag2	1.5211	1.3740429	1.41859173	1.455309698
Dicoba profil 2L 50x50x5				
A	4.8	4.8	4.8	4.8
r	1.51	1.51	1.51	1.51
W	3.77	3.77	3.77	3.77
Abruto	9.6	9.6	9.6	9.6
Anetto	8.4094	8.4094	8.4094	8.4094
Aeffektif	7.14799	7.14799	7.14799	7.14799
Kontrol Tegangan:				
T/Aprofil	54.13656	30.048333	37.3455208	43.36
0.6 fy	1500	1500	1500	1500
T/Aprofil < 0,6 Fy	Aman	Aman	Aman	Aman
T/Aeffektif	72.70729	40.35596	50.1563377	58.23399305
0,5.Fu	1850	1850	1850	1850
T/Aeffektif < 0.5Fu	Aman	Aman	Aman	Aman

Tabel 7. Perencanaan Dimensi Kuda kuda 3

Batang Tekan

Batang Tekan	Btg Atas	Btg Bawah	Btg Vertikal	Btg Diagonal
Gaya tekan maksimal(P)	1759.818	340.546	709.026	509.297
Panjang Batang Maks	169.7	144.2	80	144.2
Fy	2500	2500	2500	2500
Fu	3700	3700	3700	3700
E	2100000	2100000	2100000	2100000
K (Sendi - Sendi)	1	1	1	1
r min	0.8485	0.721	0.4	0.721
Dicoba Profil 2L 50x50x5				
A	4.8	4.8	4.8	4.8
r	1.51	1.51	1.51	1.51
W	3.77	3.77	3.77	3.77
ix=ly	11	11	11	11
ix=iy	1.51	1.51	1.51	1.51
e	1.4	1.4	1.4	1.4
tp	1	1	1	1
x	1.9	1.9	1.9	1.9
ix gabungan	22	22	22	22
ly gabungan	40.24	40.24	40.24	40.24
ix gabungan	1.513825	1.5138252	1.51382518	1.513825177
iy gabungan	2.047356	2.047356	2.04735602	2.047356019
Dipakai r	1.51	1.51	1.51	1.51
Syarat :				
K.L / r	112.3841	95.496689	52.9801325	95.49668874
Cc	128	128	128	128
	K.L/r < Cc	K.L/r < Cc	K.L/r < Cc	K.L/r < Cc
Fs	1.911312	1.8945328	1.81301811	1.894532837
Fa	803.8421	952.33419	1260.79874	952.3341908
Kontrol kapasitas				
P	7716.884	9142.4082	12103.6679	9142.408231
P > P terjadi	Aman	Aman	Aman	Aman

Tabel 8. Perencanaan Dimensi Kuda kuda 4**Batang Tarik**

Batang Tarik	Btg Atas	Btg Bawah	Btg Vertikal	Btg Diagonal
Gaya tarik maksimal (P)	319.265	969.678	296.276	1533696.000
Panjang Batang Maks	169.7	144.2	200	120
Fy	2500	2500	2500	2500
Fu	3700	3700	3700	3700
r min	0.707083	0.6008333	0.83333333	0.5
Alubang	1.191	1.191	1.191	1.191
Ag1	0.212843	0.646452	0.19751733	1022.464
Ag2	1.39363	1.8072474	1.37901081	976.5139704
Dicoba profil 2L 50x50x5				
A	4.8	4.8	4.8	4.8
r	1.51	1.51	1.51	1.51
W	3.77	3.77	3.77	3.77
Abruto	9.6	9.6	9.6	9.6
Anetto	8.4094	8.4094	8.4094	8.4094
Aeffektif	7.14799	7.14799	7.14799	7.14799
Kontrol Tegangan:				
T/Aprofil	33.25677	101.00813	30.8620833	159760
0.6 fy	1500	1500	1500	1500
T/Aprofil < 0,6 Fy	Aman	Aman	Aman	Aman
T/Aeffektif	44.665	135.65744	41.4488549	214563.2548
0,5.Fu	1850	1850	1850	1850
T/Aeffektif < 0.5Fu	Aman	Aman	Aman	Aman

Tabel 9. Perencanaan Dimensi Kuda kuda 4

Batang Tekan

Batang Tekan	Btg Atas	Btg Bawah	Btg Vertikal	Btg Diagonal
Gaya tekan maksimal(P)	1141.13	1108.35	1195.61	297.542
Panjang Batang Maks	169.7	144.2	120	144.2
Fy	2500	2500	2500	2500
Fu	3700	3700	3700	3700
E	2100000	2100000	2100000	2100000
K (Sendi - Sendi)	1	1	1	1
r min	0.8485	0.721	0.6	0.721
Dicoba Profil 2L 50x50x5				
A	4.8	4.8	4.8	4.8
r	1.51	1.51	1.51	1.51
W	3.77	3.77	3.77	3.77
ix=ly	11	11	11	11
ix=iy	1.51	1.51	1.51	1.51
e	1.4	1.4	1.4	1.4
tp	1	1	1	1
x	1.9	1.9	1.9	1.9
ix gabungan	22	22	22	22
ly gabungan	40.24	40.24	40.24	40.24
ix gabungan	1.513825	1.5138252	1.51382518	1.513825177
iy gabungan	2.047356	2.047356	2.04735602	2.047356019
Dipakai r	1.51	1.51	1.51	1.51
Syarat :				
K.L / r	112.3841	95.496689	79.4701987	95.49668874
Cc	128	128	128	128
	KL/r < Cc	KL/r < Cc	KL/r < Cc	KL/r < Cc
Fs	1.911312	1.8945328	1.86957424	1.894532837
Fa	803.8421	952.33419	1079.4782	952.3341908
Kontrol kapasitas				
P	7716.884	9142.4082	10362.9907	9142.408231
P > P terjadi	Aman	Aman	Aman	Aman

Tabel 10 Perhitungan Pelat Type – 1

	Mulx	Mutx	Muly	Muty
fc' (Mpa)	22.5	22.5	22.5	22.5
fy (Mpa)	240	240	240	240
ly (m)	7.2	7.2	7.2	7.2
lx (m)	3.6	3.6	3.6	3.6
ly/lx	2	2	2	2
C	62	62	35	35
qu (kNm)	9.628	9.628	9.628	9.628
Mu (kNm)	7.736	7.736	4.367	4.367
Mu/φ (kNm)	9.670	9.670	5.459	5.459
d (mm)	95	95	85	95
m	12.549	12.549	12.549	12.549
Rn (MPa)	1.072	1.072	0.756	0.605
ρ_{min}	0.00583	0.00583	0.00583	0.00583
ρ_b	0.04838	0.04838	0.04838	0.04838
ρ_{maks}	0.03629	0.03629	0.03629	0.03629
ρ_{aktual}	0.00460	0.00460	0.00321	0.00256
1.33. ρ_{aktual}	0.00611	0.00611	0.00427	0.00341
ρ_{pakai}	0.00583	0.00583	0.00427	0.00341
As ada (mm ²)	554.167	554.167	363.233	323.648
dtul.pokok (mm)	10	10	8	8
A1d.pokok (mm ²)	78.571	78.571	50.286	50.286
s (mm)	141.783	141.783	138.439	155.372
s pakai (mm)	140	140	130	130
As aktual (mm ²)	561.224	561.224	386.813	386.813
a (mm)	7.043	7.043	4.854	4.854
Mn (kNm)	12.322	12.322	7.666	8.594
Tul. Pokok	P10-140	P10-140	P8-130	P8-130
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
As bagi (mm ²)		240		240
dtul.bagi (mm)		8		8
A1d.bagi (mm ²)		50.286		50.286
x (mm)		209.524		209.524
xpakai (mm)		200		200
Tul. Bagi		P8-200		P8-200

Tabel 12 Perhitungan Pelat Type – 3

	Mulx	Mutx	Muly	Muty
fc' (Mpa)	22.5	22.5	22.5	22.5
fy (Mpa)	240	240	240	240
ly (m)	3.6	3.6	3.6	3.6
lx (m)	3.4	3.4	3.4	3.4
ly/lx	1.059	1.059	1.059	1.059
C	39	39	36.73	36.73
qu (kNm)	9.628	9.628	9.628	9.628
Mu (kNm)	4.341	4.341	4.088	4.088
Mu/φ (kNm)	5.426	5.426	5.110	5.110
d (mm)	95	95	85	95
m	12.549	12.549	12.549	12.549
Rn (MPa)	0.601	0.601	0.707	0.566
ρ _{min}	0.00583	0.00583	0.00583	0.00583
ρ _b	0.04838	0.04838	0.04838	0.04838
ρ _{maks}	0.03629	0.03629	0.03629	0.03629
ρ _{faktual}	0.00255	0.00255	0.00300	0.00240
1.33.ρ _{faktual}	0.00339	0.00339	0.00399	0.00319
ρ _{pakai}	0.00339	0.00339	0.00390	0.00319
As ada (mm ²)	321.646	321.646	331.500	303.050
dtul.pokok (mm)	8	8	8	8
A1d.pokok (mm ²)	50.286	50.286	50.286	50.286
s (mm)	156.339	156.339	151.691	165.932
s pakai (mm)	150	150	150	150
As aktual (mm ²)	335.238	335.238	335.238	335.238
a (mm)	4.207	4.207	4.207	4.207
Mn (kNm)	7.474	7.474	6.670	7.474
Tul. Pokok	P8-150	P8-150	P8-150	P8-150
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
As bagi (mm ²)		240		240
dtul.bagi (mm)		8		8
A1d.bagi (mm ²)		50.286		50.286
x (mm)		209.524		209.524
xpakai (mm)		200		200
Tul. Bagi		P8-200		P8-200

Tabel 13 Perhitungan Pelat Atap

	Mulx	Mutx	Muly	Muty
fc' (Mpa)	22.5	22.5	22.5	22.5
fy (Mpa)	240	240	240	240
ly (m)	7.2	7.2	7.2	7.2
lx (m)	3.6	3.6	3.6	3.6
ly/lx	2.0	2.0	2.0	2.0
C	62	62	35	35
qu (kNm)	5.344	5.344	5.344	5.344
Mu (kNm)	4.294	4.294	2.424	2.424
Mu/φ (kNm)	5.368	5.368	3.030	3.030
d (mm)	75	75	65	75
m	12.549	12.549	12.549	12.549
Rn (MPa)	0.954	0.954	0.717	0.539
ρ _{min}	0.00583	0.00583	0.00583	0.00583
ρ _b	0.04838	0.04838	0.04838	0.04838
ρ _{maks}	0.03629	0.03629	0.03629	0.03629
ρ _{aktual}	0.00408	0.00408	0.00305	0.00228
1.33.ρ _{aktual}	0.00543	0.00543	0.00405	0.00303
ρ _{pakai}	0.00543	0.00543	0.00405	0.00303
As ada (mm ²)	407.020	407.020	263.250	227.250
dtul.pokok (mm)	8	8	8	8
A1d.pokok (mm ²)	50.286	50.286	50.286	50.286
s (mm)	123.546	123.546	191.019	221.279
s pakai (mm)	120	120	120	120
As aktual (mm ²)	419.048	419.048	419.048	419.048
a (mm)	5.259	5.259	5.259	5.259
Mn (kNm)	7.278	7.278	6.273	7.278
Tul. Pokok	P8-120	P8-120	P8-120	P8-120
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
As bagi (mm ²)		200		200
dtul.bagi (mm)		8		8
A1d.bagi (mm ²)		50.286		50.286
x (mm)		251.429		251.429
xpakai (mm)		200		200
Tul. Bagi		P8-200		P8-200

Tabel 14 Perhitungan Tulangan Balok Anak Type – B1'

	Tumpuan	Lapangan
asumsi balok (m)	0.3 x 0.6	0.3 x 0.6
L (m)	7.2	7.2
qu (kN/m')	15.477	15.477
Mu (kNm)	33.430	100.291
f'c (Mpa)	22.5	22.5
fy (Mpa)	400	400
β_1	0.85	0.85
ρ_b	0.0244	0.0244
ρ_{maks}	0.0183	0.0183
ρ_{min}	0.0035	0.0035
ρ_{pakai}	0.0091	0.0091
m	20.915	20.915
Rn (Mpa)	3.308	3.308
Mu/∅ (kNm)	-	125.364
b.d ² (mm ³)	-	37898355.5
dperlu (mm)	-	398.251
b (mm)	-	238.950
bpakai (mm)	350	350
h (mm)	650	650
dpakai (mm)	589	589
pakai	tul.sebelah	tul.sebelah
pakai balok (m)	0.35 x 0.65	0.35 x 0.65
qu (kN/m')	46.7148	46.7148
Mu (kNm)	100.904	302.712
Mu/∅ (kNm)	126.130	378.390
Rnbaru (Mpa)	1.039	3.116
ρ_{baru}	0.00287	0.00861
1.33 ρ	0.00382	0.01146
ρ_{pakai}	0.00382	0.00861
As perlu (mm ²)	787.311	1775.888
As min (mm ²)	721.525	721.525
∅tul.pokok (mm)	22	22
A1∅ (mm ²)	380.286	380.286
tul.terpakai (n buah)	3	5
As ada	1140.857	1901.429
jarak (mm)	92	35
a (mm)	68.174	113.624
Mn (kNm)	253.230	404.767
kontrol	Aman	Aman

Tabel 15 Perhitungan Tulangan Balok Anak Type – B2'

	Tumpuan	Lapangan
asumsi balok (m)	0.3 x 0.6	0.3 x 0.6
L (m)	7.2	7.2
qu (kN/m')	23.501	23.501
Mu (kNm)	50.762	152.286
fc (Mpa)	22.5	22.5
fy (Mpa)	400	400
β_1	0.85	0.85
ρ_b	0.0244	0.0244
ρ_{maks}	0.0183	0.0183
ρ_{min}	0.0035	0.0035
ρ_{pakai}	0.0091	0.0091
m	20.915	20.915
Rn (Mpa)	3.308	3.308
Mu/Ø (kNm)	-	190.358
b.d2 (mm3)	-	57546633.89
dperlu (mm)	-	457.744
b (mm)	-	274.647
bpakai (mm)	300	300
h (mm)	550	550
dpakai (mm)	489	489
pakai	tul.sebelah	tul.sebelah
pakai balok (m)	0.3 x 0.55	0.3 x 0.55
qu (kN/m')	23.2196	23.2196
Mu (kNm)	50.154	150.463
Mu/Ø (kNm)	62.693	188.079
Rnbaru (Mpa)	0.874	2.622
ρ_{baru}	0.00242	0.00725
1.33p	0.00321	0.00964
ρ_{pakai}	0.00350	0.00725
As perlu (mm2)	513.450	1063.218
As min (mm2)	513.45	513.45
Øtul.pokok (mm)	22	22
A1Ø (mm2)	380.286	380.286
tul.terpakai (n buah)	2	3
As ada	760.571	1140.857
jarak (mm)	156	67
a (mm)	53.025	79.537
Mn (kNm)	140.702	205.004
kontrol	Aman	Aman

Tabel 16 Perhitungan Tulangan Balok Anak Type – B3'

	Tumpuan	Lapangan
asumsi balok (m)	0.3 x 0.3	0.3 x 0.3
L (m)	3.6	3.6
qu (kN/m')	34.747	34.747
Mu (kNm)	18.763	56.290
f _c (Mpa)	22.5	22.5
f _y (Mpa)	400	400
β ₁	0.85	0.85
p _b	0.0244	0.0244
p _{maks}	0.0183	0.0183
p _{min}	0.0035	0.0035
p _{pakai}	0.0091	0.0091
m	20.915	20.915
R _n (Mpa)	3.308	3.308
Mu/∅ (kNm)	-	70.363
b.d ² (mm ³)	-	21271146.84
d _{perlu} (mm)	-	328.508
b (mm)	-	197.105
b _{pakai} (mm)	200	200
h (mm)	400	400
d _{pakai} (mm)	339	339
pakai	tul.sebelah	tul.sebelah
pakai balok (m)	0.2 x 0.4	0.2 x 0.4
qu (kN/m')	34.5046	34.5046
Mu (kNm)	18.632	55.897
Mu/∅ (kNm)	23.291	69.872
R _n baru (Mpa)	1.013	3.040
p _{baru}	0.00280	0.00840
1.33p	0.00373	0.01118
p _{pakai}	0.00355	0.00840
As perlu (mm ²)	240.690	569.762
As min (mm ²)	237.3	237.3
∅tul.pokok (mm)	16	16
A1∅ (mm ²)	201.143	201.143
tul.terpakai (n buah)	2	3
As ada	402.286	603.429
jarak (mm)	56	17
a (mm)	42.069	63.104
M _n (kNm)	51.165	74.209
kontrol	Aman	Aman

Tabel 17 Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak

Penulangan Geser B1'		Penulangan Geser B2'		Penulangan Geser B3'	
Vu tump (kN)	193.399	Vu tump (kN)	96.129	Vu tump (kN)	71.425
Vu tump/Ø (kN)	322.332	Vu tump/Ø (kN)	160.215	Vu tump/Ø (kN)	119.042
Vu teng (kN)	11.88	Vu teng (kN)	11.88	Vu teng (kN)	5.94
Vu teng/Ø (kN)	19.8	Vu teng/Ø (kN)	19.8	Vu teng/Ø (kN)	9.9
Vc (kN)	162.976	Vc (kN)	115.977	Vc (kN)	53.601
3Vc (kN)	488.928	3Vc (kN)	347.931	3Vc (kN)	160.803
Vsmin (kN)	68.717	Vsmin (kN)	48.900	Vsmin (kN)	22.600
Vu/Økritis (kN)	272.835	Vu/Økritis (kN)	141.142	Vu/Økritis (kN)	98.486
Daerah I		Daerah I		Daerah I	
Vs (kN)	109.859	Vs (kN)	25.165	Vs (kN)	44.885
s (mm)	202.122	s (mm)	470.221	s (mm)	182.766
s (mm)	294.5	s (mm)	244.5	s (mm)	169.5
s (mm)	600	s (mm)	600	s (mm)	600
spakai (mm)	200	spakai (mm)	240	spakai (mm)	160
Perencanaan	P10-200	Perencanaan	P8-240	Perencanaan	P8-160
Daerah II		Daerah II		Daerah II	
s (mm)	206.805	s (mm)	241.272	s (mm)	361.908
s (mm)	294.5	s (mm)	244.5	s (mm)	169.5
s (mm)	600	s (mm)	600	s (mm)	600
spakai (mm)	200	spakai (mm)	240	spakai (mm)	160
Perencanaan	P8-200	Perencanaan	P8-240	Perencanaan	P8-160

Tabel 18.1 Perhitungan Tulangan Tumpuan Kiri Balok Type B1

	Tump. Kr-1 (-)	Tump. Kr-2 (+)	Tump. Kr-3 (-)
Mu (KNm)	276.50	237.86	237.77
Mu redistribusi 20%	221.20	285.43	-
Mu/φ (KNm)	276.50	356.79	297.22
f _c (MPa)	22.5	22.5	22.5
f _y (MPa)	400	400	400
β ₁	0.85	0.85	0.85
m	20.915	20.915	20.915
ρ _b	0.0244	0.0244	0.0244
ρ _{min}	0.0035	0.0035	0.0035
ρ _{maks}	0.0183	0.0183	0.0183
ρ _{pakai}	0.00914	0.00914	0.00914
Rn (MPa)	3.31	3.31	3.31
b.d2 perlu (mm ³)	83588892.0153	107861292.3405	89850438.5064
b (mm)	350	350	350
dperlu (mm)	488.6977	555.1352	506.6710
h (mm)	650	650	650
dpakai (mm)	589	589	589
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
Rn aktual	2.2772	2.9385	2.4478
p aktual	0.00629	0.00812	0.00677
nilai paktual baru	0.00629	0.00812	0.00677
As min (mm ²)	721.525	721.525	721.525
As perlu (mm ²)	1297.706	1674.531	1394.915
dtul.pokok (mm)	22	22	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29	380.29	380.29
jumlah tul. perlu	3.4124	4.4034	3.6681
tul. terpasang (n buah)	4	5	4
As aktual (mm ²)	1521.1429	1901.4286	1521.1429
s(mm) > 25mm	54	35	53
a (mm)	90.899	113.624	90.899
Mn (kNm)	330.727	404.767	330.727
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN

Kesimpulan

Perencanaan	Tul. Rangkap
Tul. Atas n buah	4
Tul. Bawah n buah	5
ρ ₁ (ρ - ρ')	0.0050
f _s ' (MPa)	143.67
f _s ' pakai (MPa)	143.67

a (mm ²)	97.2996
Mn1 (kNm)	351.953
Mn2 (kNm)	57.673
Mn	409.626
Kontrol	AMAN
Mkap	512.033

Tabel 18.2 Perhitungan Tulangan Lapangan Balok Type B1

	Lapangan -1 (+)	Lapangan -2 (+)	Lapangan -3 (+)
Mu (KNm)	97.43	71.89	51.84
Mu redistribusi 20 % (KNm)	116.918	86.268	-
Mu/φ (KNm)	146.15	107.84	64.80
f _c (MPa)	22.5	22.5	22.5
f _y (MPa)	400	400	400
β ₁	0.85	- 0.85	0.85
m	20.915	20.915	20.915
ρ _b	0.0244	0.0244	0.0244
ρ _{min}	0.0035	0.0035	0.0035
ρ _{maks}	0.0183	0.0183	0.0183
ρ _{pakai}	0.00914	0.00914	0.00914
R _n (MPa)	3.31	3.31	3.31
b.d ₂ perlu (mm ³)	44181600.0987	32599483.7808	19589509.8557
b (mm)	350	350	350
d _{perlu} (mm)	355.2930	305.1907	236.5799
h (mm)	650	650	650
d _{pakai} (mm)	589	589	589
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
R _n aktual	1.2036	0.8881	0.5337
p aktual	0.00333	0.00246	0.00148
nilai paktual baru	0.00350	0.00327	0.00200
As min (mm ²)	721.525	721.525	721.525
As perlu (mm ²)	721.525	673.116	412.300
dtul.pokok (mm)	22	22	22
A _{1d.pokok} (mm ²)	380.29	380.29	380.29
jumlah tul. perlu	1.8973	1.8973	1.8973
tul. terpasang (n buah)	2	2	2
As aktual (mm ²)	760.5714	760.5714	760.5714
s(mm) > 25mm	206	206	202
a (mm)	45.450	45.450	45.450
M _n (kNm)	172.277	172.277	172.277
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN
Kesimpulan			
Perencanaan	Tulangan Sebelah		
tul. terpasang (n buah)	2		
M _{kap}	215.346		

Tabel 18.3 Perhitungan Tulangan Tumpuan Kanan Balok Type B1

	Tump. Kn-1 (-)	Tump. Kn-2 (-)	Tump. Kn-3 (+)
Mu (KNm)	371.52	531.20	238.03
Mu redistribusi 20 % (KNm)	297.217	424.962	-
Mu/ϕ (KNm)	371.52	531.20	297.54
f'c (MPa)	22.5	22.5	22.5
fy (MPa)	400	400	400
β_1	0.85	0.85	0.85
m	20.915	20.915	20.915
ρ_b	0.0244	0.0244	0.0244
ρ_{min}	0.0035	0.0035	0.0035
ρ_{maks}	0.0183	0.0183	0.0183
ρ_{pakai}	0.00914	0.00914	0.00914
Rn (MPa)	3.31	3.31	3.31
b.d2 perlu (mm ³)	112313431.6853	160586427.8865	89949255.1890
b (mm)	350	350	350
dperlu (mm)	566.4764	677.3613	506.9496
h (mm)	650	650	650
dpakai (mm)	589	589	589
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Rangkap	Tul. Sebelah
Rn aktual	3.0597	-	2.4505
ρ aktual	0.00846	-	0.00677
nilai paktual baru	0.00846	-	0.00677
As min (mm ²)	721.525	-	721.525
As perlu (mm ²)	1743.650	-	1396.449
dtul.pokok (mm)	22	-	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29	-	380.29
jumlah tul. perlu	4.5851	-	3.6721
tul. terpasang (n buah)	5	-	4
As aktual (mm ²)	1901.4286	-	1521.1429
s(mm) > 25mm	34	-	53
a (mm)	113.624	-	90.899
Mn (kNm)	404.767	-	330.727
Kontrol	AMAN	-	AMAN
d' (mm)	-	61	-
$\rho_1 (\rho - \rho')$	-	0.00914	-
As1 perlu (mm)	-	1885.0646	-
a1 (mm)	-	112.6463	-
Mn1 (kNm)	-	401.6521	-
Mn2(KNm)=Mu/ ϕ -Mn1	-	129.5506	-
fs' (MPa)	-	323.8257	-
fs' pakai (MPa)	-	323.8257	-
As' perlu (mm)	-	757.6945	-
dtul.pokok (mm)	-	22	-
A1d.pokok (mm ²)	-	380.29	-
tul. desak perlu (n buah)	-	1.992434734	-

tul desak pakai (n buah)	-	2	-
As' ada (mm)	-	760.571	-
As perlu total (mm ²)	-	2645.6360	-
tul. tarik perlu (n buah)	-	6.9570	-
tul tarik pakai (n buah)	-	7	-
As ada (mm ²)	-	2662	-
Kontrol	-		-
r' ada	-	0.00369	-
r ada	-	0.01291	-
(rada - r'ada)	-	0.0092	-
fs' (MPa)	-	326.2025	-
fs' pakai (MPa)	-	326.2025	-
a (mm ²)	-	122.0092931	-
Mn1 (kNm)	-	431.214	-
Mn2 (kNm)	-	130.997	-
Mn	-	562.211	-
s (mm)	-	35	-
Kontrol	-	AMAN	-
Mkap	505.959	702.763	413.409

Kesimpulan

Perencanaan	Tul. Rangkap
Tul. Atas n buah	7
Tul. Bawah n buah	4
$\rho_1 (\rho - \rho')$	0.0055
fs' (MPa)	143.6708
fs' pakai (MPa)	143.6708
a (mm ²)	142.7493237
Mn1 (kNm)	438.044
Mn2 (kNm)	115.391
Mn	553.435
Kontrol	AMAN
Mkap	691.793

Tabel 19 Perhitungan Tulangan Geser Balok Type B1

Ln (m)	6.6
h (mm)	650
d (mm)	589
b (mm)	350
K	1
fy (MPa)	240
fc (MPa)	22.5
Vd (KN)	131.1100
VI (KN)	35.9730
Ve (KN)	66.0842
Vg (KN)	167.0830
1,05 Vg (KN)	175.4372
Mkap,b (KN)	512.0320
Mkap,b' (KN)	691.7900
Vu,b1 (KN)	303.1152
Vu,b2 (KN)	452.9908
Vu,b pakai	303.1152
Daerah Plastis	
Vu plastis (KN)	280.3266
Vs (KN)	467.2111

d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	47.5454
d/4 (mm)	147.2500
S pakai (mm)	45
Tul. Pakai	2P10 - 90
Check Vs (KN)	493.6381
Koreksi	AMAN
Luar Plastis	
Vu (KN)	252.8178
Vc (KN)	162.9759
Vs (KN)	258.3871
d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	85.9707
d/2 (mm)	294.5000
S pakai (mm)	85
Tul. Pakai	P10 - 85

Tabel 20.1 Perhitungan Tulangan Tumpuan Kiri Balok Type B2

	Tump. Kr-1 (-)	Tump. Kr-2 (+)	Tump. Kr-3 (-)
Mu (KNm)	391.98	98.66	112.31
Mu redistribusi 20 % (KNm)	313.584	118.397	89.848
Mu/φ (KNm)	391.98	148.00	112.31
f'c (MPa)	22.5	22.5	22.5
fy (MPa)	400	400	400
β1	0.85	0.85	0.85
l _m	20.915	20.915	20.915
ρ _b	0.0244	0.0244	0.0244
ρ _{min}	0.0035	0.0035	0.0035
ρ _{maks}	0.0183	0.0183	0.0183
ρ _{pakai}	0.00914	0.00914	0.00914
Rn (MPa)	3.31	3.31	3.31
b.d ² perlu (mm ³)	118498396.1921	44740263.8983	33952127.3441
b (mm)	350	350	350
dperlu (mm)	581.8650	357.5323	311.4580
h (mm)	650	650	650
d _{pakai} (mm)	589	589	589
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
Rn aktual	3.2282	1.2189	0.9250
ρ aktual	0.00892	0.00337	0.00256
nilai aktual baru	0.00892	0.00350	0.00350
As min (mm ²)	721.525	721.525	721.525
As perlu (mm ²)	1839.671	721.525	721.525
dtul.pokok (mm)	22	22	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29	380.29	380.29
jumlah tul. perlu	4.8376	1.8973	1.8973
tul. terpasang (n buah)	5	2	2
As aktual (mm ²)	1901.4286	760.5714	760.5714
s(mm) > 25mm	35	206	202
a (mm)	113.624	45.450	45.450
Mn (kNm)	404.767	172.277	172.277
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN

Kesimpulan

Perencanaan	Tul. Rangkap
Tul. Atas n buah	5
Tul. Bawah n buah	2
ρ1 (ρ - ρ')	0.0050
fs' (MPa)	143.67
fs' pakai (MPa)	143.67

a (mm ²)	97.2996
Mn1 (kNm)	351.953
Mn2 (kNm)	57.673
Mn	409.626
Kontrol	AMAN
Mkap	512.033

Tabel 20.2 Perhitungan Tulangan Lapangan Balok Type B2

	Lapangan -1 (+)	Lapangan -2 (+)	Lapangan -3 (+)
Mu (KNm)	257.53	0.30	0.18
Mu redistribusi 20 % (KNm)	309.030	0.360	0.216
Mu/ ϕ (KNm)	386.29	0.45	0.27
f'c (MPa)	22.5	22.5	22.5
fy (MPa)	400	400	400
β_1	0.85	0.85	0.85
m	20.915	20.915	20.915
ρ_b	0.0244	0.0244	0.0244
ρ_{min}	0.0035	0.0035	0.0035
ρ_{maks}	0.0183	0.0183	0.0183
ρ_{pakai}	0.00914	0.00914	0.00914
Rn (MPa)	3.31	3.31	3.31
b.d2 perlu (mm ³)	116777512.1666	136038.2629	81622.9577
b (mm)	350	350	350
dperlu (mm)	577.6245	19.7150	15.2712
h (mm)	650	650	650
dpakai (mm)	589	589	589
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
Rn aktual	3.1814	0.0037	0.0022
p aktual	0.00879	0.00001	0.00001
nilai paktual baru	0.00879	0.00350	0.00350
As min (mm ²)	721.525	721.525	721.525
As perlu (mm ²)	1812.954	721.525	721.525
dtul.pokok (mm)	22	22	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29	380.29	380.29
jumlah tul. perlu	4.7673	1.8973	1.8973
tul. terpasang (n buah)	5	2	2
As aktual (mm ²)	1901.4286	760.5714	760.5714
s(mm) > 25mm	35	206	202
a (mm)	113.624	45.450	45.450
Mn (kNm)	404.767	172.277	172.277
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN
Kesimpulan			
Perencanaan	Tulangan Sebelah		
tul. terpasang (n buah)	5		
Mkap	505.959		

Tabel 20.3 Perhitungan Tulangan Tumpuan Kanan Balok Type B2

	Tump. Kn-1 (-)	Tump. Kn-2 (-)	Tump. Kn-3 (+)
Mu (KNm)	363.86	98.11	112.68
Mu redistribusi 20 % (KNm)	291.088	117.732	135.216
Mu/φ (KNm)	363.86	147.17	169.02
f'c (MPa)	22.5	22.5	22.5
fy (MPa)	400	400	400
β1	0.85	0.85	0.85
m	20.915	20.915	20.915
ρ _b	0.0244	0.0244	0.0244
ρ _{min}	0.0035	0.0035	0.0035
ρ _{maks}	0.0183	0.0183	0.0183
ρ _{pakai}	0.00914	0.00914	0.00914
Rn (MPa)	3.31	3.31	3.31
b.d2 perlu (mm ³)	109997516.2979	44489046.5728	51095971.5404
b (mm)	350	350	350
dperlu (mm)	560.6056	356.5271	382.0844
h (mm)	650	650	650
dpakai (mm)	589	589	589
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
Rn aktual	2.9966	1.2120	1.3920
p aktual	0.00828	0.00335	0.00385
nilai paktual baru	0.00828	0.00350	0.00385
As min (mm ²)	721.525	721.525	721.525
As perlu (mm ²)	1707.696	721.525	793.258
dtul.pokok (mm)	22	22	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29	380.29	380.29
jumlah tul. perlu	4.4906	1.8973	2.0860
tul. terpasang (n buah)	5	2	3
As aktual (mm ²)	1901.4286	760.5714	1140.8571
s(mm) > 25mm	35	206	90
a (mm)	113.624	45.450	68.174
Mn (kNm)	404.767	172.277	253.230
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN

Kesimpulan

Perencanaan	Tul. Rangkap
Tul. Atas n buah	5
Tul. Bawah n buah	3
ρ1 (ρ - ρ')	0.0060
fs' (MPa)	143.67
fs' pakai (MPa)	143.67

a (mm ²)	97.2996
Mn1 (kNm)	319.365
Mn2 (kNm)	52.211
Mn	371.576
Kontrol	AMAN
Mkap	464.470

Tabel 21 Perhitungan Tulangan Geser Balok Type B2

Ln (m)	6.6
h (mm)	650
d (mm)	589
b (mm)	350
K	1
fy (MPa)	240
f'c (MPa)	22.5
Vd (KN)	155.4000
VI (KN)	48.8000
Ve (KN)	27.3300
Vg (KN)	204.2000
1,05 Vg (KN)	214.4100
Mkap,b (KN)	512.0320
Mkap,b' (KN)	512.0320
Vu,b1 (KN)	323.0228
Vu,b2 (KN)	329.1960
Vu,b pakai	323.0228
Daerah Plastis	
Vu plastis (KN)	303.6371
Vs (KN)	506.0618

d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	43.8953
d/4 (mm)	147.2500
S pakai (mm)	40
Tul. Pakai	2P10 - 80
Check Vs (KN)	555.3429
Koreksi	AMAN
Luar Plastis	
Vu (KN)	280.2360
Vc (KN)	162.9759
Vs (KN)	304.0841
d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	73.0512
d/2 (mm)	294.5000
S pakai (mm)	70
Tul. Pakai	P10 - 70

Tabel 22.1 Perhitungan Tulangan Tumpuan Kiri Balok Type B3

	Tump. Kn-1 (-)	Tump. Kn-2 (-)	Tump. Kn-3 (+)
Mu (KNm)	17.93	270.32	158.90
Mu redistribusi 20 %	14.344	216.256	190.680
Mu/φ (KNm)	17.93	270.32	238.35
f _c (MPa)	22.5	22.5	22.5
f _y (MPa)	400	400	400
β ₁	0.85	0.85	0.85
m	20.915	20.915	20.915
ρ _b	0.0244	0.0244	0.0244
ρ _{min}	0.0035	0.0035	0.0035
ρ _{maks}	0.0183	0.0183	0.0183
ρ _{pakai}	0.00914	0.00914	0.00914
R _n (MPa)	3.31	3.31	3.31
b.d2 perlu (mm ³)	5420369.0079	81719696.0525	72054933.2425
b (mm)	350	350	350
dperlu (mm)	124.4458	483.2027	453.7304
h (mm)	600	600	600
d _{pakai} (mm)	539	539	539
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
R _n aktual	0.1763	2.6585	2.3441
p aktual	0.00049	0.00735	0.00648
nilai p aktual baru	0.00350	0.00735	0.00648
As min (mm ²)	660.275	660.275	660.275
As perlu (mm ²)	660.275	1386.375	1222.413
dtul.pokok (mm)	22	22	22
A _{1d.pokok} (mm ²)	380.29	380.29	380.29
jumlah tul. perlu	1.7363	3.6456	3.2145
tul. terpasang (n buah)	2	4	4
As aktual (mm ²)	760.5714	1521.1429	1521.1429
s(mm) > 25mm	202	53	53
a (mm)	45.450	90.899	90.899
M _n (kNm)	157.066	300.304	300.304
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN
M _{kap} (kNm)	196.332	375.380	375.380

Kesimpulan

Perencanaan	Tul. Rangkap
Tul. Atas n buah	4
Tul. Bawah n buah	4
ρ ₁ (ρ - ρ')	0.0081
f _s ' (MPa)	257.75
f _s ' pakai (MPa)	257.75

a (mm ²)	90.899
M _{n1} (kNm)	300.304
M _{n2} (kNm)	0.000
M _n	300.304
Kontrol	AMAN
M _{kap}	375.380

Tabel 22.2 Perhitungan Tulangan Lapangan Balok Type B3

	Lapangan -1 (+)	Lapangan -2 (+)	Lapangan -3 (+)
Mu (KNm)	20.20	16.95	16.40
Mu redistribusi 20 %	24.240	20.340	19.680
Mu/ ϕ (KNm)	30.30	25.43	24.60
f'c (MPa)	22.5	22.5	22.5
fy (MPa)	400	400	400
β_1	0.85	0.85	0.85
m	20.915	20.915	20.915
ρ_b	0.0244	0.0244	0.0244
ρ_{min}	0.0035	0.0035	0.0035
ρ_{maks}	0.0183	0.0183	0.0183
ρ_{pakai}	0.00914	0.00914	0.00914
Rn (MPa)	3.31	3.31	3.31
b.d2 perlu (mm ³)	9159909.7011	7686161.8531	7436758.3712
b (mm)	350	350	350
dperlu (mm)	161.7751	148.1906	145.7665
h (mm)	600	600	600
dpakai (mm)	539	539	539
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
Rn aktual	0.2980	0.2500	0.2419
p aktual	0.00082	0.00069	0.00067
nilai paktual baru	0.00350	0.00092	0.00089
As min (mm ²)	660.275	660.275	660.275
As perlu (mm ²)	660.275	173.426	167.799
dtul.pokok (mm)	22	22	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29	380.29	380.29
jumlah tul. perlu	1.7363	1.7363	0.4412
tul. terpasang (n buah)	2	2	2
As aktual (mm ²)	760.5714	760.5714	760.5714
s(mm) > 25mm	206	206	202
a (mm)	45.450	45.450	45.450
Mn (kNm)	157.066	157.066	157.066
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN
Kesimpulan			
Perencanaan	Tulangan Sebelah		
tul. terpasang (n buah)	2		
Mkap	196.332		

Tabel 22.3 Perhitungan Tulangan Tumpuan Kanan Balok Type B3

	Tump. Kn-1 (-)	Tump. Kn-2 (-)	Tump. Kn-3 (+)
Mu (KNm)	41.30	315.61	133.13
Mu redistribusi 20 %	33.040	252.488	159.756
Mu/φ (KNm)	41.30	315.61	199.70
f _c (MPa)	22.5	22.5	22.5
f _y (MPa)	400	400	400
β ₁	0.85	0.85	0.85
m	20.915	20.915	20.915
ρ _b	0.0244	0.0244	0.0244
ρ _{min}	0.0035	0.0035	0.0035
ρ _{maks}	0.0183	0.0183	0.0183
ρ pakai	0.00914	0.00914	0.00914
Rn (MPa)	3.31	3.31	3.31
b.d2 perlu (mm ³)	12485289.4605	95411191.4439	60369246.4605
b (mm)	350	350	350
dperlu (mm)	188.8710	522.1144	415.3114
h (mm)	600	600	600
dpakai (mm)	539	539	539
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
Rn aktual	0.4062	3.1039	1.9639
p aktual	0.00112	0.00858	0.00543
nilai paktual baru	0.00350	0.00858	0.00543
As min (mm ²)	660.275	660.275	660.275
As perlu (mm ²)	660.275	1618.652	1024.165
dtul.pokok (mm)	22	22	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29	380.29	380.29
jumlah tul. perlu	1.7363	4.2564	2.6931
tul. terpasang (n buah)	2	5	3
As aktual (mm ²)	760.5714	1901.4286	1140.8571
s(mm) > 25mm	202	34	90
a (mm)	45.450	113.624	68.174
Mn (kNm)	157.066	366.738	230.413
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN
Mkap (kNm)	196.3320744	458.4229647	288.0166673

Kesimpulan

Perencanaan	Tul. Rangkap
Tul. Atas n buah	5
Tul. Bawah n buah	3
ρ ₁ (ρ - ρ')	0.0060
fs' (MPa)	143.67
fs' pakai (MPa)	143.67

a (mm ²)	97.2996
Mn1 (kNm)	319.365
Mn2 (kNm)	52.211
Mn	371.576
Kontrol	AMAN
Mkap	464.470

Tabel 23 Perhitungan Tulangan Geser Balok Type B3

Ln (m)	2.9
h (mm)	600
d (mm)	539
b (mm)	350
K	1
fy (MPa)	240
f'c (MPa)	22.5
Vd (KN)	44.4000
VI (KN)	5.3500
Ve (KN)	149.9200
Vg (KN)	49.7500
1,05 Vg (KN)	52.2375
Mkap,b (KN)	375.3800
Mkap,b' (KN)	464.4700
Vu,b1 (KN)	305.6405
Vu,b2 (KN)	681.9015
Vu,b pakai	305.6405
Daerah Plastis	
Vu plastis (KN)	211.4445
Vs (KN)	352.4075

d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	57.6832
d/4 (mm)	134.7500
S pakai (mm)	55
Tul. Pakai	P10 - 55
Check Vs (KN)	369.6000
Koreksi	AMAN
Luar Plastis	
Vu (KN)	95.9277
Vc (KN)	149.1409
Vs (KN)	10.7385
d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	1892.9950
d/2 (mm)	269.5000
S pakai (mm)	200
Tul. Pakai	P10 - 200

Tabel 24 Perhitungan Tulangan Balok Type B4

	Tump. (-)
Mu (KNm)	535.32
Mu redistribusi 20 % (KNm)	428.256
Mu/ ϕ (KNm)	535.32
f'c (MPa)	22.5
fy (MPa)	400
β_1	0.85
m	20.915
ρ_b	0.0244
ρ_{min}	0.0035
ρ_{maks}	0.0183
ρ_{pakai}	0.00914
Rn (MPa)	3.31
b.d ² perlu (mm ³)	161831117.5304
b (mm)	400
dperlu (mm)	636.0643
h (mm)	700
dpakai (mm)	639
Perencanaan	Tul. Sebelah
Rn aktual	3.2776
p aktual	0.00906
nilai paktual baru	0.00906
As min (mm ²)	894.600
As perlu (mm ²)	2315.816
dtul.pokok (mm)	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29
jumlah tul. perlu	6.0897
tul. terpasang (n buah)	7
As aktual (mm ²)	2662.0000
s(mm) > 25mm	24
a (mm)	139.190
Mn (kNm)	606.303
Kontrol	AMAN
Mkap	757.878

Tabel 25 Perhitungan Tulangan Geser Balok Type B4

Ln (m)	2
h (mm)	700
d (mm)	639
b (mm)	400
K	1
fy (MPa)	240
f'c (MPa)	22.5
Vd (KN)	160.2900
VI (KN)	36.4800
Ve (KN)	0.0000
Vg (KN)	196.7700
1,05 Vg (KN)	206.6085
Mkap,b (KN)	757.8780
Mkap,b' (KN)	215.3463
Vu,b1 (KN)	547.2370
Vu,b2 (KN)	206.6085
Vu,b pakai	206.6085
Daerah Plastis	
Vu plastis (KN)	97.7777
Vs (KN)	162.9628

d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	147.8830
d/4 (mm)	159.7500
S pakai (mm)	140
Tul. Pakai	P10 - 140
Check Vs (KN)	172.1388
Koreksi	AMAN
Luar Plastis	
Vu (KN)	-31.8314
Vc (KN)	202.0695
Vs (KN)	-
d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	-
h/4 (mm)	175
S pakai (mm)	170
Tul. Pakai	P10 - 170

Tabel 26 Perhitungan Momen Rencana Kolom Arah X

Type kolom	K1				K2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai								
Mdy atas	36.97	90.58	85.74	75.06	10.61	1.7	5.45	2.57
Mdy bawah	61.71	86.05	93.05	46.17	4.8	4.32	0.34	6
Mly atas	11.11	28.57	26.69	22.15	2.86	1.7	2.52	0.62
Mly bawah	19.28	26.99	29.31	8.42	2.14	2.94	0.97	0.35
Mey atas	219.41	115.91	69.61	19.23	128.94	62.9	50.03	27.03
Mey bawah	139.57	143.07	108.57	59.6	66.81	48.59	26.77	4.15
Atas								
1,2Md + 1,6MI	62.14	154.408	145.592	125.512	17.308	4.76	10.572	4.076
1,05(Md+MI,r) = Mb	45.8178	113.1081	106.8417	92.7675	12.9423	2.8560	7.3101	3.0891
1,05Me = Ms	230.3805	121.7055	73.0905	20.1915	135.3870	66.0450	52.5315	28.3815
Mb+Ms	276.1983	234.8136	179.9322	112.9590	148.3293	68.9010	59.8416	31.4706
1,05(Md+MI)+(4/k)Me	972.0060	611.9295	410.4135	182.8365	555.6915	267.7500	218.4945	116.8755
Bawah								
1,2Md + 1,6MI	104.9000	146.4440	158.5560	68.8760	9.1840	9.8880	1.9600	7.7600
1,05(Md+MI,r)	76.9419	107.3562	116.1678	53.7831	6.3882	6.3882	0.9681	6.5205
1,05Me	146.5485	150.2235	113.9985	62.5800	70.1505	51.0195	28.1085	4.3575
Mb+Ms	223.4904	257.5797	230.1663	116.3631	76.5387	57.4077	29.0766	10.8780
1,05(Md+MI)+(4/k)Me	671.2335	719.5860	584.4720	307.6395	287.8890	211.7010	113.8095	24.0975
M atas pakai	276.1983	234.8136	179.9322	125.5120	148.3293	68.9010	59.8416	31.4706
M bawah pakai	223.4904	257.5797	230.1663	116.3631	76.5387	57.4077	29.0766	10.8780

Type kolom	K3				K4			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai								
Mdy atas	6.56	62.84	19.21	32.18	5.688	4.48	1.99	1.39
Mdy bawah	12.79	64.59	20.09	19.53	6.1964	5.54	4.77	2.33
Mly atas	1.94	14.89	4.71	7.6	0.8441	0.045	0.515	1.28
Mly bawah	3.54	15.18	5.05	4.97	1.102	0.416	0.148	1.05
Mey atas	191.47	143.3	70	29.17	135.9133	91.17	50.12	7.51
Mey bawah	103.51	130.71	33.24	2.4	235.4991	124.47	97.12	47.8
Atas								
1,2Md + 1,6MI	10.976	99.2320	30.588	50.778	8.17616	5.448	3.212	3.716
1,05(Md+MI.r) = Mb	8.1102	75.3627	23.1378	38.5770	6.5042	4.7324	2.4140	2.2659
1,05Me = Ms	201.0435	150.4650	73.5000	30.6285	142.7090	95.7285	52.6260	7.8855
Mb+Ms	209.1537	225.8277	96.6378	69.2055	149.2131	100.4609	55.0400	10.1514
1,05(Md+MI)+(4/k)Me	813.0990	683.4765	319.1160	164.2830	577.6946	387.6653	213.1343	34.3455
Bawah								
1,2Md + 1,6MI	21.0120	101.7960	32.1880	31.3880	9.1989	7.3136	5.9608	4.4760
1,05(Md+MI.r)	15.6597	77.3829	24.2760	23.6376	7.2005	6.0791	5.1017	3.1080
1,05Me	108.6855	137.2455	34.9020	2.5200	247.2741	130.6935	101.9760	50.1900
Mb+Ms	124.3452	214.6284	59.1780	26.1576	254.4745	136.7726	107.0777	53.2980
1,05(Md+MI)+(4/k)Me	451.8885	632.7405	166.0050	35.8050	996.7595	529.0278	413.0679	204.3090
M atas pakai	209.1537	225.8277	96.6378	69.2055	149.2131	100.4609	55.0400	10.1514
M bawah pakai	124.3452	214.6284	59.1780	31.3880	254.4745	136.7726	107.0777	53.2980

Tabel 27 Perhitungan Momen Rencana Kolom Arah Y

Type kolom	K1				K2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai								
Mdy atas	24.11	24.54	31.18	16.44	61.89	62.93	79.95	67.45
Mdy bawah	9.48	16.99	33.5	16.28	45.22	61.29	72.61	64.82
Mly atas	5.92	8.02	9.91	5.85	14.03	16.54	19.5	21.56
Mly bawah	3.39	5.95	9.68	2.57	11.46	15.47	18.7	17.53
Mey atas	210.26	91.66	58.66	22.45	281.27	129.11	111.73	41.84
Mey bawah	117.63	115.28	95.7	63.59	153.38	110.46	71.33	2.06
Atas								
1,2Md + 1,6MI	38.4040	42.2800	53.2720	29.0880	96.7160	101.9800	127.1400	115.4360
1,05(Md+MI,r) = Mb	29.0451	30.8196	38.9823	20.9475	73.8234	76.4967	96.2325	84.4053
1,05Me = Ms	220.7730	96.2430	61.5930	23.5725	295.3335	135.5655	117.3165	43.9320
Mb+Ms	249.8181	127.0626	100.5753	44.5200	369.1569	212.0622	213.5490	128.3373
1,05(Md+MI)+(4/k)Me	914.6235	419.1600	289.5165	117.6945	1261.05	625.7055	573.6885	269.1885
Bawah								
1,2Md + 1,6MI	16.8000	29.9080	55.6880	23.6480	72.6000	98.3000	117.0520	105.8320
1,05(Md+MI,r)	12.0897	21.5880	41.2734	18.7131	54.7008	74.1006	88.0215	79.1049
1,05Me	123.5115	121.0440	100.4850	66.7695	161.0490	115.9830	74.8965	2.1630
Mb+Ms	135.6012	142.6320	141.7584	85.4826	215.7498	190.0836	162.9180	81.2679
1,05(Md+MI)+(4/k)Me	507.5595	508.2630	447.2790	286.8705	703.7100	544.5300	395.4615	95.1195
M atas pakai	249.8181	127.0626	100.5753	44.5200	369.1569	212.0622	213.5490	128.3373
M bawah pakai	135.6012	142.6320	141.7584	85.4826	215.7498	190.0836	162.9180	95.1195

Type kolom	K3				K4			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai	8.14	62.84	68.46	41.4	92.1551	21.34	1.99	52.11
Mdy atas	38.48	64.59	62.23	57.72	20.5407	69.93	4.77	237.21
Mly atas	2.15	14.89	16.28	7.84	16.42101	1.37	0.515	5.86
Mly bawah	9.21	15.18	14.68	13.33	6.1776	9.94	0.148	39.47
Mey atas	224.76	143.3	100.63	43.8	128.0851	112.73	50.12	2.18
Mey bawah	145.74	130.71	69.42	13.54	341.7914	157.4	97.12	58.3
Atas								
1,2Md + 1,6MI	13.2080	99.2320	108.2000	62.2240	136.8597	27.8000	3.212	71.9080
1,05(Md+MI,r) = Mb	9.9015	75.3627	82.1394	48.4092	107.1081	23.2701	2.4140	58.4073
1,05Me = Ms	235.9980	150.4650	105.6615	45.9900	134.4894	118.3665	52.6260	2.2890
Mb+Ms	245.8995	225.8277	187.8009	94.3992	241.5974	141.6366	55.0400	60.6963
1,05(Md+MI+(4/k)Me)	954.7965	683.4765	511.6230	235.6620	651.9823	497.3115	213.1343	70.0245
Bawah								
1,2Md + 1,6MI	60.9120	101.7960	98.1640	90.5920	34.5330	99.8200	5.9608	347.8040
1,05(Md+MI,r)	46.2063	77.3829	74.5899	69.0039	25.4596	79.6887	5.1017	273.9366
1,05Me	153.0270	137.2455	72.8910	14.2170	358.8810	165.2700	101.9760	61.2150
Mb+Ms	199.2333	214.6284	147.4809	83.2209	384.3406	244.9587	107.0777	335.1516
1,05(Md+MI+(4/k)Me)	662.1825	632.7405	372.3195	131.4705	1463.578	744.9435	413.0679	535.3740
M atas pakai	245.8995	225.8277	187.8009	94.3992	241.5974	141.6366	55.0400	70.0245

Tabel 28 Perhitungan Gaya Aksial Rencana Kolom

Type kolom	K1				K2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai								
Mdy atas	1946.80	1376.37	836.84	298.79	816.97	583.74	390.86	201.12
Mdy bawah	1882.15	1331.92	792.29	262.42	752.32	628.19	435.30	237.46
Mly atas	465.09	316.83	171.77	26.89	131.56	106.81	74.66	41.37
Mly bawah	465.09	316.83	171.77	26.89	131.56	106.81	74.66	41.37
Mey atas	133.92	75.39	28.91	7.15	471.18	269.22	114.72	27.37
Mey bawah	133.92	75.39	28.91	7.15	471.18	269.22	114.72	27.34
Atas								
1,2Md + 1,6MI	3080.304	2158.572	1279.040	401.572	1190.860	871.384	588.488	307.536
1,05(Md+MI,r) = Mb	2337.147	1644.791	986.897	330.670	940.701	680.217	457.439	237.239
1,05Me = Ms	140.616	79.160	30.356	7.508	494.739	282.681	120.456	28.739
Mb+Ms	2477.763	1723.951	1017.253	338.178	1435.440	962.898	577.895	265.978
1,05(Md+MI)+(4/k)Me	3094.949	2094.498	1180.463	371.994	2974.913	1855.802	970.620	369.569
Bawah								
1,2Md + 1,6MI	3002.724	2105.232	1225.580	357.928	1113.280	924.724	641.816	351.144
1,05(Md+MI,r)	2269.264	1598.119	940.120	292.482	872.819	726.890	504.101	275.396
1,05Me	140.616	79.160	30.356	7.508	494.739	282.681	120.456	28.707
Mb+Ms	2409.880	1677.278	970.475	299.989	1367.558	1009.571	624.557	304.103
1,05(Md+MI)+(4/k)Me	3027.066	2047.826	1133.685	333.806	2907.030	1902.474	1017.282	407.600
M atas pakai	3080.304	2094.498	1180.463	371.994	1435.440	962.898	588.488	307.536
M bawah pakai	3002.724	2047.826	1133.685	333.806	1367.558	1009.571	641.816	351.144

Type kolom	K3				K4			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai								
Mdy atas	805.13	514.38	293.45	80.47	2339.3	1734.99	1077.03	412.46
Mdy bawah	740.48	558.83	337.9	116.84	2403.953	1690.54	1032.58	376.1
Mly atas	126.51	87.48	49.34	11.4	559.2235	388.93	216.64	43.1
Mly bawah	126.51	87.48	49.34	11.4	559.2235	388.93	216.64	43.1
Mey atas	267.22	126.82	44.5	2.61	171.7475	105.75	49.94	13.46
Mey bawah	267.22	126.82	44.5	2.61	171.7475	105.75	49.94	13.46
Atas								
1,2Md + 1,6Ml	1168.572	757.224	431.084	114.804	3701.918	2704.276	1639.060	563.912
1,05(Md+Ml,r) = Mb	925.088	595.211	339.207	91.676	2808.576	2066.765	1267.365	460.236
1,05Me = Ms	280.581	133.161	46.725	2.741	180.335	111.038	52.437	14.133
Mb+Ms	1205.669	728.372	385.932	94.416	2988.911	2177.803	1319.802	474.369
1,05(Md+Ml+(4/k)Me)	2100.546	1164.597	546.830	107.426	3764.789	2674.266	1568.102	534.870
Bawah								
1,2Md + 1,6Ml	1090.992	810.564	484.424	158.448	3779.501	2650.936	1585.720	520.280
1,05(Md+Ml,r)	857.205	641.884	385.879	129.864	2876.461	2020.093	1220.692	422.058
1,05Me	280.581	133.161	46.725	2.741	180.335	111.038	52.437	14.133
Mb+Ms	1137.786	775.045	432.604	132.605	3056.796	2131.130	1273.129	436.191
1,05(Md+Ml+(4/k)Me)	2032.664	1211.270	593.502	145.614	3832.675	2627.594	1521.429	496.692
M atas pakai	1205.669	757.224	431.084	107.426	3701.918	2674.266	1568.102	534.870
M bawah pakai	1137.786	810.564	484.424	145.614	3779.501	2627.594	1521.429	496.692

Tabel 31 Momen Rencana Kolom (Muy)

Kolom	K1				K2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai								
Pc	15270624.7	12340591.1	12148027.1	34006335.7	8682742.65	23388843.4	20891418.1	20405845.6
Cm	1	1	1	1	1	1	1	1
oby	1.0003	1.0002	1.00015	1	1.00025	1.000066	1.00005	1.00003
ΣPc	47594497.2	44664463.6	44471899.7	66330208.2	49049812.6	60825579.7	53215290.7	52729718.2
ΣPu	4389.35	6483.84	5569.81	4761.34	7495.14	6083.47	5031.16	4740.49
δsy	1.0001419	1.00022	1.00019	1.00011	1.00024	1.00015	1.00015	1.00014
Mby,a	45.8178	113.108	106.842	92.768	12.942	2.856	7.310	3.089
Mby,b	76.942	107.356	116.168	53.783	6.388	6.388	0.968	6.521
Msy,a	230.3805	121.706	73.091	20.192	135.387	66.045	52.532	28.382
Msy,b	223.4904	150.224	113.999	65.580	70.151	51.020	28.109	4.358
Muy,a	276.244737	234.86	179.96	112.96	148.36	68.91	59.85	31.47
Muy,b	300.487197	257.63	230.21	119.37	76.56	57.42	29.08	10.88

Kolom	K1				K2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai								
Pc	8231606.0	21772387.9	21521407.8	21380312.8	17780591.0	29648878.9	30199905.8	35952353.1
Cm	1	1	1	1	1	1	1	1
oby	1.00023	1.00057	1.00034	1.00001	1.00034	1.00014	1.00008	1.00023
ΣPc	40555478.5	54096260.4	53845280.3	53704185.3	29612925.5	47335619.6	47886646.4	53639093.8
ΣPu	5595.01	5199.91	4873.77	4534.96	6136.23	5030.99	3924.83	2891.60
δsy	1.00021	1.00015	1.00014	1.00013	1.00032	1.00016	1.00013	1.00008
Mby,a	8.110	16.340	23.138	38.577	6.504	4.732	2.414	2.266
Mby,b	15.660	11.752	24.276	23.638	7.201	6.079	5.100	3.108
Msy,a	201.044	93.744	73.500	30.629	142.709	95.729	52.626	7.886
Msy,b	108.686	64.869	39.902	2.520	247.274	130.694	101.976	50.190
Muy,a	209.20	110.10	96.65	69.21	149.26	100.48	55.05	10.15
Muy,b	124.37	76.63	64.18	26.16	254.56	136.79	107.09	53.30

Tabel 32 Momen Rencana Kolom (Mux)

Kolom	K1				K2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai								
Pc	15664143.6	1535505.9	15167268.2	35936891.2	8524184.18	20853919.8	22776693.4	22126212.7
Cm	1	1	1	1	1	1	1	1
δbx	1.0003	1.0002	1.00012	1.00000004	1.00026	1.00007	1.00004	1.00003
ΣPc	114803620.3	300255454.1	300067216.3	320836839.3	17048368.4	41707839.6	307676641.6	307026160.9
ΣPu	23688.76	22702.95	21788.92	20980.45	2870.88	2019.14	21250.27	20959.60
δsx	1.00031755	1.00012	1.00011	1.00010	1.00026	1.00007	1.00011	1.00011
Mbx.a	29.041	30.820	38.982	20.948	83.823	76.497	96.233	84.405
Mbx.b	12.0897	21.588	41.273	18.713	57.701	74.101	88.022	79.105
Msx.a	220.773	96.243	61.593	23.573	295.334	135.566	117.317	43.932
Msx.b	123.5115	121.044	100.485	66.770	161.049	115.983	74.897	2.163
Mux.a	249.892819	127.08	100.59	44.52	379.26	212.08	213.57	128.34
Mux.b	135.644048	142.65	141.77	85.49	218.81	190.10	162.93	81.27

Kolom	K1				K2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai								
Pc	7954220.5	20060553.4	19559931.7	20754.1	14408320.6	28057302.5	28089358.0	30309026.6
Cm	1	1	1	1	1	1	1	1
δbx	1.00023	1.00006	1.000038	1.000012	1.0004	1.00015	1.00009	1.00003
ΣPc	97512108.8	169443492.5	168754633.0	284920702.2	104693777.5	312183920.0	312215975.5	314435644.1
ΣPu	19938.52	22337.11	21096.94	20754.07	22342.59	21237.36	20131.20	19097.97
δsx	1.00031	1.00020	1.00019	1.00011	1.00033	1.00010	1.00010	1.00009
Mbx.a	9.902	75.363	82.139	48.409	107.108	21.544	12.516	58.407
Mbx.b	46.206	77.383	74.590	69.004	134.489	79.689	14.385	273.940
Msx.a	235.988	150.465	105.662	45.990	25.460	118.367	49.004	2.289
Msx.b	153.037	137.246	72.891	14.217	358.881	165.270	139.073	61.215
Mux.a	245.98	225.86	187.82	94.40	132.62	139.93	61.53	60.70
Mux.b	199.30	214.66	147.50	83.22	493.54	244.99	153.47	335.17

Tabel 33 Analisis Gaya Aksial dan Momen Akibat Balok Arah X

Kolom	K1				K2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai	1	2	3	4	1	2	3	4
h	5.6	3.85	3.85	3.85	5.6	3.85	3.85	3.85
hn	5.25	3.2	3.2	3.2	5.25	3.2	3.2	3.2
l,ki	7.2	7.2	7.2	7.2	2.4	2.4	2.4	2.4
ln,ki	6.6	6.65	6.65	6.65	1.925	6.65	1.925	1.925
l,ka	7.2	7.2	7.2	7.2	-	-	-	-
ln,ka	6.6	6.6	6.6	6.6	-	-	-	-
Rv	1	1	1	1	1	1	1	1
Mkap,ki	691.79	691.79	691.79	691.79	464.47	-	-	-
Mkap,ka	691.79	691.79	691.79	691.79	-	464.47	464.47	464.47
od	1	1.3	1.3	1	1	1.3	1.3	1
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Nd	1946.8	1376.37	836.74	298.79	816.97	1376.37	435.3	237.49
NI	465.09	316.83	171.77	26.89	131.56	316.83	74.65	41.37
Ne	133.92	75.39	28.91	7.15	471.8	75.39	114.72	27.34
1,05 Ng	2532.48	1777.86	1058.94	341.96	995.96	1777.86	535.45	292.80
Nu,ky 1	2667.00	1912.38	1193.45	476.48	1131.43	1913.33	670.92	428.27
Nu,ky 2	3094.95	2094.50	1180.36	371.99	2977.52	2094.50	1017.27	407.63
Nu pakai	2667.00	1912.38	1180.36	371.99	1131.43	1913.33	670.92	407.63
Me 1 atas	219.41	170.72	126.91	48.29	219.41	170.72	126.91	48.29
Me 1 bawah	-	144.24	76.28	16.98	-	144.24	76.28	16.98
Me 2 atas	170.72	126.91	48.29	-	170.72	126.91	48.29	-
Me 2 bawah	144.24	76.28	16.98	-	144.24	76.28	16.98	-
k atas	0.603	0.691	0.882	1.000	0.603	0.691	0.882	1.000
k bawah	-	0.219	0.059	0.089	-	0.219	0.059	0.089
Md	61.71	90.58	93.05	75.06	10.61	4.32	5.45	6
Mi	19.28	28.57	29.31	22.15	2.86	2.94	2.52	0.62
Me	219.41	143.07	105.57	19.23	128.94	62.9	50.03	27.03
Mu,k 1 atas	339.99	571.09	728.76	635.59	260.88	126.85	559.19	487.69
Mu,k 1 bwh	563.50	180.90	48.53	56.62	432.38	40.18	37.24	43.45
Mu,k 2	1006.56	726.00	571.87	182.84	555.69	271.80	218.49	120.48
Mu,k pakai	563.50	571.09	571.87	182.84	432.38	126.85	218.49	120.48

Kolom	K3				K4			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai								
h	5.6	3.85	3.85	3.85	5.6	3.85	3.85	3.85
hn	5.25	3.2	3.2	3.2	5.25	3.2	3.2	3.15
l,ki	2.275	2.275	2.275	2.275	2.4	2.4	2.4	2.4
ln,ki	1.775	1.775	1.775	1.775	1.925	1.925	1.925	1.925
l,ka	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
ln,ka	6.65	6.65	6.65	6.65	6.6	6.6	6.6	6.6
Rv	1	1.3	1.3	1	1	1	1	1
Mkap,ki	464.47	464.67	464.67	464.67	691.79	691.79	691.79	691.79
Mkap,ka	512.03	691.79	691.79	691.79	757.88	757.88	757.88	757.88
ωd	1	1.3	1.3	1	1	1.3	1.3	1
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Nd	805.13	558.83	337.9	116.84	2403.95	1734.99	1077.03	412.46
NI	126.51	87.48	49.34	11.4	559.224	388.93	216.64	43.1
Ne	267.21	126.82	44.5	2.61	171.748	105.75	49.94	13.46
1,05 Ng	978.22	678.63	406.60	134.65	3111.34	2230.12	1358.35	478.34
Nu,ky 1	1073.16	824.79	552.77	247.09	3252.28	2371.06	1499.29	619.28
Nu,ky 2	2100.50	1211.27	593.50	145.61	3832.67	2674.27	1568.10	534.87
Nu pakai	1073.16	824.79	552.77	145.61	3252.28	2371.06	1499.29	534.87
Me 1 atas	219.41	170.72	170.72	48.29	272.13	220.4	173.62	57.09
Me 1 bawah	-	144.24	144.24	16.98	-	134.64	72.52	23.07
Me 2 atas	170.72	126.91	126.91	-	220.4	173.62	57.09	-
Me 2 bawah	144.24	76.28	76.28	-	134.64	72.52	23.07	-
k atas	0.603	0.691	0.691	1.000	0.669	0.752	0.883	1.000
k bawah	-	0.219	0.219	0.089	-	0.210	0.078	0.117
Md	12.79	13.33	20.09	32.18	6.1964	5.54	4.77	2.33
MI	3.54	3.72	5.05	7.6	1.102	0.4167	0.515	1.05
Me	191.47	89.28	70	29.17	235.499	124.47	97.12	47.8
Mu,k 1 atas	249.75	566.80	566.80	630.81	412.99	681.09	799.02	707.35
Mu,k 1 bwk	413.94	179.54	179.54	56.20	617.33	190.47	70.74	82.97
Mu,k 2	821.32	392.88	320.40	164.28	996.76	529.03	413.45	204.31
Mu,k pakai	413.94	392.88	320.40	164.28	617.33	529.03	413.45	204.31

Tabel 34 Analisis Gaya Aksial dan Momen Akibat Balok Arah Y

Kolom	K1				K2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai	1	2	3	4	1	2	3	4
h	5.6	3.85	3.85	3.85	5.6	5.6	3.85	3.85
hn	5.25	3.2	3.2	3.2	5.25	3.2	3.2	3.2
I,ki	7.2	7.2	7.2	7.2	-	2.475	-	-
In,ki	6.6	6.6	6.65	6.5	-	1.975	-	-
I,ka	7.2	3.6	3.6	3.6	2.475	-	2.475	2.475
In,ka	6.6	3	3	3	1.975	-	1.975	1.975
Rv	1	1	1	1	1	1	1	1
Mkap,ki	512.03	512.03	512.03	512.03	-	375.38	375.38	375.38
Mkap,ka	512.03	512.03	512.03	512.03	375.38	-	-	-
od	1	1.3	1.3	1	1	1.3	1.3	1
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Nd	2403.95	1376.37	836.74	298.79	816.97	1376.37	435.3	237.49
NI	559.22	316.83	171.77	26.89	131.56	316.83	74.65	41.37
Ne	171.75	75.39	28.91	7.15	471.8	75.39	114.72	27.34
1,05 Ng	3111.34	1777.86	1058.94	341.96	995.96	1777.86	535.45	292.80
Nu,ky 1	3210.90	1976.98	1258.06	541.09	1102.12	1910.91	641.62	398.97
Nu,ky 2	3832.67	2094.50	1180.36	371.99	2977.52	2094.50	1017.27	407.63
Nu pakai	3210.90	1976.98	1180.36	371.99	1102.12	1910.91	641.62	398.97
Me 1 atas	210.26	141.7	103.35	53.94	210.26	141.7	103.35	53.94
Me 1 bawah	-	129.73	72.87	17.02	-	129.73	72.87	17.02
Me 2 atas	141.7	103.35	53.94	-	141.7	103.35	53.94	-
Me 2 bawah	129.73	72.87	17.02	-	129.73	72.87	17.02	-
k atas	0.618	0.660	0.859	1.000	0.618	0.660	0.859	1.000
k bawah	-	0.211	0.059	0.165	-	0.211	0.059	0.165
Md	24.11	24.54	33.5	16.28	24.11	62.93	76.95	67.45
MI	5.92	8.02	9.68	2.57	5.92	16.54	19.5	21.56
Me	210.26	115.28	95.7	63.59	210.26	129.11	11.73	41.84
Mu,k 1 atas	257.93	848.12	1098.73	995.14	217.22	494.72	442.20	396.18
Mu,k 1 bwh	417.07	271.26	1098.73	164.52	351.24	158.23	442.20	65.50
Mu,k 2	914.62	518.36	447.28	286.87	914.62	625.71	150.54	269.19
Mu,k pakai	417.07	518.36	447.28	286.87	351.24	494.72	150.54	269.19

Kolom	K3				K4			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai	1	2	3	4	1	2	3	4
h	5.6	3.85	3.85	3.85	5.6	5.6	5.6	3.85
hn	5.25	3.2	3.2	3.2	5.25	5.25	5.25	3.2
l,ki	-	-	-	-	7.2	7.2	7.2	7.2
ln,ki	-	-	-	-	6.6	6.5	6.5	6.5
l,ka	3.6	3.6	3.6	3.6	7.2	7.2	7.2	7.2
ln,ka	3.05	3.05	3.05	3.05	6.6	6.5	6.5	6.5
Rv	1	1.3	1.3	1	1	1	1	1
Mkap,ki	-	-	-	-	512.03	512.03	512.03	512.03
Mkap,ka	512.03	512.03	512.03	512.03	512.03	512.03	512.03	512.03
ωd	1	1.3	1.3	1	1	1.3	1.3	1
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Nd	805.13	558.83	337.9	116.84	2403.95	1734.99	1077.03	412.46
Nl	126.51	87.48	49.34	11.4	559.224	388.93	216.64	43.1
Ne	267.21	126.82	44.5	2.61	171.748	105.75	49.94	13.46
1,05 Ng	978.22	678.63	406.60	134.65	3111.34	2230.12	1358.35	478.34
Nu,ky 1	1077.78	808.06	536.03	234.21	3210.90	2329.68	1457.92	577.90
Nu,ky 2	2100.50	1211.27	593.50	145.61	3832.67	2674.27	1568.10	534.87
Nu pakai	1077.78	808.06	536.03	145.61	3210.90	2329.68	1457.92	534.87
Me 1 atas	210.26	141.7	141.7	53.94	128.085	103.42	85.93	31.96
Me 1 bawah	-	129.73	129.73	17.02	-	64.64	18.15	19.69
Me 2 atas	141.7	103.35	103.35	-	124.47	85.93	31.96	-
Me 2 bawah	129.73	72.87	72.87	-	78.1	18.15	19.64	-
k atas	0.618	0.660	0.660	1.000	0.621	0.851	0.814	1.000
k bawah	-	0.211	0.211	0.165	-	0.063	0.067	0.186
Md	38.48	64.59	68.46	58.72	92.1551	69.93	13.16	237.21
Ml	9.21	15.18	16.28	13.33	16.421	9.94	1.9	39.47
Me	224.76	130.71	100.63	13.54	340.627	157.4	132.45	58.3
Mu,k 1 atas	279.07	436.97	436.97	508.99	259.09	1217.69	896.23	955.33
Mu,k 1 bwh	451.26	139.76	139.76	84.15	417.07	68.85	74.12	178.10
Mu,k 2	994.07	632.74	511.62	132.52	1544.64	744.94	572.10	535.37
Mu,k pakai	451.26	436.97	436.97	132.52	417.07	744.94	572.10	535.37

Tabel 35 Perhitungan Tulangan Kolom

Kolom	K1			
	1	2	3	4
Lantai				
Mux	563.50	571.09	571.87	182.84
Mux/ ϕ	866.92	878.60	879.80	281.29
Muy	417.07	518.36	447.28	286.87
Muy/ ϕ	641.65	797.48	688.12	441.34
Mox	1212.42	1308.01	1250.33	518.94
Nu	3080.30	2094.49	1180.46	371.99
Nu/ ϕ	4738.93	3222.29	1816.10	572.30
e	0.26	0.41	0.69	0.91
Ast	10080	8640	9000	5040
As perlu	5040	4320	4500	2520
Tul. pakai	22	22	22	22
A1 ϕ	380.29	380.29	380.29	380.29
Jumlah tul.	13.25	11.36	11.83	6.63
Dipakai	14	12	12	8
As aktual	5324.00	4563.43	4563.43	3042.29
Koreksi	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
d	539	539	539	539
d'	61	61	61	61
b	600	600	600	600
h	600	600	600	600
fy	400	400	400	400
fc	22.5	22.5	22.5	22.5
β_1	0.85	0.85	0.85	0.85
xb	323.4	323.4	323.4	323.4
ab	274.89	274.89	274.89	274.89
fs	486.83	486.83	486.83	486.83
fs pakai	400	400	400	400
Pnb	3154.36	3154.36	3154.36	3154.36
Mnb	1530.71	1385.28	1385.28	1094.44
eb	0.49	0.44	0.44	0.35
Runtuh kolom	Tekan	Tekan	Tarik	Tarik
ρ	0.02	0.01	0.01	0.01
Pn	8739.38	3545.40	1858.59	900.45
a	412.98	280.81	158.27	49.87
x	485.86	330.36	186.19	58.67
fs'	524.67	489.21	403.43	-23.78
fs' pakai	400	400	400	0
Cc	4738929	3222289	1816096	572298.5
Cs	2129600	1825371	1825371	0
Ts	2129600	1825371	1825371	1216914
Moxn = Moyn	1461.09	1386.79	1273.64	448.26
Mnx/Moxn	0.59	0.63	0.69	0.63
β	0.5	0.6	0.6	0.9
Mny/Moyn	0.53	0.61	0.59	0.99
Mny	774.38	845.94	751.45	443.78
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN

Kolom	K2			
	1	2	3	4
Lantai				
Mux	432.38	494.72	218.50	120.48
Mux/ ϕ	665.20	761.11	336.15	185.35
Muy	351.24	494.72	150.54	269.19
Muy/ ϕ	540.37	761.11	231.60	414.14
Mox	956.17	1170.93	460.86	408.35
Nu	1435.44	1009.57	641.82	351.14
Nu/ ϕ	2208.37	1553.19	987.41	540.22
e	0.43	0.75	0.47	0.76
Ast	17640	9000	5040	5760
As perlu	8820	4500	2520	2880
Tul. pakai	22	22	22	22
A1 ϕ	380.29	380.29	380.29	380.29
Jumlah tul.	23.19	11.83	6.63	7.57
Dipakai	24	16	8	8
As aktual	9126.86	4563.43	3042.29	3042.29
Koreksi	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
d	439	439	439	439
d'	61	61	61	61
b	500	500	500	500
h	500	500	500	500
fy	400	400	400	400
fc	22.5	22.5	22.5	22.5
β_1	0.85	0.85	0.85	0.85
xb	263.4	263.4	263.4	263.4
ab	223.89	223.89	223.89	223.89
f's	461.05	461.05	461.05	461.05
f's pakai	400	400	400	400
Pnb	2140.95	2140.95	2140.95	2140.95
Mnb	1675.55	985.56	755.56	755.56
eb	0.78	0.46	0.35	0.35
Runtuh kolom	Tekan	Tarik	Tarik	Tarik
p	0.04	0.02	0.01	0.01
Pn	3454.98	1569.99	1545.85	836.89
a	230.94	162.42	103.26	56.49
x	271.69	191.09	121.48	66.46
fs'	465.29	408.47	298.72	143.25
fs'pakai	400	400	298.7172	143.2537
Cc	2208370	1553186	987409.2	540221.5
Cs	3650743	1825371	908783.2	435818.6
Ts	3650743	1825371	1216914	1216914
Moxn = Moyn	1677.07	952.15	597.63	432.16
Mny/Moxe	0.40	0.644	0.56	0.43
β	0.5	0.65	0.55	0.8
Mny/Moyn	0.65	0.66	0.52	0.98
Mny	1090.10	780.216	310.77	423.52
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN

Kolom	K3			
	1	2	3	4
Lantai				
Mux	413.94	392.88	320.40	164.28
Mux/ ϕ	451.26	604.43	492.92	252.74
Muy	417.07	436.97	436.97	132.52
Muy/ ϕ	641.65	672.26	672.26	203.88
Mox	796.76	966.42	854.91	362.52
Nu	1205.66	810.56	484.42	145.61
Nu/ ϕ	1854.87	1247.02	745.27	224.02
e	0.43	0.77	1.15	1.62
Ast	9375	9500	9125	4000
As perlu	4687.5	4750	4562.5	2000
Tul. pakai	22	22	22	22
A1 ϕ	380.29	380.29	380.29	380.29
Jumlah tul.	12.33	12.49	12.00	5.26
Dipakai	14	14	14	8
As aktual	5324	5324	4563.429	3042.286
Koreksi	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
d	439	439	439	439
d'	61	61	61	61
b	500	500	500	500
h	500	500	500	500
fy	400	400	400	400
f'c	22.5	22.5	22.5	22.5
β_1	0.85	0.85	0.85	0.85
xb	263.4	263.4	263.4	263.4
ab	223.89	223.89	223.89	223.89
f's	461.05	461.05	461.05	461.05
f's pakai	400	400	400	400
Pnb	2140.95	2140.95	2140.95	2140.95
Mnb	1100.56	1100.56	985.56	755.56
eb	0.51	0.51	0.46	0.35
Runtuh kolom	Tekan	Tarik	Tarik	Tarik
ρ	0.02	0.02	0.02	0.01
Pn	2544.96	1351.46	854.73	331.98
a	193.97	130.41	77.94	23.43
x	228.20	153.42	91.69	27.56
fs'	439.62	361.44	200.83	-727.95
fs'pakai	400	361.44	200.83	0
Cc	1854867	1247022	745267.7	224021.5
Cs	2129600	1924307	916468	0
Ts	2129600	2129600	1825371	1216914
Moxn = Moy _n	1088.81	996.63	738.27	283.38
M _{nix} /Mox _n	0.41	0.61	0.67	0.89
β	0.65	0.65	0.85	0.85
M _{ny} /Moy _n	0.78	0.68	0.94	0.79
Mny	849.27	677.71	693.97	223.87
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN

Kolom	K4			
	1	2	3	4
Lantai				
Mux	617.33	529.03	413.45	204.31
Mux/φ	949.73	813.89	636.08	314.32
Muy	417.07	744.94	572.10	535.37
Muy/φ	641.65	1146.07	880.16	823.65
Mox	1295.24	1431.01	1110.01	757.83
Nu	3779.50	2674.27	1568.10	577.90
Nu/φ	5814.62	4114.26	2412.46	889.08
e	0.22	0.35	0.46	0.85
Ast	11880	11160	6480	5760
As perlu	5940	5580	3240	2880
Tul. pakai	22	22	22	22
A1φ	380.29	380.29	380.29	380.29
Jumlah tul.	15.62	14.67	8.52	7.57
Dipakai	18	16	10	8
As aktual	6842.39	6084.571	3802.857	3042.286
Koreksi	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
d	539	539	539	539
d'	61	61	61	61
b	600	600	600	600
h	600	600	600	600
fy	400	400	400	400
f'c	22.5	22.5	22.5	22.5
β1	0.85	0.85	0.85	0.85
xb	323.4	323.4	323.4	323.4
ab	274.89	274.89	274.89	274.89
f's	486.83	486.83	486.83	486.83
f's pakai	400	400	400	400
Pnb	3154.36	3154.36	3154.36	3154.36
Mnb	1676.13	1676.13	1239.86	1094.44
eb	0.53	0.53	0.39	0.35
Runtuh kolom	Tekan	Tekan	Tarik	Tarik
ρ	0.02	0.02	0.01	0.01
Pn	5993.39	4411.31	2681.43	977.66
a	522.294	358.54	210.24	77.48
x	614.464	421.81	247.34	91.15
fs'	540.44	513.23	452.02	198.47
fs' pakai	400	400	400	198.47
Cc	5993323.65	4114255	2412464	889076.9
Cs	2736956	2433829	1521143	603815.5
Ts	2736956	2433829	1521143	1216914
Moxn = Moy _n	1541.124	1660.08	1197.25	923.57
Mnx/Moxn	0.616	0.49	0.53	0.34
β	0.5	0.6	0.65	0.7
Mny/Moy _n	0.53	0.74	0.79	0.92
Mny	150.32	1228.46	945.83	849.60
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN

Tabel 37 Pertemuan Balok Kolom Dalam

Kolom	K1				K2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai								
Mnak,b ki	553.44	553.44	553.44	553.44	-	-	-	-
Mkap,b ki	691.79	691.79	691.79	691.79	-	-	-	-
Mnak,b ka	553.44	553.44	553.44	553.44	-	-	-	-
Mkap,b ka	691.79	691.79	691.79	691.79	-	-	-	-
Lki	7.2	7.2	7.2	7.2	-	-	-	-
Lki'	6.6	6.6	6.65	6.65	-	-	-	-
Lka	7.2	7.2	7.2	7.2	-	-	-	-
Lka'	7	7	6.60	7	-	-	-	-
hk,a	3.85	3.85	3.85	3.85	-	-	-	-
hk,b	5.6	3.85	3.85	3.85	-	-	-	-
Vkol	222.77	274.43	273.40	273.40	-	-	-	-
zka	0.46	0.46	0.46	0.46	-	-	-	-
zki	0.46	0.46	0.46	0.46	-	-	-	-
d	539	539	539	539	-	-	-	-
hc	600	600	600	600	-	-	-	-
Cki	1056.98	1056.98	1056.98	1056.98	-	-	-	-
Tka	1056.98	1056.98	1056.98	1056.98	-	-	-	-
Vj,h	1891.19	1839.53	1840.56	1840.56	-	-	-	-
Vj,v	1301.08	1301.08	1301.08	1301.08	-	-	-	-
Kontrol teg. geser horizzontal min.								
bj	600	600	600	600	-	-	-	-
Vj,h	5.25	5.11	5.11	5.11	-	-	-	-
fc	22.5	22.5	22.5	22.5	-	-	-	-
1,5*√fc	7.12	7.12	7.12	7.12	-	-	-	-
Kontrol	Ok	Ok	Ok	Ok	-	-	-	-
Penulangan geser horizzontal								
Nu	3080.30	2094.49	1180.46	371.99	-	-	-	-
Ag	0.36	0.36	0.36	0.36	-	-	-	-
Nu/Ag	8.56	5.82	3.28	2.36	-	-	-	-
0,1*fc	2.25	2.25	2.25	2.25	-	-	-	-
Kontrol	Ok	Ok	Ok	Ok	-	-	-	-
Vc,h	602.70	453.34	243.46	332.26	-	-	-	-
Vs,h	665.10	665.10	665.10	1508.30	-	-	-	-
fy	400	400	400	400	-	-	-	-
Aj,h	1662.75	1662.75	1662.75	3770.74	-	-	-	-
d sengkang	10	10	10	10	-	-	-	-
Av	157.14	157.14	157.14	157.14	-	-	-	-
Lapis sengk.	5.29	5.29	5.29	4.62	-	-	-	-
Sengk. Terpakai	6	6	6	5	-	-	-	-
Penulangan geser vertikal								
Vc,v	73.05	48.67	27.93	9.56	-	-	-	-
Vs,v	1228.03	1252.41	1273.15	1291.52	-	-	-	-
Aj,v	3070.07	3131.02	3182.88	3228.81	-	-	-	-

Lampiran 356

d tulangan	22	22	22	22	-	-	-	-
As	380.29	380.29	380.29	380.29	-	-	-	-
Juml. Tul.	8.07	8.23	8.37	8.49	-	-	-	-
Tul. Terpakai	9	9	9	9	-	-	-	-
Perencanaan	9D22	9D22	9D22	9D22	-	-	-	-

Kolom	K3				K4			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Mnak,b ki	371.58	371.58	371.58	371.58	553.44	553.44	553.44	553.44
Mkap,b ki	464.47	464.47	464.47	464.47	691.79	691.79	691.79	691.79
Mnak,b ka	409.63	409.63	409.63	409.63	606.30	606.30	606.30	606.30
Mkap,b ka	512.03	512.03	512.03	512.03	757.88	757.88	757.88	757.88
Lki	2.28	2.28	2.28	2.28	7.2	7.2	7.2	7.2
Lki'	1.78	1.78	1.78	1.78	6.6	6.6	6.6	6.6
Lka	7.2	7.2	7.2	7.2	2.4	2.4	2.4	2.4
Lka'	6.65	6.65	6.65	6.65	1.875	2	2	2
hk,a	5.6	3.85	3.85	-	3.85	3.85	3.85	3.85
hk,b	3.85	3.85	3.85	3.85	5.6	3.85	3.85	3.85
Vkol	170.32	209.03	209.03	418.07	111.95	309.01	309.01	309.01
zka	0.37	0.37	0.37	0.37	0.46	0.46	0.46	0.46
zki	0.37	0.37	0.37	0.37	0.46	0.46	0.46	0.46
d	439	439	439	439	539	539	539	539
hc	500	500	500	500	600	600	600	600
Cki	871.31	871.31	871.31	871.31	1056.98	1056.98	1056.98	1056.98
Tka	960.53	960.53	960.53	960.53	1157.95	1157.95	1157.95	1157.95
Vj,h	1661.52	1622.81	1622.81	1413.77	2102.98	1905.92	1905.92	1905.92
Vj,v	1301.08	1301.08	1301.08	1301.08	1301.08	1301.08	1301.08	1301.08
Kontrol teg. geser horizzontal min.								
bj	500	500	500	500	600	600	600	600
Vj,h	6.646	6.491	6.491	5.655	5.84	5.29	5.29	5.29
f'c	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
1,5*√f'c	7.115	7.115	7.115	7.115	7.115	7.115	7.115	7.115
Kontrol	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Penulangan geser horizzontal								
Nu	1205.66	810.56	484.42	145.61	3779.50	2674.27	1568.10	577.90
Ag	0.25	0.25	0.25	0.25	0.36	0.36	0.36	0.36
Nu/Ag	4.82	3.24	2.36	3.40	10.50	7.43	4.36	2.36
0,1*f'c	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
Kontrol	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Vc,h	267.32	166.02	399.65	399.65	689.29	546.15	348.28	332.26
Vs,h	665.10	665.10	665.10	1014.12	665.10	665.10	665.10	1573.65
fy	400	400	400	400	400	400	400	400
Aj,h	1662.75	1662.75	1662.75	2535.30	1662.75	1662.75	1662.75	3934.13
d sengkang	10	10	10	10	10	10	10	10
Av	157.143	157.143	157.143	157.143	157.14	157.14	157.14	157.14
Lapis sengk.	5.291	5.291	5.291	4.623	5.29	5.29	5.29	4.62

Sengk. Terpakai	6	6	6	5	6	6	6	5
Penulangan geser vertikal								
Vc,v	36.61	24.36	14.95	4.51	99.39	64.07	38.04	14.74
Vs,v	1264.47	1276.72	1286.13	1296.57	1201.69	1237.01	1263.04	1286.34
Aj,v	3161.18	3191.80	3215.33	3241.43	3004.23	3092.53	3157.60	3215.85
d tulangan	22	22	22	22	22	22	22	22
As	380.29	380.29	380.29	380.29	380.29	380.29	380.29	380.29
Juml. Tul.	8.31	8.39	8.46	8.52	7.90	8.13	8.30	8.46
Tul. Terpakai	9	9	9	9	8	9	9	9
Perencanaan	9D22	9D22	9D22	9D22	8D22	9D22	9D22	9D22

Tabel 38 Pertemuan Balok Kolom Dalam

Kolom	K1				K2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai	-	-	-	-	371.58	371.58	371.58	371.58
Mnak,b	-	-	-	-	464.47	464.47	464.47	464.47
Mkap,b	-	-	-	-	2.40	2.40	2.40	2.40
Lk	-	-	-	-	1.93	1.93	1.93	1.93
Lk'	-	-	-	-	5.26	3.85	3.85	3.85
hk,a	-	-	-	-	3.85	3.85	3.85	3.85
hk,b	-	-	-	-	88.99	105.29	105.29	105.29
Vkol	-	-	-	-	0.37	0.37	0.37	0.37
zk	-	-	-	-	439	439	439	439
d	-	-	-	-	500	500	500	500
hc	-	-	-	-	871.31	871.31	871.31	871.31
T	-	-	-	-	782.32	766.02	766.02	766.02
Vj,h	-	-	-	-	686.87	672.57	672.57	672.57
Vj,v	-	-	-	-	Kontrol teg. geser horizzontal min.			
bj	-	-	-	-	500	500	500	500
Vj,h	-	-	-	-	3.13	3.06	3.06	3.06
fc	-	-	-	-	22.5	22.5	22.5	22.5
1,5*√fc	-	-	-	-	7.12	7.12	7.12	7.12
Kontrol	-	-	-	-	Ok	Ok	Ok	Ok
Penulangan geser horizzontal								
Nu	-	-	-	-	1435.4	1009.6	641.82	351.14
Ag	-	-	-	-	0.25	0.25	0.25	0.25
Nu/Ag	-	-	-	-	5.74	4.04	2.57	1.40
0,1*√fc	-	-	-	-	0.47	0.47	0.47	0.47
Kontrol	-	-	-	-	Ok	Ok	Ok	Ok
Vc,h	-	-	-	-	311.44	222.88	93.88	322.75
Vs,h	-	-	-	-	470.88	543.14	672.14	443.27
fy	-	-	-	-	400	400	400	400
Aj,h	-	-	-	-	1177.20	1357.86	1680.36	1108.18
d sengkang	-	-	-	-	10	10	10	10
Av	-	-	-	-	157.14	157.14	157.14	157.14
Lapis sengk.	-	-	-	-	3.75	4.32	5.35	3.53
sengk.terpakai	-	-	-	-	4	5	6	4
Penulangan geser vertikal								
Vc,v	-	-	-	-	20.43	14.21	9.20	5.24
Vs,v	-	-	-	-	761.88	751.81	756.82	760.78
Aj,v	-	-	-	-	1904.71	1879.53	1892.05	1901.95
d tulangan	-	-	-	-	22	22	22	22
As	-	-	-	-	380.29	380.29	380.29	380.29
Juml. Tul.	-	-	-	-	5.01	4.94	4.98	5.00
Tul. Terpakai	-	-	-	-	6	5	5	5
Perencanaan	-	-	-	-	6D22	5D22	5D22	5D22

Kolom	K3				K4			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lantai								
Mnak,b	409.63	409.63	409.63	409.63	409.63	409.63	409.63	409.63
Mkap,b	512.03	512.03	512.03	512.03	512.03	512.03	512.03	512.03
Lk	3.6	3.6	3.6	3.6	7.2	7.2	7.2	7.2
Lk'	3.05	3.05	3.05	3.05	6.6	6.6	6.6	6.6
hk,a	5.6	5.6	5.6	5.6	3.85	3.85	3.85	3.85
hk,b	3.85	3.85	3.85	3.85	5.6	3.85	3.85	3.85
Vkol	89.54	89.54	89.54	89.54	82.75	101.56	101.56	101.56
zk	0.37	0.37	0.37	0.37	0.46	0.46	0.46	0.46
d	439	439	439	439	539	539	539	539
hc	500	500	500	500	600	600	600	600
T	960.533	960.53	960.53	960.53	782.33	782.33	782.33	782.33
Vj,h	870.997	871.00	871.00	871.00	699.57	680.77	680.77	680.77
Vj,v	764.735	764.74	764.74	764.74	628.45	611.55	611.55	611.55
Kontrol teg. geser horizontal min.								
bj	500	500	500	500	600	600	600	600
Vj,h	3.484	3.48	3.48	3.48	1.94	1.89	1.89	1.89
fc	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
1,5*√fc	7.12	7.12	7.12	7.12	7.12	7.12	7.12	7.12
Kontrol	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Penulangan geser horizontal								
Nu	1205.66	510.56	484.42	145.61	3779.50	2674.27	1568.10	577.90
Ag	0.25	0.25	0.25	0.25	0.36	0.36	0.49	0.49
Nu/Ag	4.82	2.04	1.94	0.58	10.50	7.43	3.20	1.18
0,1*√fc	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Kontrol	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Vc,h	267.32	322.75	399.65	463.98	689.29	546.15	233.95	324.81
Vs,h	603.67	548.25	471.34	407.02	10.28	134.61	446.82	355.96
fy	400	400	400	400	400	400	400	400
Aj,h	1509.18	1370.62	1178.36	1017.54	25.71	336.53	1117.04	889.89
d sengkang	10	10	10	10	10	10	10	10
Av	157.14	157.14	157.14	157.14	157.14	157.14	157.14	157.14
Lapis sengk.	4.80	4.36	3.75	3.24	0.08	1.07	3.55	2.83
sengk.terpakai	5	5	4	4	2	2	4	3
Penulangan geser vertikal								
Vc,v	19.19	8.43	8.02	2.78	33.06	22.88	10.09	3.98
Vs,v	851.81	862.57	862.97	868.22	595.39	657.88	670.67	676.79
Aj,v	2129.51	2156.42	2157.43	2170.55	1488.47	1644.70	1676.69	1691.97
d tulangan	22	22	22	22	22	22	22	22
As	380.29	380.29	380.29	380.29	380.29	380.29	380.29	380.29
Juml. Tul.	5.60	5.67	5.67	5.71	3.91	4.32	4.41	4.45
Tul. Terpakai	6	6	6	6	4	5	5	5
Perencanaan	6D22	6D22	6D22	6D22	4D22	5D22	5D22	5D22

Tabel 39 Perhitungan Grafik Pn-Mn Kolom 600 x 600

Ast (%)	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
fc' (Mpa)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
h (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
d (mm)	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539
d' (mm)	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
xb (mm)	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4
faktor		1.6	1.5	1.4	1.2	1	0.9	0.8	0.7	0.6	
x (mm)		517	485	453	388	323	291	259	226	194	
ab (mm)		440	412	385	330	275	247	220	192	165	63
fs (Mpa)		25	67	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		25	67	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		529	525	519	506	487	474	459	438	411	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
Ts (kn)		45	120	206	420	720	720	720	720	720	
Cs (kn)		686	686	686	686	686	686	686	686	686	
Cc (kn)		5047	4732	4416	3785	3154	2839	2523	2208	1893	
Mn (kn m)	0	579	637	688	775	849	836	816	786	748	365
Pn (kn)	8256	5688	5297	4896	4051	3120	2805	2489	2174	1858	0
e	0.00	0.10	0.12	0.14	0.19	0.27	0.30	0.33	0.36	0.40	0.00

Ast (%)	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
fc' (Mpa)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
h (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
d (mm)	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539
d' (mm)	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
xb (mm)	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4
faktor		1.6	1.5	1.4	1.2	1	0.9	0.8	0.7	0.6	
x (mm)		517	485	453	388	323	291	259	226	194	
ab (mm)		440	412	385	330	275	247	220	192	165	125
fs (Mpa)		25	67	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		25	67	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		529	525	519	506	487	474	459	438	411	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
Ts (kn)		90	240	411	840	1440	1440	1440	1440	1440	
Cs (kn)		1371	1371	1371	1371	1371	1371	1371	1371	1371	
Cc (kn)		5047	4732	4416	3785	3154	2839	2523	2208	1893	
Mn (kn m)	0	753	829	901	1040	1185	1172	1151	1122	1084	686
Pn (kn)	9627	6328	5863	5376	4316	3086	2770	2455	2139	1824	0
e	0.00	0.12	0.14	0.17	0.24	0.38	0.42	0.47	0.52	0.59	0.00

Lampiran 361

Ast (%)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
fc' (Mpa)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
h (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
d (mm)	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539
d' (mm)	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
xb (mm)	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4
faktor		1.6	1.5	1.4	1.2	1	0.9	0.8	0.7	0.6	
x (mm)		517	485	453	388	323	291	259	226	194	
ab (mm)		440	412	385	330	275	247	220	192	165	188
fs (Mpa)		25	67	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		25	67	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		529	525	519	506	487	474	459	438	411	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800
Ts (kn)		135	360	617	1260	2160	2160	2160	2160	2160	
Cs (kn)		2057	2057	2057	2057	2057	2057	2057	2057	2057	
Cc (kn)		5047	4732	4416	3785	3154	2839	2523	2208	1893	
Mn (kn m)	0	928	1022	1114	1304	1521	1508	1487	1458	1420	961
Pn (kn)	10998	6969	6428	5856	4582	3051	2736	2420	2105	1789	0
e	0.00	0.13	0.16	0.19	0.28	0.50	0.55	0.61	0.69	0.79	0.00

Ast (%)	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
fc' (Mpa)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
h (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
d (mm)	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539
d' (mm)	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
xb (mm)	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4	323.4
faktor		1.6	1.5	1.4	1.2	1	0.9	0.8	0.7	0.6	
x (mm)		517	485	453	388	323	291	259	226	194	
ab (mm)		440	412	385	330	275	247	220	192	165	251
fs (Mpa)		25	67	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		25	67	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		529	525	519	506	487	474	459	438	411	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400
Ts (kn)		180	480	823	1680	2880	2880	2880	2880	2880	
Cs (kn)		2742	2742	2742	2742	2742	2742	2742	2742	2742	
Cc (kn)		5047	4732	4416	3785	3154	2839	2523	2208	1893	
Mn (kn m)	0	1103	1214	1327	1568	1856	1844	1823	1794	1755	1191
Pn (kn)	12370	7609	6994	6336	4848	3017	2701	2386	2070	1755	0
e	0.00	0.14	0.17	0.21	0.32	0.62	0.68	0.76	0.87	1.00	0.00

Tabel 40 Perhitungan Grafik Pn-Mn Kolom 500 x 500

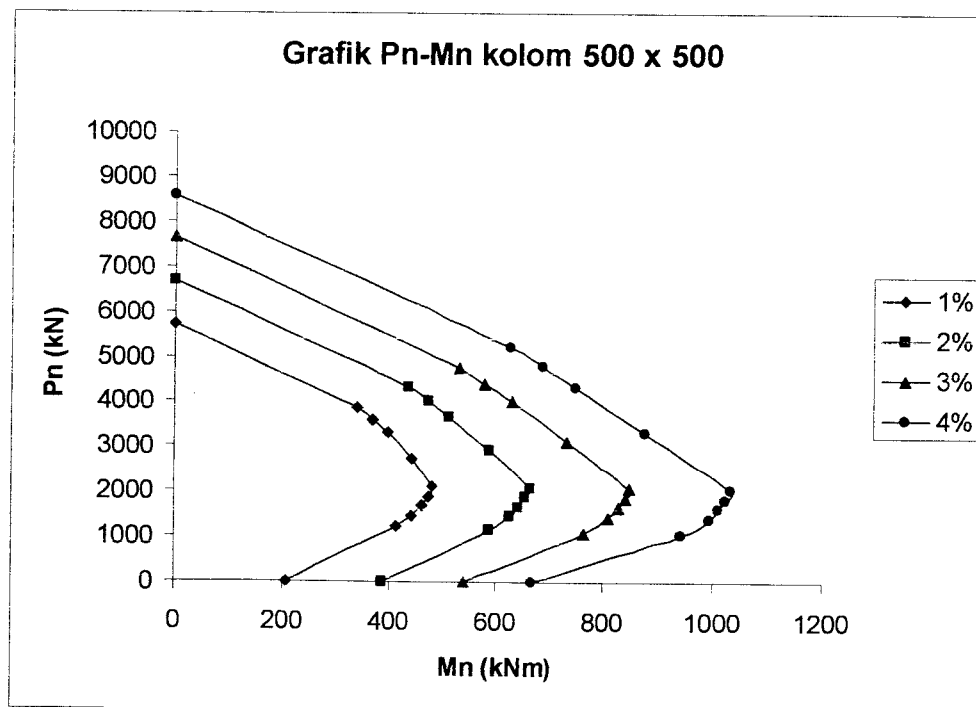
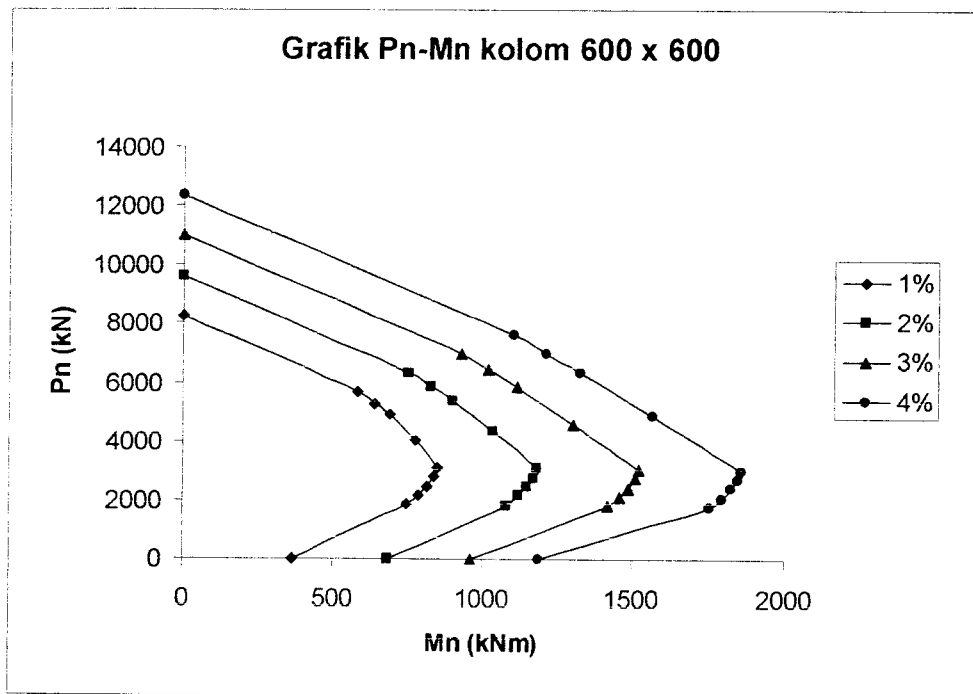
Ast (%)	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
fc' (Mpa)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
h (mm)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
d (mm)	439	439	439	439	439	439	439	439	439	439	439
d' (mm)	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
xb (mm)	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4
faktor		1.6	1.5	1.4	1.2	1	0.9	0.8	0.7	0.6	
x (mm)		421	395	369	316	263	237	211	184	158	
ab (mm)		358	336	313	269	224	202	179	157	134	52
fs (Mpa)		25	67	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		25	67	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		513	507	501	484	461	446	426	401	368	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	368	
Ast (mm ²)	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Ts (kn)		31	83	143	292	500	500	500	500	500	
Cs (kn)		476	476	476	476	476	476	476	476	437	
Cc (kn)		3426	3211	2997	2569	2141	1927	1713	1499	1285	
Mn (kn m)	0	339	369	397	442	480	472	459	442	412	206
Pn (kn)	5733	3870	3604	3331	2754	2117	1903	1689	1475	1221	0
e	0.00	0.09	0.10	0.12	0.16	0.23	0.25	0.27	0.30	0.34	0.00

Ast (%)	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
fc' (Mpa)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
h (mm)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
d (mm)	439	439	439	439	439	439	439	439	439	439	439
d' (mm)	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
xb (mm)	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4
faktor		1.6	1.5	1.4	1.2	1	0.9	0.8	0.7	0.6	
x (mm)		421	395	369	316	263	237	211	184	158	
ab (mm)		358	336	313	269	224	202	179	157	134	105
fs (Mpa)		25	67	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		25	67	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		513	507	501	484	461	446	426	401	368	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	368	
Ast (mm ²)	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Ts (kn)		63	167	286	583	1000	1000	1000	1000	1000	
Cs (kn)		952	952	952	952	952	952	952	952	873	
Cc (kn)		3426	3211	2997	2569	2141	1927	1713	1499	1285	
Mn (kn m)	0	435	475	514	587	665	657	644	626	589	387
Pn (kn)	6686	4315	3997	3664	2938	2093	1879	1665	1451	1158	0
e	0.00	0.10	0.12	0.14	0.20	0.32	0.35	0.39	0.43	0.51	0.00

Lampiran 363

Ast (%)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
fc' (Mpa)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
h (mm)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
d (mm)	439	439	439	439	439	439	439	439	439	439	439
d' (mm)	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
xb (mm)	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4
faktor		1.6	1.5	1.4	1.2	1	0.9	0.8	0.7	0.6	
x (mm)		421	395	369	316	263	237	211	184	158	
ab (mm)		358	336	313	269	224	202	179	157	134	157
fs (Mpa)		25	67	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		25	67	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		513	507	501	484	461	446	426	401	368	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	368	
Ast (mm2)	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
Ts (kn)		94	250	429	875	1500	1500	1500	1500	1500	
Cs (kn)		1428	1428	1428	1428	1428	1428	1428	1428	1310	
Cc (kn)		3426	3211	2997	2569	2141	1927	1713	1499	1285	
Mn (kn m)	0	530	581	631	732	849	841	828	811	766	541
Pn (kn)	7638	4760	4390	3997	3122	2069	1855	1641	1427	1094	0
e	0.00	0.11	0.13	0.16	0.23	0.41	0.45	0.50	0.57	0.70	0.00

Ast (%)	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
fc' (Mpa)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
h (mm)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
d (mm)	439	439	439	439	439	439	439	439	439	439	439
d' (mm)	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
xb (mm)	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4	263.4
faktor		1.6	1.5	1.4	1.2	1	0.9	0.8	0.7	0.6	
x (mm)		421	395	369	316	263	237	211	184	158	
ab (mm)		358	336	313	269	224	202	179	157	134	209
fs (Mpa)		25	67	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		25	67	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		513	507	501	484	461	446	426	401	368	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	368	
Ast (mm2)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Ts (kn)		125	333	571	1167	2000	2000	2000	2000	2000	
Cs (kn)		1904	1904	1904	1904	1904	1904	1904	1904	1746	
Cc (kn)		3426	3211	2997	2569	2141	1927	1713	1499	1285	
Mn (kn m)	0	626	687	748	878	1033	1026	1013	995	943	669
Pn (kn)	8590	5205	4782	4330	3307	2045	1831	1617	1403	1031	0
e	0.00	0.12	0.14	0.17	0.27	0.51	0.56	0.63	0.71	0.91	0.00



Tabel 41 Perhitungan Perencanaan Pondasi 2

Perencanaan Pondasi		ex (m)	0,161911078
Bujur sangkar		ey (m)	0,137286972
σ tanah (KN/m ²)	425	L (m)	2,9
f _c (MPa)	22,5	f _c (MPa)	22,5
f _y (MPa)	400	Perencanaan Geser Arah X	
γ_b beton (KN/m ³)	24	qux max (KN/m ²)	352,5429169
γ_b tanah (KN/m ³)	15,64	qux min (KN/m ²)	218,9139202
P (KN)	1893,884	qux m (KN/m ²)	328,0749868
M _x (KNm)	260,0056	qux terjadi (KN/m ²)	340,3089518
M _y (KNm)	306,6408	V _u (KN)	524,041755
h kolom (mm)	2,05	V _u /φ (KN)	873,4029249
t kolom (mm)	0,6	V _c (KN)	1419,151157
tebal pelat (h) (mm)	0,7	kontrol V_c > V_u/φ	
σ netto tanah (KN/m ²)	376,138	AMAN	
Dicoba nilai B (m)	2,9	Perencanaan Geser 1 Arah (y)	
A perlu (m ²)	7,999987291	qux max (KN/m ²)	365,3173152
B perlu	2,828424878	qux min (KN/m ²)	206,1395219
B ada	2,9	qux m (KN/m ²)	336,1713123
A ada (m ²)	8,41	qux terjadi (KN/m ²)	350,7443138
σ kontak	364,5964164	V _u (KN)	540,1111688
Kontrol tegangan $\sigma_{netto\ tanah} \geq \sigma_{kontak}$		V _u /φ (KN)	900,1852813
AMAN		V _c (KN)	1419,151157
P _b (mm)	70	kontrol V_c > V_u/φ	
θ tul.pokok (mm)	22	AMAN	
d (mm)	619,00	Perencanaan Geser 2 Arah	
Tinjauan Beban Sementara		P (KN)	2402,976
P (KN)	1893,884	M _x (KNm)	271,5898
M _x (KNm)	306,6408	M _y (KNm)	323,5156
M _y (KNm)	260,0056	t kolom (mm)	0,6
ex (m)	0,161911078	d (mm)	619,00
ey (m)	0,137286972	m (m)	0,531
B ada	2,9	L (m)	2,9
		x (m)	1,219
		y (m)	1,219
σ netto tanah (KN/m ²)	376,138	f _c (MPa)	22,5
1,5. σ_{netto} tanah(KN/m ²)	564,207	qu max (KN/m ²)	432,1318135
σ kontak (KN/m ²)	125,5503996	qu min (KN/m ²)	139,3250236
Kontrol 1,5 σ_{netto} tanah $\geq \sigma_{kontak}$		qu1 (KN/m ²)	378,5178806
AMAN		qu2 (KN/m ²)	192,9389565
Perencanaan Geser 1 Arah		qu terjadi (KN/m ²)	285,7284185
P (KN)	2402,976	V _u (KN)	1978,394713
M _x (KNm)	271,5898	V _u /φ (KN)	3297,324522
M _y (KNm)	323,5156	β _c	1,0
t kolom (mm)	0,6	bo (mm)	4876
d (mm)	619,00		
m (m)	0,531		

Vc1 (KN)	85900,7302
Vc2 (KN)	57267,1534
Vc pakai(KN)	57267,1534
Kontrol $Vu/\phi \leq Vc$ pakai	
AMAN	
Kuat tumpuan pondasi	
luas pondasi/A2 (m2)	8,4100
luas Kolom/A3 (m2)	0,3600
$(A2/A3)^{0,5}$	4,8333
jika lebih besar dari 2, dipakai nilai 2	
ϕPn (KN)	9639,0
Kuat tumpuan kolom	
ϕPn (KN)	4819,5
Kontrol ϕPn kolom $\leq \phi PN$ pondasi	
AMAN	
Tul Lentur sisi Panjang arah X	
qux (KN/m2)	432,1318
L (m)	2,90
h kolom (m)	0,60
l1 (m)	1,15
Mu1 (KNm)	285,7472
MuØ (KNm)	357,1840
tebal pelat/h (mm)	700
Pb (mm)	70
d (mm)	620,50
f _c (MPa)	22,5
f _y (MPa)	400
β_1	0,85
m	20,9150
Rn (MPa)	0,9277
ρ_b	0,02438
ρ_{min}	0,00350
ρ_{maks}	0,01829
ρ	0,00238
1,33. ρ	0,00316
ρ_{pakai}	0,00340
As perlu (mm2)	2109,7000
dtul.pokok (mm)	19
A1d.pokok (mm2)	283,3850
jr _k tul. pokok/s (mm)	134,3248
jr _k tul. pakai/s (mm)	130
tul pokok pakai	P19 - 130
As aktual (mm2)	2179,8846
a (mm)	45,5924
Mn (kNm)	521,1701
Kontrol $Mn \geq Mu/\phi$	

AMAN	
dtul.susut (mm)	12
A1d.susut (mm2)	113,0400
As susut (mm2)	1400,0000
jr _k tul. susut/s (mm)	80,7429
jr _k tul. pakai/s (mm)	80
tul pokok pakai	P12 - 80

Tabel 42 Perhitungan Perencanaan Pondasi3

Perencanaan Pondasi			
Bujur sangkar			
σ tanah (KN/m ²)	425	m (m)	0,631
f _c (MPa)	22,5	ex (m)	0,098400343
f _y (MPa)	400	ey (m)	0,118644284
γ_b beton (KN/m ³)	24	L (m)	3,1
γ_b tanah (KN/m ³)	15,64	f _c (MPa)	22,5
P (KN)	2411,892	Perencanaan Geser Arah X	
M _x (KNm)	286,1572	qux max (KN/m ²)	382,2809372
M _y (KNm)	237,331	qux min (KN/m ²)	258,7821221
h kolom (mm)	2,05	qux m (KN/m ²)	357,1429526
t kolom (mm)	0,6	qux terjadi (KN/m ²)	369,7119449
tebal pelat (h) (mm)	0,7	V _u (KN)	723,1935354
σ netto tanah (KN/m ²)	376,138	V _u / ϕ (KN)	1205,322559
Dicoba nilai B (m)	3,1	V _c (KN)	1517,023651
A perlu (m ²)	8,909641243	kontrol V_c > V_u/ϕ	
B perlu	2,984902217	AMAN	
B ada	3,1	Perencanaan Geser 1 Arah (y)	
A ada (m ²)	9,61	qux max (KN/m ²)	376,8282904
σ kontak	356,4094659	qux min (KN/m ²)	264,2347689
Kontrol tegangan σ netto tanah $\geq \sigma$ kontak		qux m (KN/m ²)	353,9100607
AMAN		qux terjadi (KN/m ²)	365,3691756
P _b (mm)	70	V _u (KN)	714,6986443
θ tul.pokok (mm)	22	V _u / ϕ (KN)	1191,164407
d (mm)	619,00	V _c (KN)	1517,023651
Tinjauan Beban Sementara		kontrol V_c > V_u/ϕ	
P (KN)	2411,892	AMAN	
M _x (KNm)	237,331	Perencanaan Geser 2 Arah	
M _y (KNm)	286,1572	P (KN)	3080,308
ex (m)	0,098400343	M _x (KNm)	306,5961
ey (m)	0,118644284	M _y (KNm)	279,5228
B ada	3,1	t kolom (mm)	0,6
		d (mm)	619,00
		m (m)	0,631
σ netto tanah (KN/m ²)	376,138	L (m)	3,1
1,5. σ netto tanah(KN/m ²)	564,207	x (m)	1,219
σ kontak (KN/m ²)	134,9361292	y (m)	1,219
Kontrol 1,5 σ netto tanah $\geq \sigma$ kontak		f _c (MPa)	22,5
AMAN		qu max (KN/m ²)	438,577698
Perencanaan Geser 1 Arah		qu min (KN/m ²)	202,4853614
P (KN)	3080,308	qu1 (KN/m ²)	390,5214836
M _x (KNm)	306,5961	qu2 (KN/m ²)	250,5415757
M _y (KNm)	279,5228	qu terjadi (KN/m ²)	320,5315297
t kolom (mm)	0,6	V _u (KN)	2604,010648
d (mm)	619,00	V _u / ϕ (KN)	4340,017746
		β_c	1,0

bo (mm)	4876
Vc1 (KN)	85900,7302
Vc2 (KN)	57267,1534
Vc pakai(KN)	57267,1534
Kontrol Vu/Ø ≤ Vc pakai	
AMAN	
Kuat tumpuan pondasi	
luas pondasi/A2 (m2)	9,6100
luas Kolom/A3 (m2)	0,3600
(A2/A3)^0,5	5,1667
jika lebih besar dari 2, dipakai nilai 2	
φPn (KN)	9639,0
Kuat tumpuan kolom	
φPn (KN)	4819,5
Kontrol φPn kolom ≤ φPN pondasi	
AMAN	
Tul Lentur sisi Panjang arah X	
qux (KN/m2)	438,5777
L (m)	3,10
h kolom (m)	0,60
l1 (m)	1,25
Mu1 (KNm)	342,6388
MuØ (KNm)	428,2985
tebal pelat/h (mm)	700
Pb (mm)	70
d (mm)	620,50
f'c (MPa)	22,5
fy (MPa)	400
β1	0,85
m	20,9150
Rn (MPa)	1,1124
ρb	0,02438
ρmin	0,00350
ρmaks	0,01829
ρ	0,00287
1,33.ρ	0,00381
ρpakai	0,00340
As perlu (mm2)	2109,7000
dtul.pokok (mm)	19
A1d.pokok (mm2)	283,3850
jrj tul. pokok/s (mm)	134,3248
jrj tul. pakai/s (mm)	130
tul pokok pakai	P19 - 130
As aktual (mm2)	2179,8846
a (mm)	45,5924
Mn (kNm)	521,1701

Kontrol Mn ≥ Mu/Ø	
AMAN	
dtul.susut (mm)	12
A1d.susut (mm2)	113,0400
As susut (mm2)	1400,0000
jrj tul. susut/s (mm)	80,7429
jrj tul. pakai/s (mm)	80
tul pokok pakai	P12 - 80

Tabel 43 Perhitungan Perencanaan Pondasi 4

Perencanaan Pondasi Bujur sangkar		ex (m)	0,115346265
σ tanah (KN/m ²)	425	ey (m)	0,082063812
f _c (MPa)	22,5	L (m)	3,3
f _y (MPa)	400	f _c (MPa)	22,5
γ_b beton (KN/m ³)	24	Perencanaan Geser Arah X	
γ_b tanah (KN/m ³)	15,64	qux max (KN/m ²)	390,5097587
P (KN)	2963,177	qux min (KN/m ²)	303,6136572
My (KNm)	243,1696	qux m (KN/m ²)	371,2609557
Mx (KNm)	341,7914	qux terjadi (KN/m ²)	380,8853572
h kolom (mm)	2,05	Vu (KN)	918,8097472
t kolom (mm)	0,6	Vu/ ϕ (KN)	1531,349579
tebal pelat (h) (mm)	0,7	Vc (KN)	1614,896144
σ netto tanah (KN/m ²)	376,138	kontrol Vc > Vu/ϕ	
Dicoba nilai B (m)	3,3	AMAN	
A perlu (m ²)	10,64078295	Perencanaan Geser 1 Arah (y)	
B perlu	3,262021298	qux max (KN/m ²)	411,3419484
B ada	3,3	qux min (KN/m ²)	282,7814676
A ada (m ²)	10,89	qux m (KN/m ²)	382,863854
σ kontak	369,7651473	qux terjadi (KN/m ²)	397,1029012
Kontrol tegangan σ netto tanah $\geq \sigma$ kontak		Vu (KN)	957,9313286
AMAN		Vu/ ϕ (KN)	1596,552214
Pb (mm)	70	Vc (KN)	1614,896144
θ tul.pokok (mm)	22	kontrol Vc > Vu/ϕ	
d (mm)	619,00	AMAN	
Tinjauan Beban Sementara		Perencanaan Geser 2 Arah	
P (KN)	2963,177	P (KN)	3779,502
Mx (KNm)	341,7914	Mx (KNm)	260,2321
My (KNm)	243,1696	My (KNm)	385,0065
ex (m)	0,115346265	t kolom (mm)	0,6
ey (m)	0,082063812	d (mm)	619,00
B ada	3,3	m (m)	0,731
		L (m)	3,3
		x (m)	1,219
σ netto tanah (KN/m ²)	376,138	y (m)	1,219
1,5. σ netto tanah (KN/m ²)	564,207	f _c (MPa)	22,5
σ kontak (KN/m ²)	144,7069137	qu max (KN/m ²)	454,7899992
Kontrol 1,5 σ netto tanah $\geq \sigma$ kontak		qu min (KN/m ²)	239,3334168
AMAN		qu1 (KN/m ²)	407,0631017
Perencanaan Geser 1 Arah		qu2 (KN/m ²)	287,0603143
P (KN)	3779,502	qu terjadi (KN/m ²)	347,061708
Mx (KNm)	260,2321	Vu (KN)	3263,781837
My (KNm)	385,0065	Vu/ ϕ (KN)	5439,636396
t kolom (mm)	0,6	β_c	1,0
d (mm)	619,00	bo (mm)	4876
m (m)	0,731		

Vc1 (KN)	85900,7302
Vc2 (KN)	57267,1534
Vc pakai(KN)	57267,1534
Kontrol $Vu/\phi \leq Vc$ pakai	
AMAN	
Kuat tumpuan pondasi	
luas pondasi/A2 (m2)	10,8900
luas Kolom/A3 (m2)	0,3600
$(A2/A3)^{0,5}$	5,5000
jika lebih besar dari 2, dipakai nilai 2	
ϕPn (KN)	9639,0
Kuat tumpuan kolom	
ϕPn (KN)	4819,5
Kontrol ϕPn kolom $\leq \phi PN$ pondasi	
AMAN	
Tul Lentur sisi Panjang arah X	
qux (KN/m2)	454,7900
L (m)	3,30
h kolom (m)	0,60
l1 (m)	1,35
Mu1 (KNm)	414,4274
Mu ϕ (KNm)	518,0342
tebal pelat/h (mm)	700
Pb (mm)	70
d (mm)	619,00
f'c (MPa)	22,5
fy (MPa)	400
β_1	0,85
m	20,9150
Rn (MPa)	1,3520
ρ_b	0,02438
ρ_{min}	0,00350
ρ_{maks}	0,01829
ρ	0,00351
1,33. ρ	0,00467
ρ_{pakai}	0,00464
As perlu (mm2)	2872,1600
dtul.pokok (mm)	22
A1d.pokok (mm2)	379,9400
jrj tul. pokok/s (mm)	132,2837
jrj tul. pakai/s (mm)	130
tul pokok pakai	P22 - 130
As aktual (mm2)	2922,6154
a (mm)	61,1266

Mn (kNm)	687,9097
Kontrol Mn $\geq Mu/\phi$	
AMAN	
dtul.susut (mm)	12
A1d.susut (mm2)	113,0400
As susut (mm2)	1400,0000
jrj tul. susut/s (mm)	80,7429
jrj tul. pakai/s (mm)	80
tul pokok pakai	P12 - 80

Tabel 44 Perhitungan Perencanaan Gabungan 2

Perencanaan Pondasi	
σ tanah (KN/m ²)	425
f_c (MPa)	22.5
f_y (MPa)	400
γ_b beton (KN/m ³)	24
γ_b tanah (KN/m ³)	15.64
P1 (KN)	1999.128
MX1 (KNm)	240.9183
MY1 (KNm)	385.3466
P2 (KN)	1353.937
MX2 (KNm)	151.4807
MY2 (KNm)	350.1777
R (KN)	3353.065
r	2.4
r1	0.969098064
r2	1.430901936
ex	0.230901936
ey	0
Mxtotal	1166.6282
Mytotal	735.5243
h kolom (mm)	2.05
t kolom (mm)	0.6
tebal pelat (h) (mm)	0.7
σ netto tanah (KN/m ²)	376.138
Dicoba nilai Bx (m)	7
Dicoba nilai By (m)	2.6
σ kontak	366.7985342
Kontrol tegangan σ_{netto} tanah $\geq \sigma$ kontak	
AMAN	
Pb (mm)	70
θ tul.pokok (mm)	22
d (mm)	619.00
Tinjauan Beban Sementara	
R (KN)	3353.065
Mx (KNm)	1166.6282
My (KNm)	735.5243
ex (m)	0.347928895
ey (m)	0.219358796
Bx	7
By	2.6
σ netto tanah (KN/m ²)	376.138
1,5. σ_{netto} tanah(KN/m ²)	564.207
σ kontak (KN/m ²)	110.3405495
Kontrol 1,5 σ_{netto} tanah $\geq \sigma$ kontak	

AMAN	
Perencanaan Geser 1 Arah	
P	2346.961
Mx	257.0844
My	407.6542
t kolom (mm)	0.6
d (mm)	619.00
mx(m)	1.381
my (m)	0.381
B _{xeff}	7
B _{yeff}	2.6
f_c (MPa)	22.5
Perencanaan Geser Arah X	
qux max (KN/m ²)	141.0614867
qux min (KN/m ²)	116.8463155
qux m (KN/m ²)	136.2841793
qux terjadi (KN/m ²)	138.672833
V _u (KN)	1340.550277
V _u / ϕ (KN)	2234.250461
V _c (KN)	3425.537275
kontrol V_c > V_u/ϕ	
AMAN	
Perencanaan Geser 1 Arah (y)	
quy max (KN/m ²)	148.152686
quy min (KN/m ²)	109.7551162
quy m (KN/m ²)	142.5259652
quy terjadi (KN/m ²)	145.3393256
V _u (KN)	143.973136
V _u / ϕ (KN)	239.9552266
V _c (KN)	5019.459906
kontrol V_c > V_u/ϕ	
AMAN	
Perencanaan Geser 2 Arah	
P (KN)	2346.961
Mx (KNm)	257.0844
My (KNm)	407.6542
t kolom (mm)	0.6
d (mm)	619.00
m (m)	1.381
Bx	7
By	2.6
x (m)	1.219
y (m)	1.219
f_c (MPa)	22.5

qu max (KN/m2)	180.7500318
qu min (KN/m2)	77.15777044
qu terjadi (KN/m2)	128.9539011
Vu (KN)	2155.340532
Vu/φ (KN)	3592.23422
βc	1.0
bo (mm)	4876
Vc1 (KN)	85900.7302
Vc2 (KN)	57267.1534
Vc pakai(KN)	57267.1534
Kontrol Vu/Ø ≤ Vc pakai	
AMAN	
Kuat tumpuan pondasi	
luas pondasi/A2 (m2)	18.2000
luas Kolom/A3 (m2)	0.3600
(A2/A3)^0,5	7.1102
jika lebih besar dari 2, dipakai nilai 2	
φPn (KN)	9639.0
Kuat tumpuan kolom	
φPn (KN)	4819.5
Kontrol φPn kolom ≤ φPN pondasi	
AMAN	
Tul Lentur sisi Panjang arah X	
qux (KN/m2)	180.7500
L (m)	7.00
h kolom (m)	0.60
l1 (m)	3.20
Mu (KNm)	925.4402
Mu/Ø (KNm)	1156.8002
tebal pelat/h (mm)	700
Pb (mm)	70
d (mm)	617.50
f'c (MPa)	22.5
fy (MPa)	400
β1	0.85
m	20.9150
Rn (MPa)	3.0338
ρb	0.02438
ρmin	0.00350
ρmaks	0.01829
ρ	0.00831
1,33.ρ	0.01105
ρpakai	0.00831
As perlu (mm2)	5131.4250
dtul.pokok (mm)	25
A1d.pokok (mm2)	490.6250

jrkk tul. pokok/s (mm)	95.6118
jrkk tul. pakai/s (mm)	90
tul pokok pakai	P25 - 90
As aktual (mm2)	5451.3889
a (mm)	114.0160
Mn (kNm)	1222.1840
Kontrol Mn ≥ Mu/Ø	
AMAN	
dtul.susut (mm)	12
A1d.susut (mm2)	113.0400
As susut (mm2)	1400.0000
jrkk tul. susut/s (mm)	80.7429
jrkk tul. pakai/s (mm)	80
tul pokok pakai	P12 - 80
Tul Lentur sisi Panjang arah y	
quy (KN/m2)	180.7500
L (m)	2.60
h kolom (m)	0.60
l1 (m)	1.00
Mu (KNm)	90.3750
Mu/Ø (KNm)	112.9688
tebal pelat/h (mm)	700
Pb (mm)	70
d (mm)	622.00
f'c (MPa)	22.5
fy (MPa)	400
β1	0.85
m	20.9150
Rn (MPa)	0.2920
ρb	0.02438
ρmin	0.00350
ρmaks	0.01829
ρ	0.00074
1,33.ρ	0.00098
ρpakai	0.00098
As perlu (mm2)	609.5600
dtul.pokok (mm)	16
A1d.pokok (mm2)	200.9600
jrkk tul. pokok/s (mm)	329.6804
jrkk tul. pakai/s (mm)	300
tul pokok pakai	P16 - 300
As aktual (mm2)	669.8667
a (mm)	14.0103
Mn (kNm)	164.7858
Kontrol Mn ≥ Mu/Ø	
AMAN	
dtul.susut (mm)	12

Lampiran 3.73

A1d.susut (mm ²)	113.0400
As susut (mm ²)	1400.0000
jrkJ tul. susut/s (mm)	80.7429
jrkJ tul. pakai/s (mm)	80
tul pokok pakai	P12 - 80

Tabel 45 Perhitungan Tulangan Balok Atap Type – BAI

	Tump. (°)	Lapangan. (+)
Mu (KNm)	261.84	181.50
Redistribusi Momen 20%	209.47	217.80
Mu/φ (KNm)	261.84	272.25
f'c (MPa)	22.5	22.5
fy (MPa)	400	400
β1	0.85	0.85
m	20.915	20.915
ρb	0.0244	0.0244
ρmin	0.0035	0.0035
ρmaks	0.0183	0.0183
ρpakai	0.00914	0.00914
Rn (MPa)	3.31	3.31
b.d2 perlu (mm3)	79156130.5652	82303149.0467
b (mm)	300	300
dperlu (mm)	513.6670	523.7784
h (mm)	500	500
dpakai (mm)	439	439
Perencanaan	Tul. Rangkap	Tul. Rangkap
d' (mm)	61	61
ρ1 (ρ - ρ')	0.00914	0.00914
As1 perlu (mm)	1204.2833	1204.2833
a1 (mm)	83.9588	83.9588
Mn1 (KNm)	191.2501	191.2501
Mn2(KNm)=Mu/φ-Mn1	70.5899	80.9999
fs' (MPa)	229.4609	229.4609
fs' pakai (MPa)	229.4609	229.4609
As' perlu (mm)	813.8454	933.8645
dtul.pokok (mm)	22	22
A1d.pokok (mm2)	380.29	380.29
tul. desak perlu (n buah)	2.140089356	2.45569171
tul desak pakai (n buah)	3	3
As' ada (mm)	1140.857	1140.857
As perlu total (mm2)	2345.1405	2345.1405
tul. tarik perlu (n buah)	6.1668	6.1668
tul tarik pakai (n buah)	7	7
As ada (mm2)	2662	2662
ρ' ada	0.00866	0.00866
ρ ada	0.02021	0.02021
(ρada - ρ'ada)	0.01155	0.01155
fs' (MPa)	306.6455	306.6455
fs' pakai (MPa)	306.6455	306.6455
a (mm2)	124.6119845	124.6119845
Mn1 (KNm)	269.322	269.322
Mn2 (KNm)	132.239	132.239
Mn	401.561	401.561
s (mm)	37	37
Kontrol	AMAN	AMAN
Mkap	501.951	501.951

Tabel 46 Perhitungan Tulangan Geser Balok Atap Type – BA1

Ln (m)	6.6
h (mm)	500
d (mm)	439
b (mm)	300
K	1
fy (MPa)	240
fc (MPa)	22.5
Vd (KN)	116.4900
VI (KN)	30.3300
Ve (KN)	3.4800
Vg (KN)	146.8200
1,05 Vg (KN)	154.1610
Mkap,b (KN)	432.7620
Mkap,b' (KN)	432.7620
Vu,b1 (KN)	245.9590
Vu,b2 (KN)	168.7770
Vu,b pakai	168.7770
Daerah Plastis	
Vu plastis (KN)	161.6989
Vs (KN)	269.4981

d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	61.4348
d/4 (mm)	108.7500
S pakai (mm)	60
Tul. Pakai	P10 - 60
Check Vs (KN)	275.9429
Koreksi	AMAN
Luar Plastis	
Vu (KN)	152.6537
Vc (KN)	104.1180
Vs (KN)	150.3048
d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	110.1533
d/2 (mm)	219.5000
S pakai (mm)	100
Tul. Pakai	P10 - 100

Tabel 47 Perhitungan Tulangan Balok Atap Type – BA2

	Tump. (-)	Lapangan (+)
Mu (KNm)	48.28	48.25
Mu/ ϕ (KNm)	60.35	60.31
f _c (MPa)	22.5	22.5
f _y (MPa)	400	400
β_1	0.85	0.85
m	20.915	20.915
P_b	0.0244	0.0244
P_{min}	0.0035	0.0035
P_{maks}	0.0183	0.0183
ρ_{pakai}	0.00914	0.00914
Rn (MPa)	3.31	3.31
b.d2 perlu (mm ³)	18244242.5894	18232906.0675
b (mm)	300	300
dperlu (mm)	246.6052	246.5286
h (mm)	400	400
dpakai (mm)	339	339
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
Rn aktual	1.7505	1.7494
p aktual	0.00484	0.00484
nilai paktual baru	0.00484	0.00484
As min (mm ²)	355.950	355.950
As perlu (mm ²)	492.118	491.812
dtul.pokok (mm)	22	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29	380.29
jumlah tul. perlu	1.2941	1.2933
tul. terpasang (n buah)	2	2
As aktual (mm ²)	760.5714	760.5714
s(mm) > 25mm	152	156
a (mm)	53.025	53.025
Mn (kNm)	95.068	95.068
Kontrol	AMAN	AMAN
Mkap	118.835	118.835

Tabel 48 Perhitungan Tulangan Geser Balok Atap Type – BA2

Ln (m)	3
h (mm)	400
d (mm)	339
b (mm)	300
K	1
fy (MPa)	240
f'c (MPa)	22.5
Vd (KN)	53.6200
Vl (KN)	4.9300
Ve (KN)	20.8700
Vg (KN)	58.5500
1,05 Vg (KN)	61.4775
Mkap,b (KN)	118.8350
Mkap,b' (KN)	118.8350
Vu,b1 (KN)	116.9338
Vu,b2 (KN)	149.1315
Vu,b pakai	116.9338
Daerah Plastis	
Vu plastis (KN)	104.4007
Vs (KN)	174.0012

d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	73.4773
d/4 (mm)	84.7500
S pakai (mm)	70
Tul. Pakai	P10 - 70
Check Vs (KN)	182.6449
Koreksi	AMAN
Luar Plastis	
Vu (KN)	87.3571
Vc (KN)	80.4009
Vs (KN)	65.1943
d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	196.1083
d/2 (mm)	169.5000
S pakai (mm)	160
Tul. Pakai	P10 - 160

Tabel 49 Perhitungan Tulangan Balok Konsol Type – BK1

	Tump. (-)
Mu (KNm)	198.23
Mu/ ϕ (KNm)	247.79
f'c (MPa)	22.5
fy (MPa)	400
β_1	0.85
m	20.915
ρ_b	0.0244
ρ_{min}	0.0035
ρ_{maks}	0.0183
ρ_{pakai}	0.00914
Rn (MPa)	3.31
b.d2 perlu (mm ³)	74907957.9225
b (mm)	350
dperlu (mm)	462.6259
h (mm)	550
dpakai (mm)	489
Perencanaan	Tul. Sebelah
Rn aktual	2.9607
p aktual	0.00818
nilai paktual baru	0.00818
As min (mm ²)	599.025
As perlu (mm ²)	1400.754
dtul.pokok (mm)	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29
jumlah tul. perlu	3.6834
tul. terpasang (n buah)	4
As aktual (mm ²)	1521.1429
s(mm) > 25mm	53
a (mm)	90.899
Mn (kNm)	269.881
Kontrol	AMAN
Mkap	337.352

Tabel 50 Perhitungan Tulangan Balok Konsol Type – BK2

Mu (KNm)	689.98	Tump. (-)	
Mu/φ (KNm)	862.48		
f'c (MPa)	22.5		
fy (MPa)	400		
β1	0.85		
m	20.915		
ρb	0.0244		
ρmin	0.0035		
ρmaks	0.0183		
ρpakai	0.00914		
Rn (MPa)	3.31		
b.d2 perlu (mm3)	260732446.19		
b (mm)	500		
dperlu (mm)	722.1253		
h (mm)	700		
dpakai (mm)	639		
Perencanaan	Tul. Rangkap		
d' (mm)	62.5		
ρ1 (ρ - ρ')	0.00914		
As1 perlu (mm)	2921.5529		
a1 (mm)	122.2088		
Mn1 (KNm)	675.3411		
Mn2(KNm)=Mu/φ-Mn1	187.1339		
fs' (MPa)	339.1758		
fs' pakai (MPa)	339.1758		
As' perlu (mm)	957.0363		
dtul.pokok (mm)	25		
A1d.pokok (mm2)	491.07		
tul. desak perlu (n buah)	1.948873835		
tul desak pakai (n buah)	2		
As' ada (mm)	982.143		
As perlu total (mm2)	3903.6958		
tul. tarik perlu (n buah)	7.9483		
tul tarik pakai (n buah)	8		
As ada (mm2)	3928.571429		
ρ' ada	0.00307		
ρ ada	0.01230		
(ρada - ρ'ada)	0.00922		
fs' (MPa)	341.3778		
fs' pakai (MPa)	341.3778		
a (mm2)	129.2702498		
Mn1 (KNm)	709.999		
Mn2 (KNm)	193.290		
Mn	903.289		
s (mm)	50		
Kontrol	AMAN		
Mkap	1129.112		

Tabel 51 Perhitungan Tulangan Geser Balok Konsol Type – BK1 dan BK2

	BK1	BK2
Ln (m)	1.975	3.3
h (mm)	550	700
d (mm)	489	639
b (mm)	350	500
K	1	1
fy (MPa)	240	240
f'c (MPa)	22.5	22.5
Vd (KN)	101.3900	158.1600
VI (KN)	12.2600	25.9200
Ve (KN)	0.0000	0.0000
Vg (KN)	113.6500	184.0800
1,05 Vg (KN)	119.3325	193.2840
Mkap,b (KN)	337.3520	1129.1120
Vu,b1 (KN)	238.9003	432.7926
Vu,b2 (KN)	119.3325	193.2840
Vu,b pakai	119.3325	193.2840
Vu plastis (KN)	89.7281	146.9064
Vs (KN)	149.5469	244.8440
d sengkang (mm)	10	10
Av (mm ²)	157.143	157.143
S (mm)	123.3211	98.4277
d/4 (mm)	122.2500	159.7500
S pakai (mm)	120	90
Tul. Pakai	P10 - 120	P10 - 90
Check Vs (KN)	153.6857	267.7714
Koreksi	AMAN	AMAN

Tabel 52 Perhitungan Tulangan Balok BR1

	Tump. Kr-1 (+)	Lapangan -1 (-)
Mu (KNm)	133.06	30.12
Mu/ ϕ (KNm)	166.33	37.65
f _c (MPa)	22.5	22.5
f _y (MPa)	400	400
β_1	0.85	0.85
m	20.915	20.915
ρ_b	0.0244	0.0244
ρ_{min}	0.0035	0.0035
ρ_{maks}	0.0183	0.0183
ρ_{pakai}	0.00914	0.00914
Rn (MPa)	3.31	3.31
b.d2 perlu (mm3)	50281253.4993	11381867.9949
b (mm)	300	300
dperlu (mm)	409.3949	194.7808
h (mm)	500	500
dpakai (mm)	439	439
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
Rn aktual	2.8768	0.6512
p aktual	0.00795	0.00180
nilai paktual baru	0.00795	0.00350
As min (mm ²)	460.950	460.950
As perlu (mm ²)	1047.332	460.950
dtul.pokok (mm)	22	22
A1d.pokok (mm ²)	380.29	380.29
jumlah tul. perlu	2.7541	1.2121
tul. terpasang (n buah)	3	2
As aktual (mm ²)	1140.8571	760.5714
s(mm) > 25mm	65	156
a (mm)	79.537	53.025
Mn (kNm)	182.186	125.491
Kontrol	AMAN	AMAN
Mkap	227.733	156.863

Tabel 53 Perhitungan Tulangan Geser Balok BRI

Ln (m)	6.6
h (mm)	500
d (mm)	439
b (mm)	300
K	1
fy (MPa)	240
fc (MPa)	22.5
Vd (KN)	44.3000
Vl (KN)	5.3600
Ve (KN)	13.6300
Vg (KN)	49.6600
1,05 Vg (KN)	52.1430
Mkap,b (KN)	227.7330
Mkap,b' (KN)	432.7620
Vu,b1 (KN)	122.1955
Vu,b2 (KN)	109.3890
Vu,b pakai	109.3890
Daerah Plastis	
Vu plastis (KN)	100.9217
Vs (KN)	168.2029

d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	98.4322
d/4 (mm)	109.7500
S pakai (mm)	90
Tul. Pakai	P10 - 90
Check Vs (KN)	183.9619
Koreksi	AMAN
Luar Plastis	
Vu (KN)	90.1013
Vc (KN)	104.1180
Vs (KN)	46.0509
d sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	157.143
S (mm)	359.5275
d/2 (mm)	219.5000
S pakai (mm)	200
Tul. Pakai	P10 - 200

Tabel 54 Perhitungan Tulangan Balok BR2

	Tump. Kn-1 (-)	Lapangan -1 (+)
Mu (KNm)	47.08	32.59
Mu redistribusi 20 % (KNm)	37.664	39.108
Mu/φ (KNm)	47.08	48.89
f'c (MPa)	22.5	22.5
fy (MPa)	400	400
β1	0.85	0.85
m	20.915	20.915
ρ _b	0.0244	0.0244
ρ _{min}	0.0035	0.0035
ρ _{maks}	0.0183	0.0183
ρ _{pakai}	0.00914	0.00914
Rn (MPa)	3.31	3.31
b.d ² perlu (mm ³)	14232625.3705	14778289.9583
b (mm)	300	300
dperlu (mm)	217.8120	221.9481
h (mm)	500	500
dpakai (mm)	439	439
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
Rn aktual	0.8143	0.8455
p aktual	0.00225	0.00234
nilai paktual baru	0.00350	0.00350
As min (mm ²)	460.950	460.950
As perlu (mm ²)	460.950	460.950
dtul.pokok (mm)	13	13
A1d.pokok (mm ²)	132.79	132.79
jumlah tul. perlu	3.4714	3.4714
tul. terpasang (n buah)	4	4
As aktual (mm ²)	531.1429	531.1429
s(mm) > 25mm	48	49
a (mm)	37.030	37.030
Mn (kNm)	89.335	89.335
Kontrol	AMAN	AMAN
Mkap	111.669	111.669

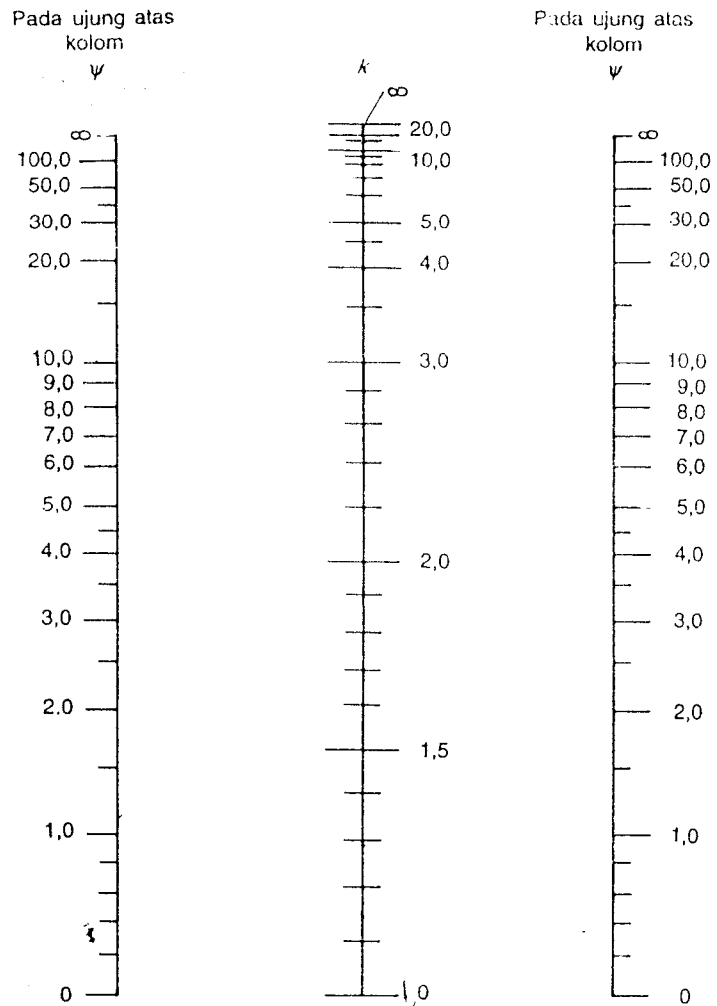


Diagram nomogram untuk menentukan panjang tekuk suatu kolom pada portal tanpa pengaku

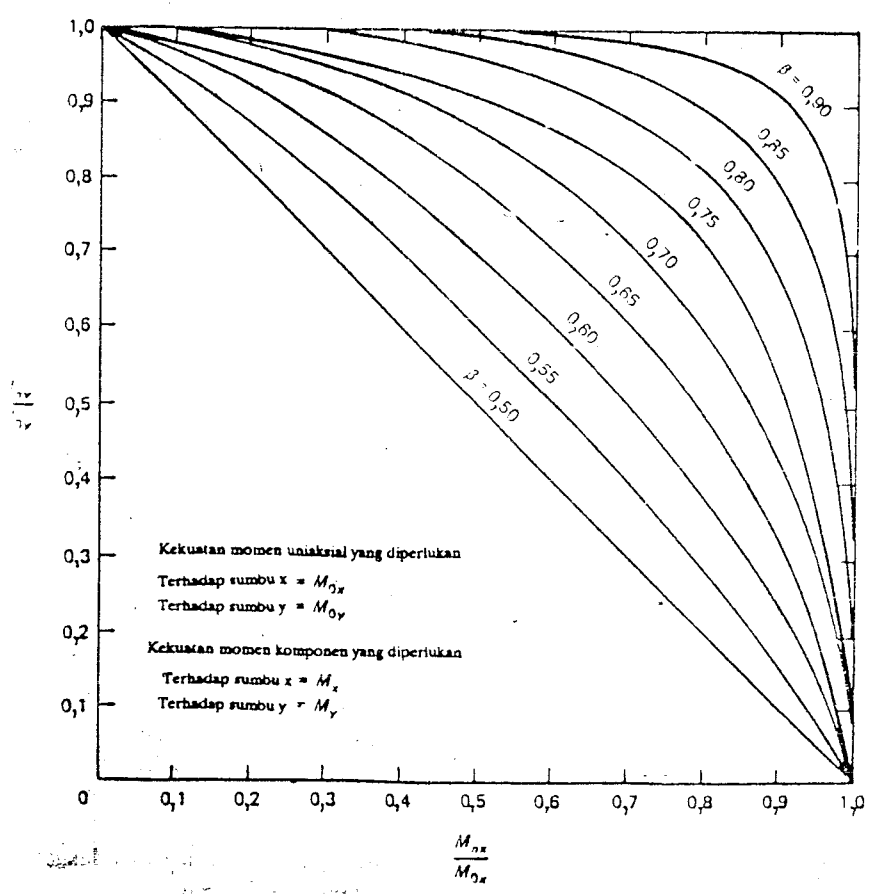
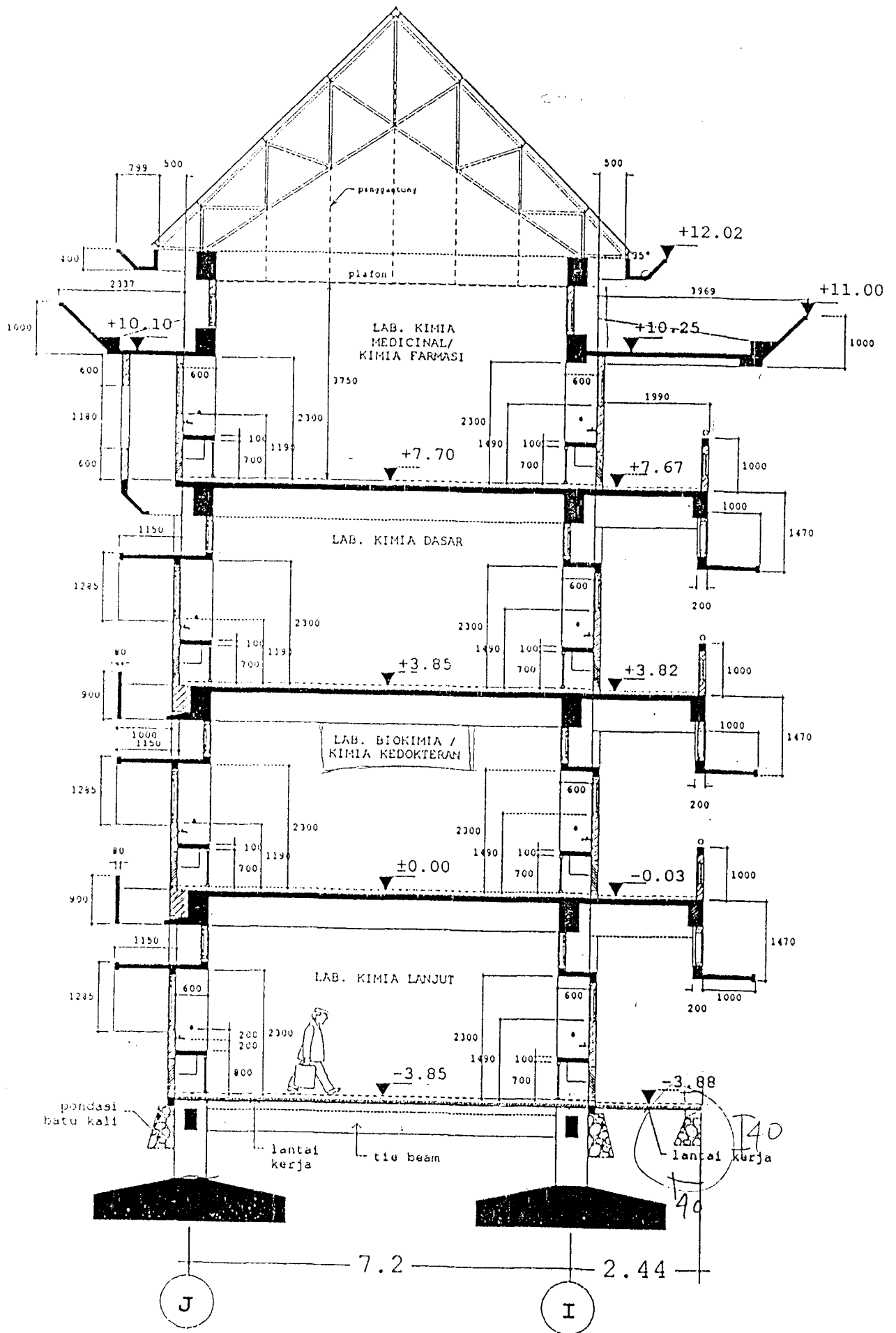
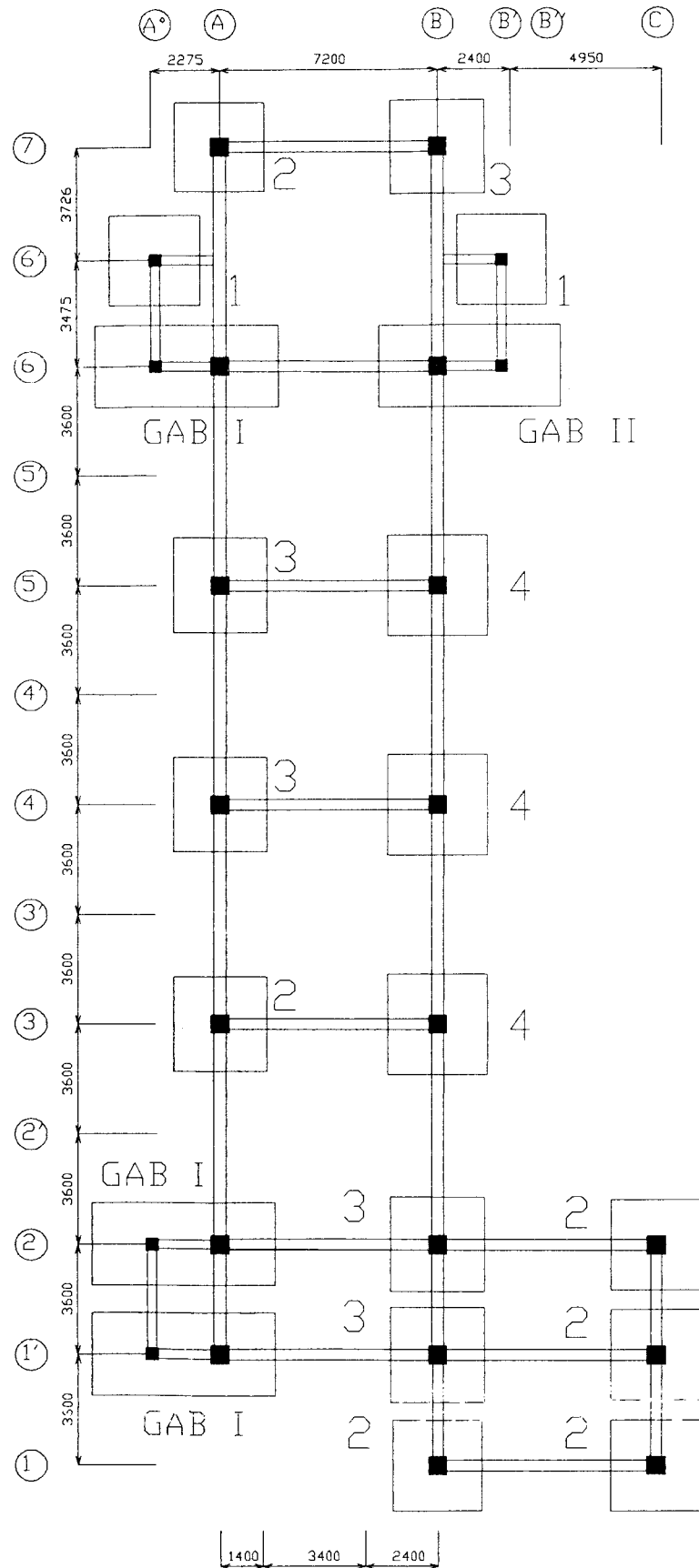


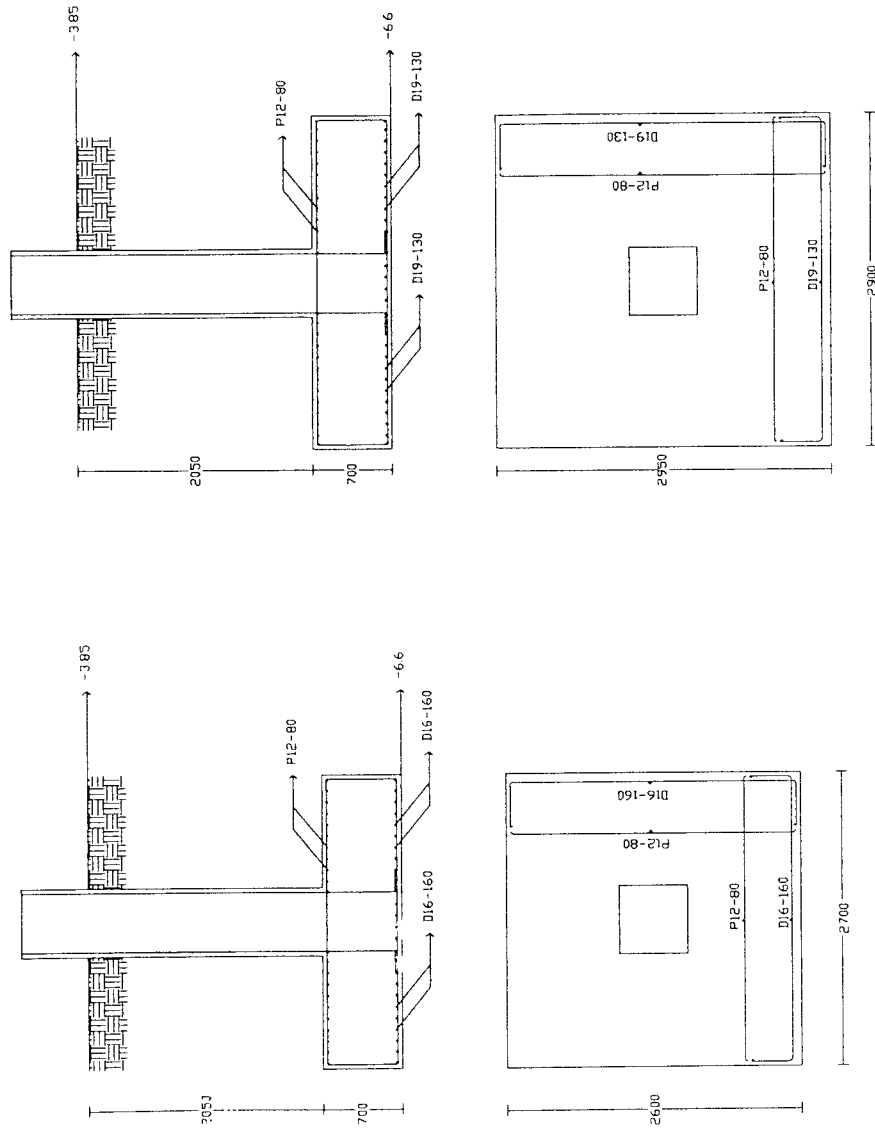
Diagram faktor kontur β untuk kolom segiempat yang mengalami lentur

LAMPIRAN 4





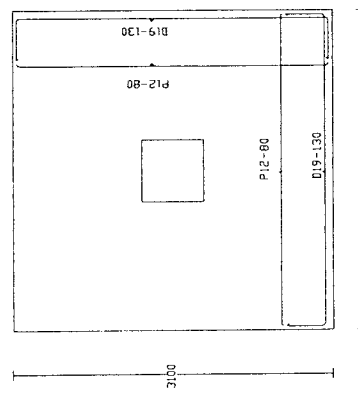
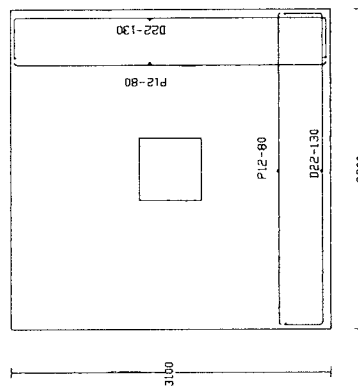
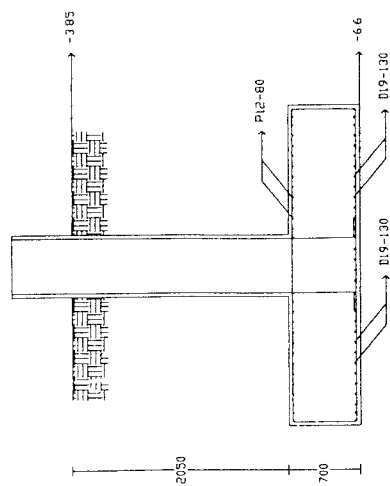
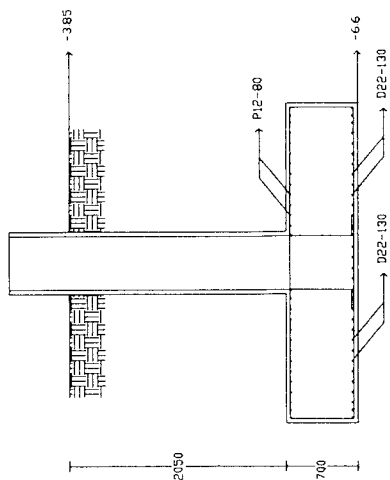
GAMBAR 1.1 DENAH RENCANA TIPE PONDASI



Tipe II

Tipe I

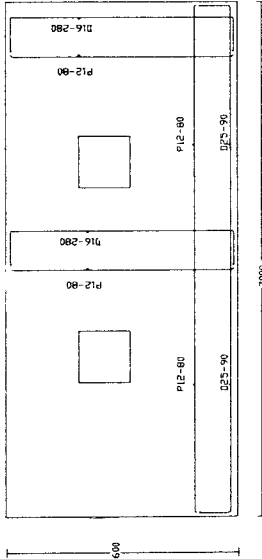
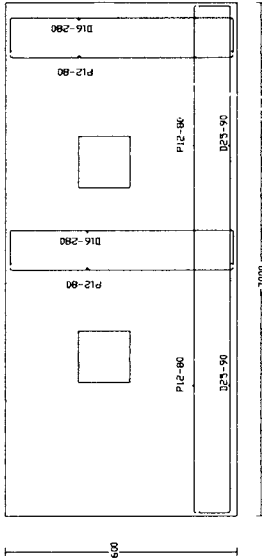
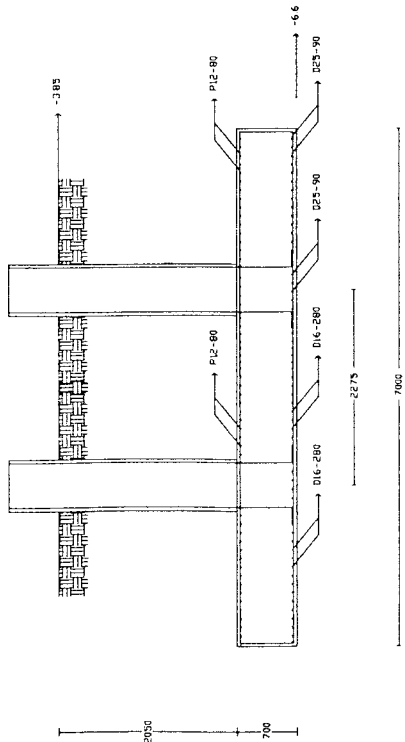
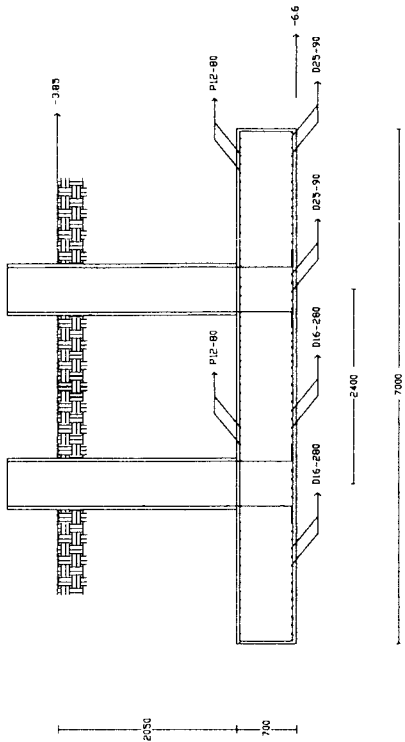
GAMBAR 1.2 DETAIL TULANGAN PONDASI



TIPE IV

TIPE III

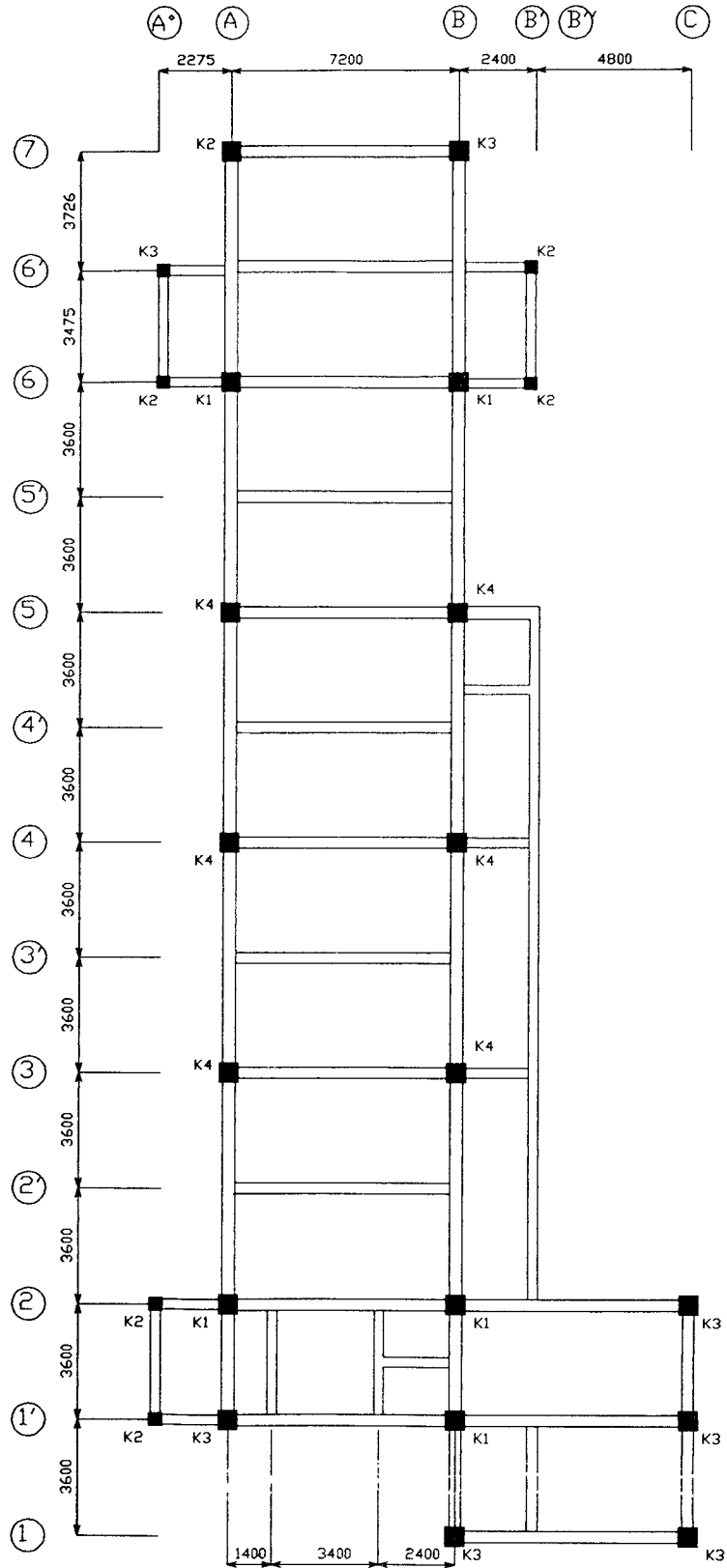
GAMBAR 1.3 DETAIL TULANGAN PONDASI



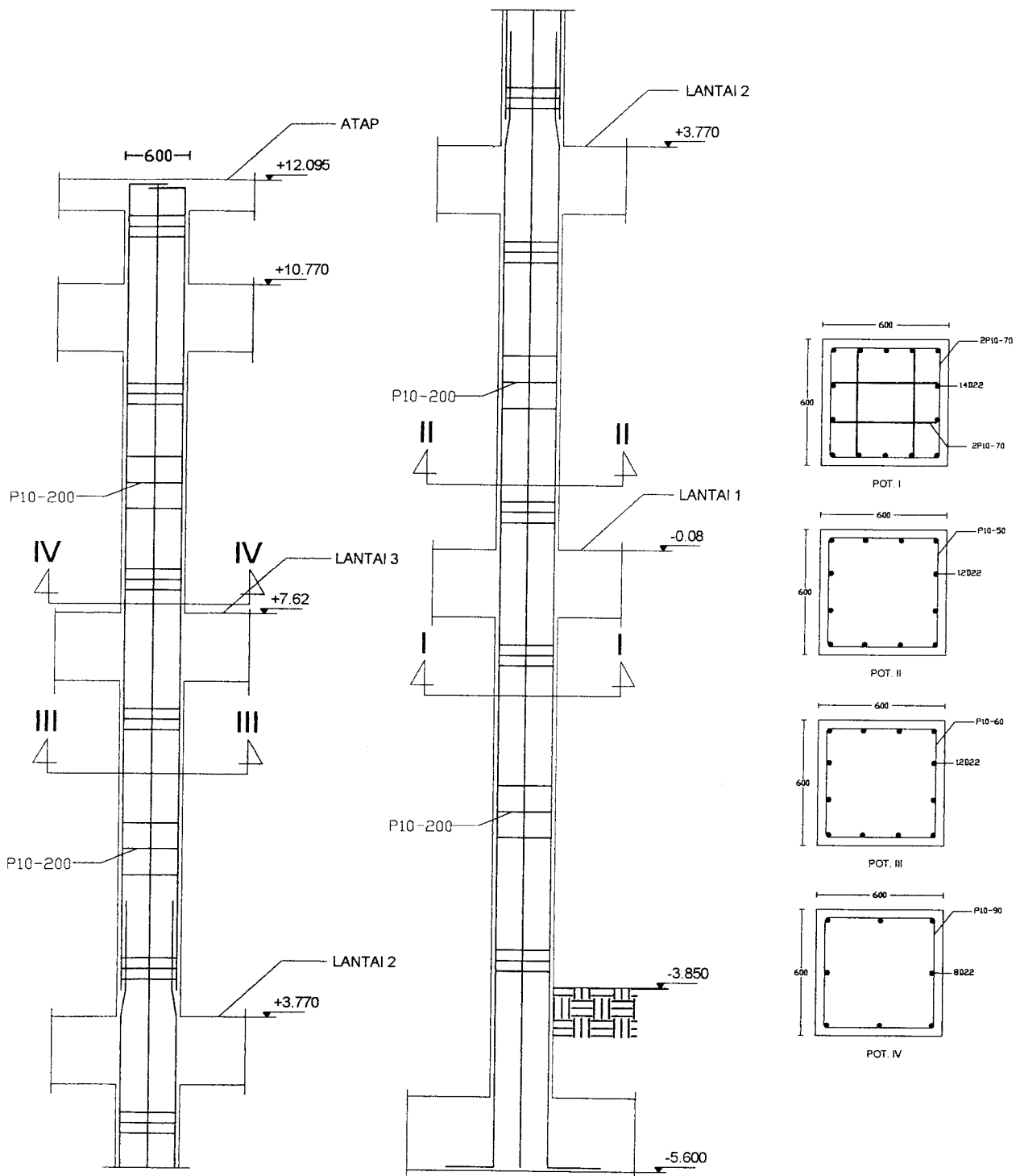
GAB. II

GAB. I

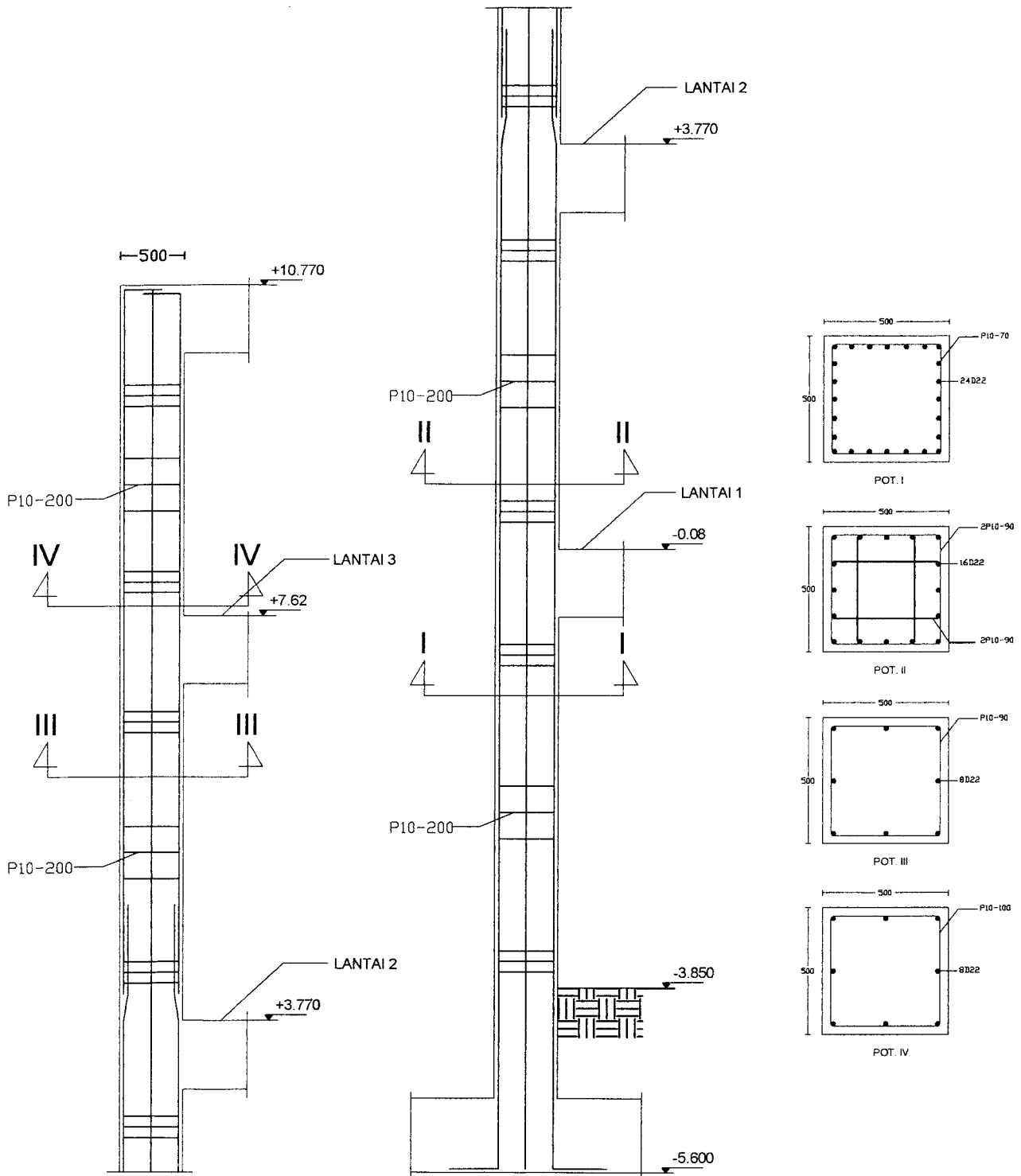
GAMBAR 1.4 DETAIL TULANGAN PONDASI



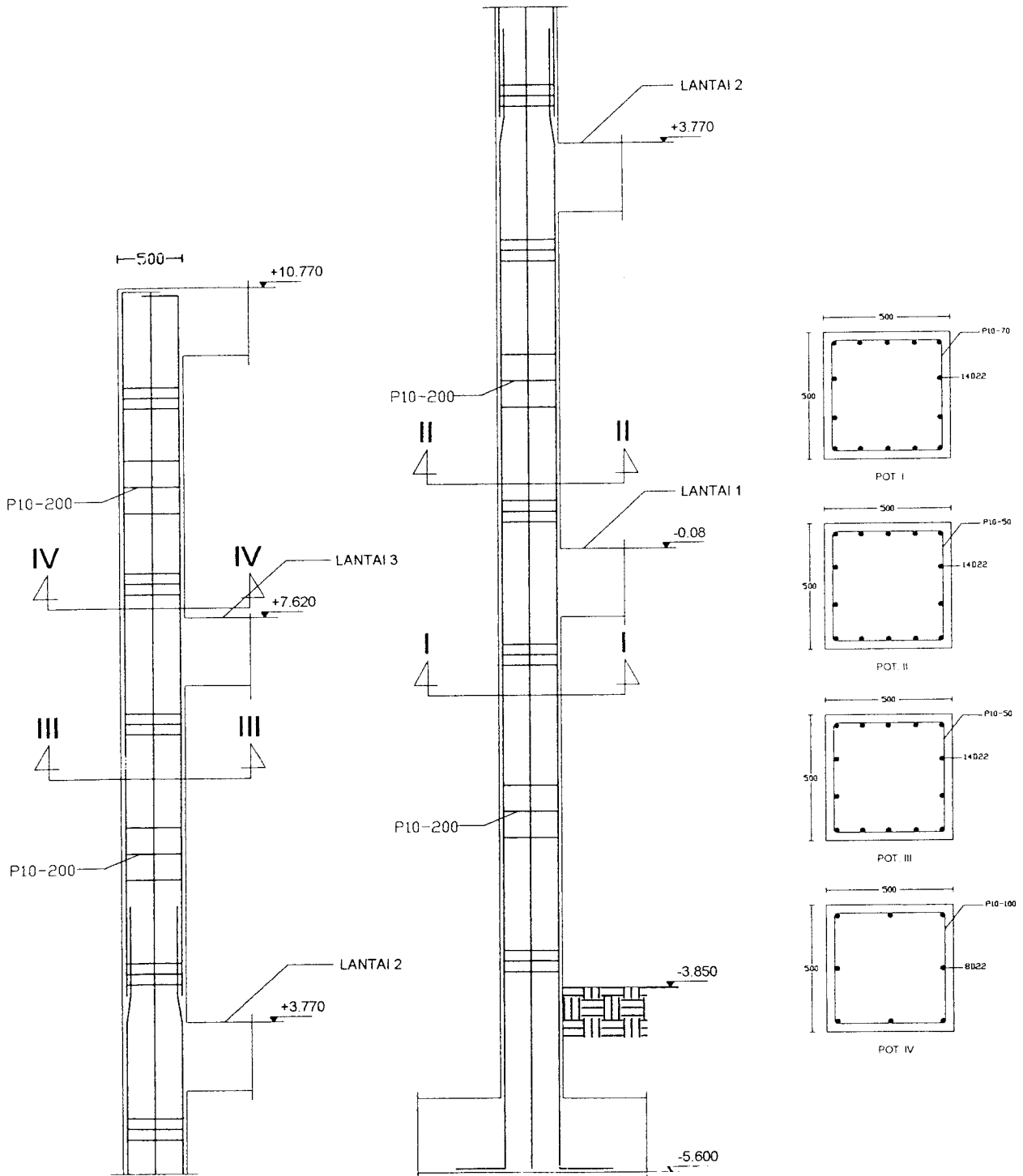
GAMBAR 2.1 DENAH RENCANA TIPE KOLOM LT. BASEMENT, 1, 2, 3



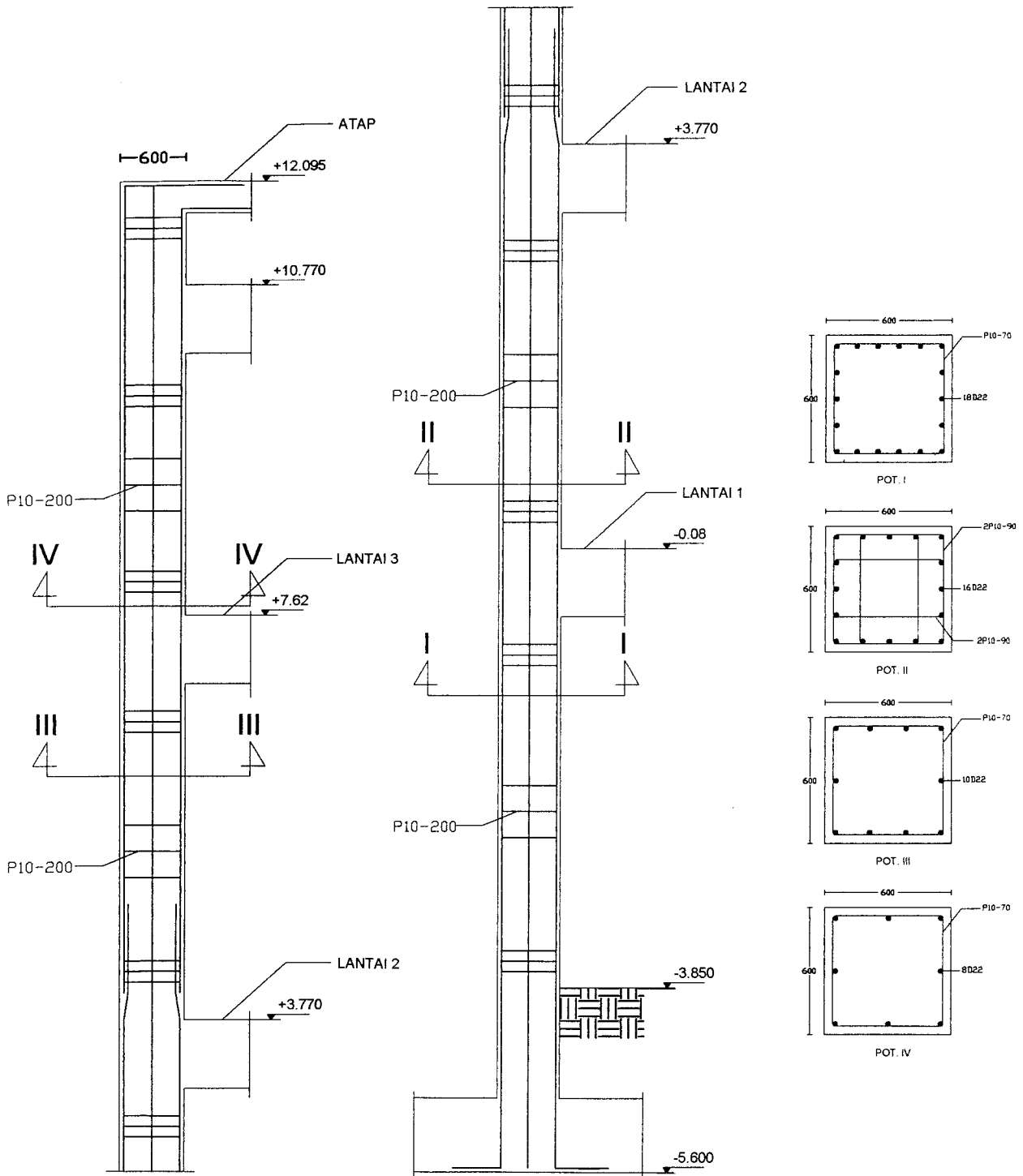
GAMBAR 2.2 DETAIL PENULANGAN KOLOM K1



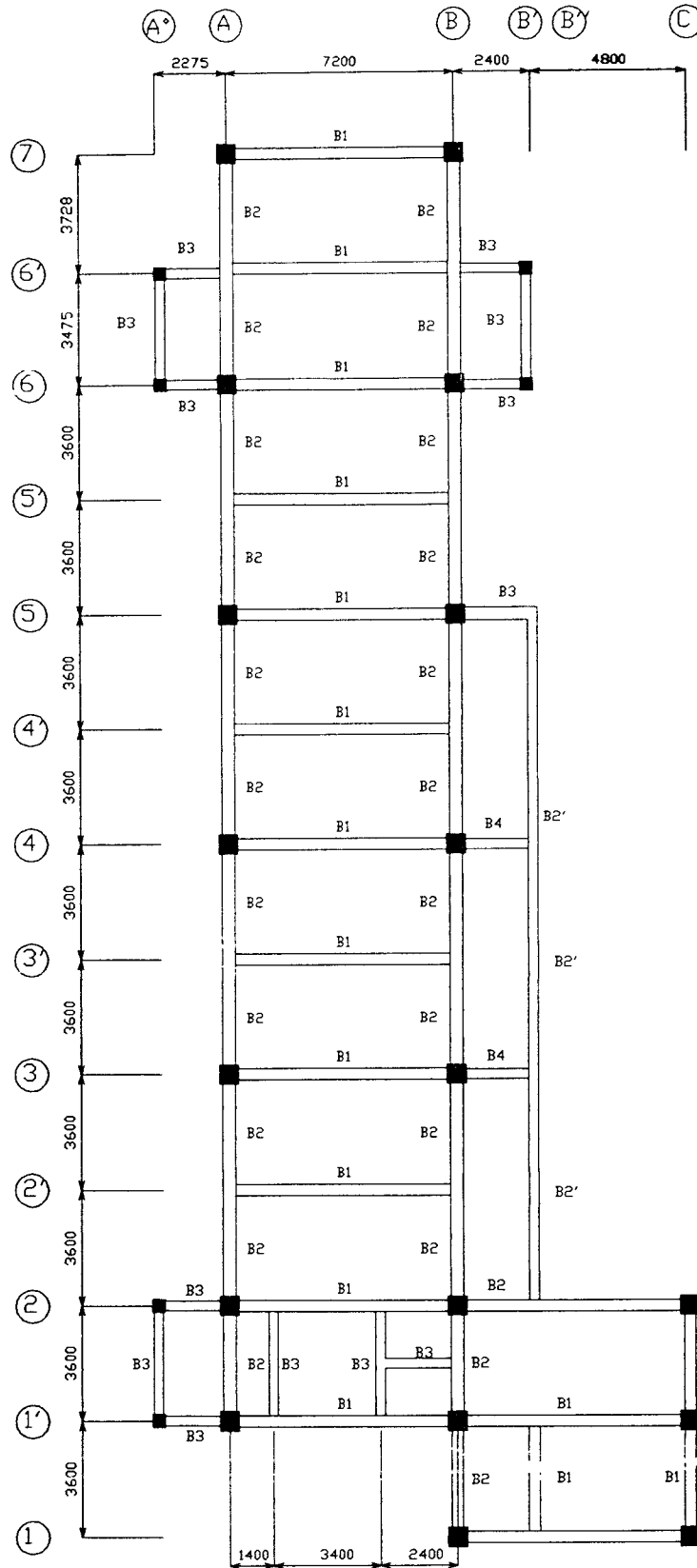
GAMBAR 2.3 DETAIL PENULANGAN KOLOM K2



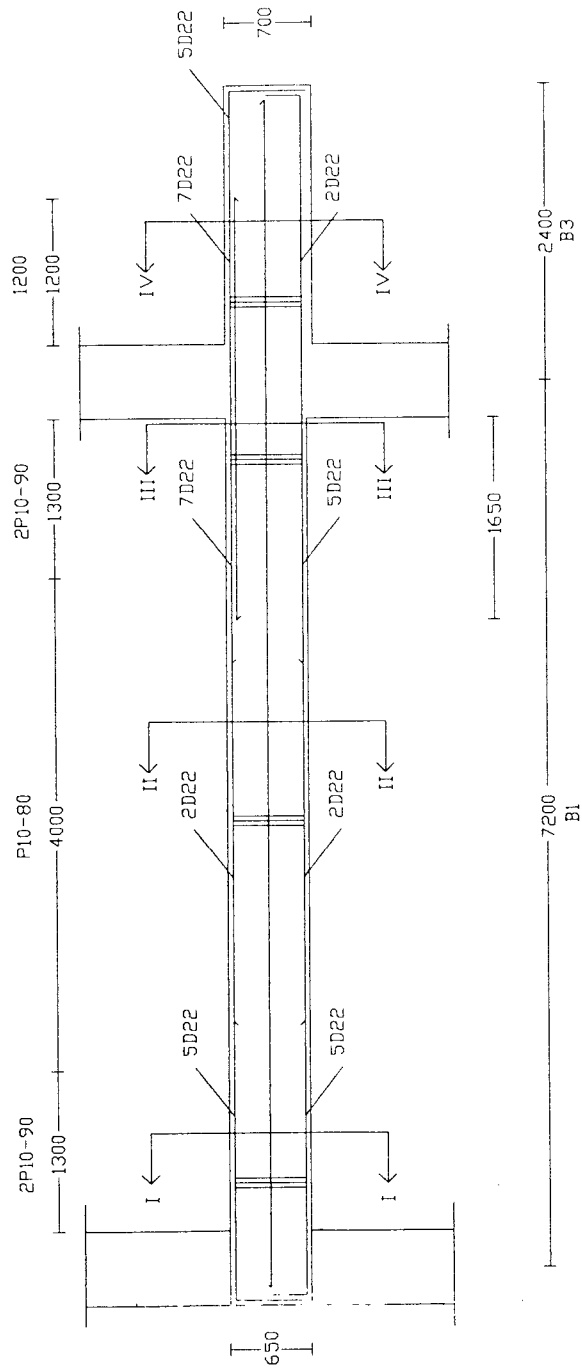
GAMBAR 2.4 DETAIL PENULANGAN KOLOM K3



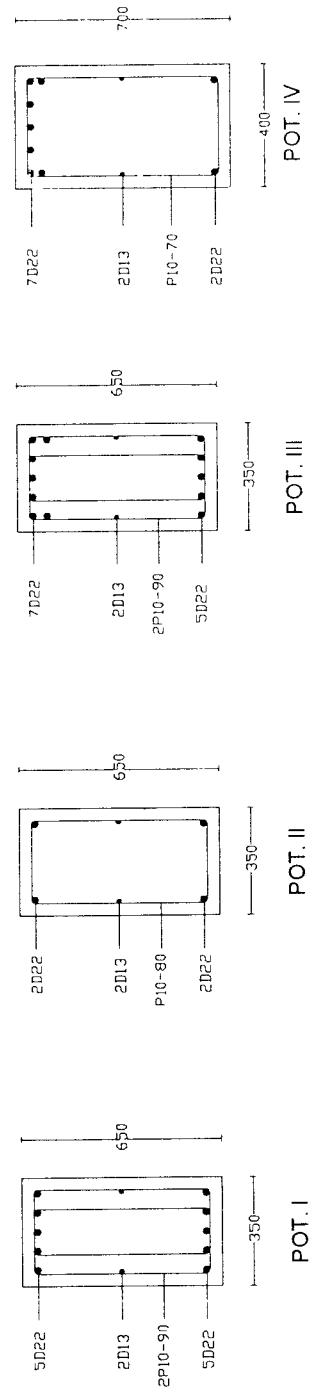
Gambar 2.5 DETAIL PENULANGAN KOLOM K4

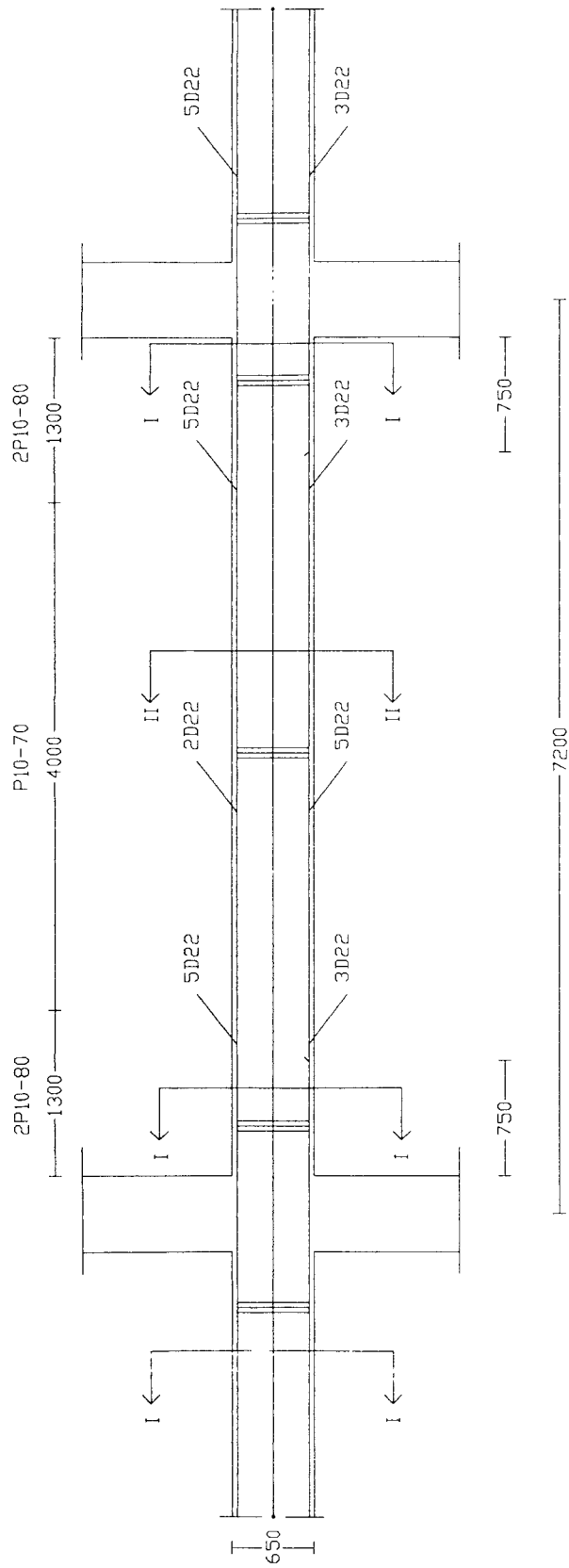


GAMBAR 3.1 DENAH RENCANA TIPE BALOK LT 1, 2, DAN 3

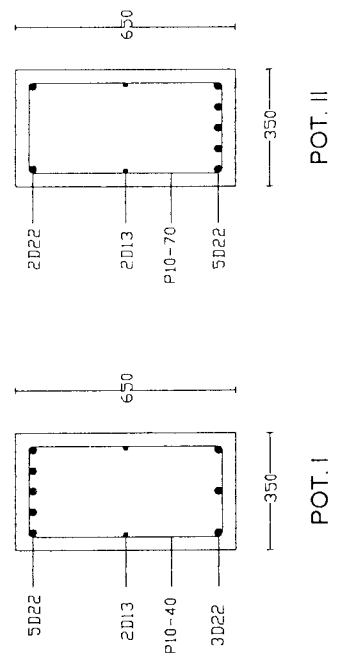


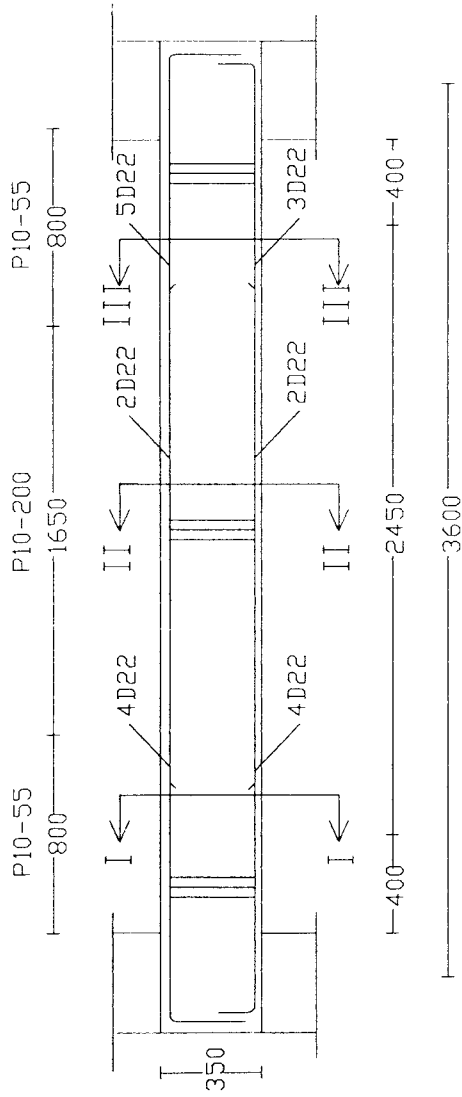
GAMBAR 3.2 DETAIL TULANGAN BALOK AS A4-B'4



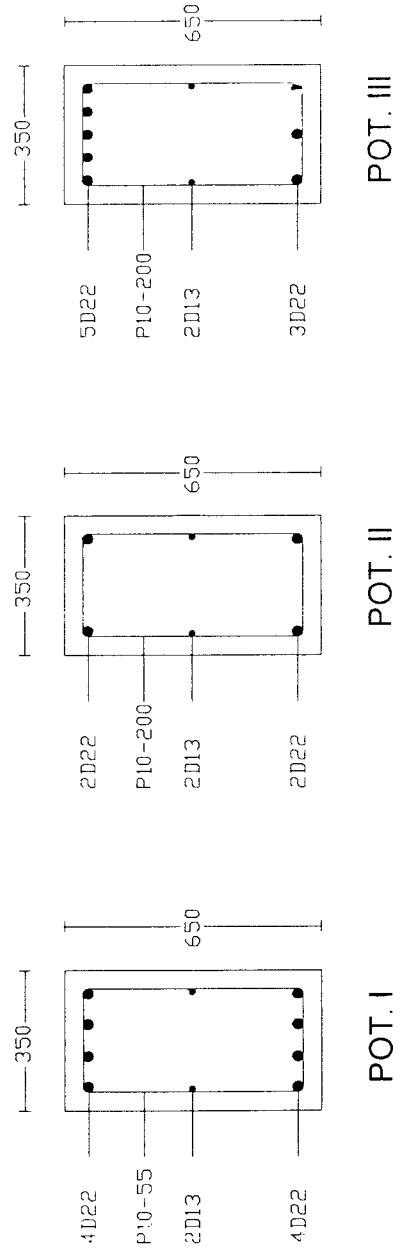


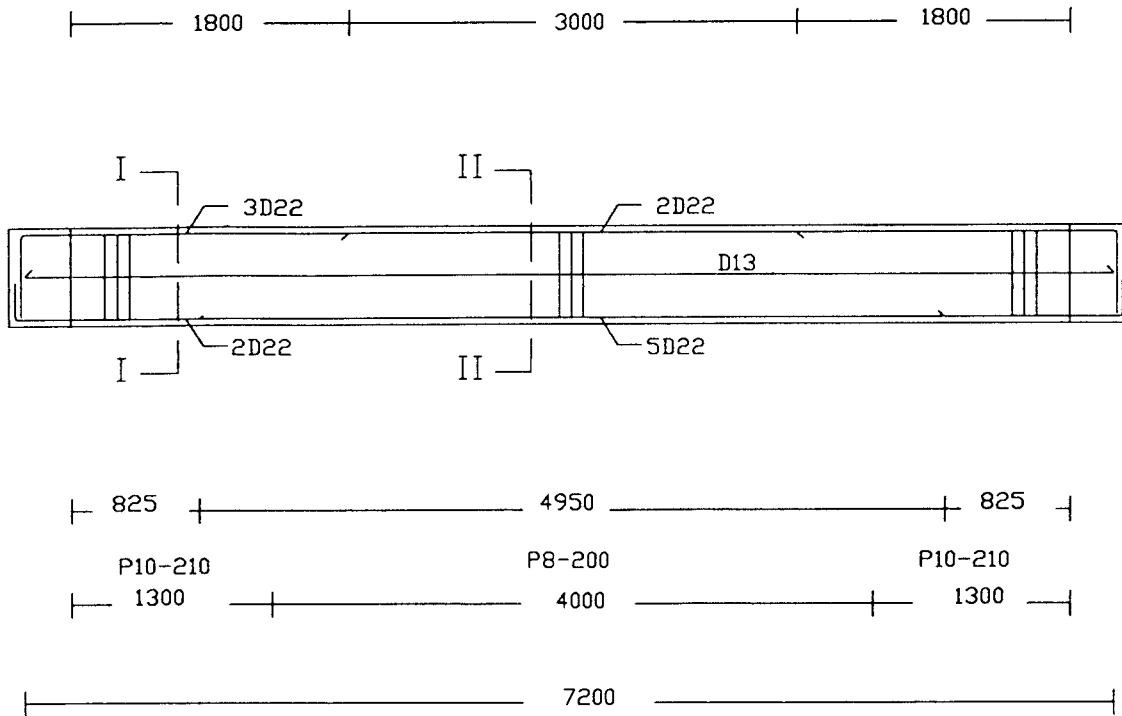
GAMBAR 3.3 DETAIL TULANGAN BALOK B2 AS A3-A4



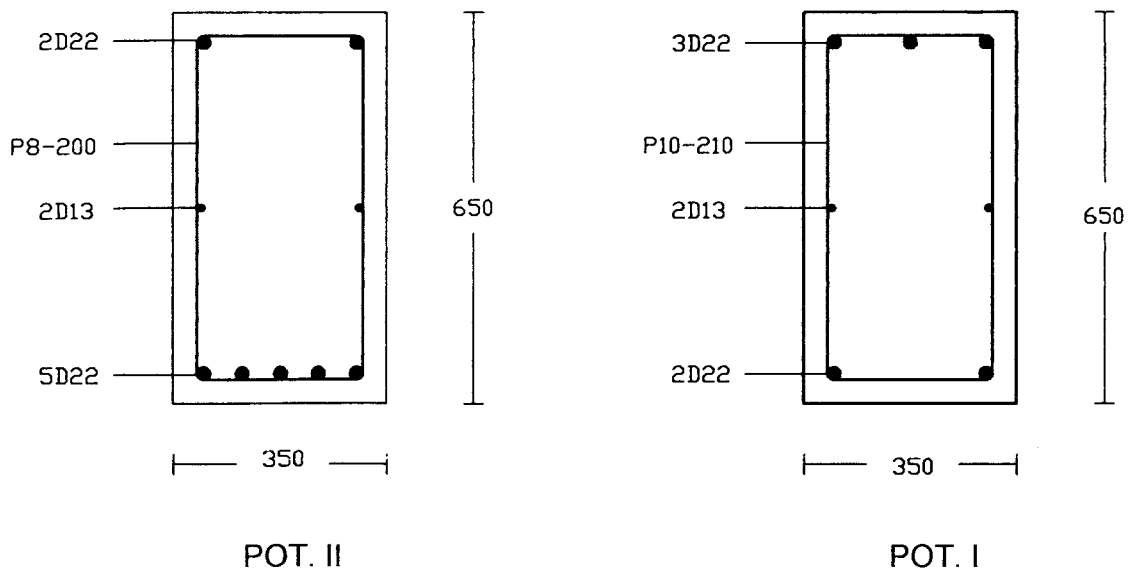


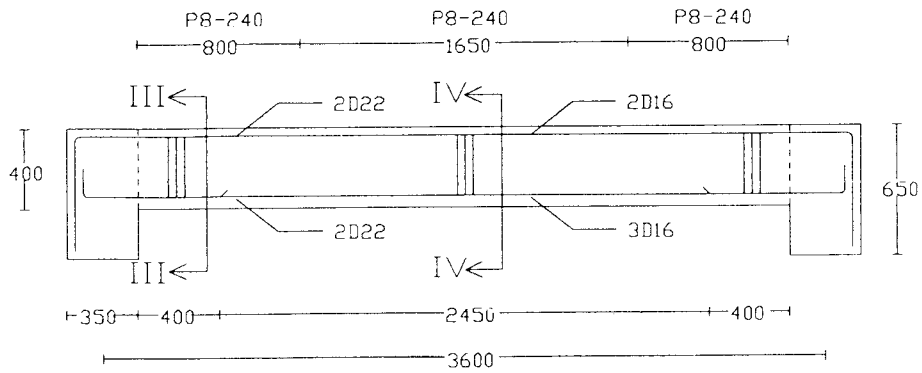
GAMBAR 3.4 DETAIL TULANGAN BALOK AS A°1' - A°2



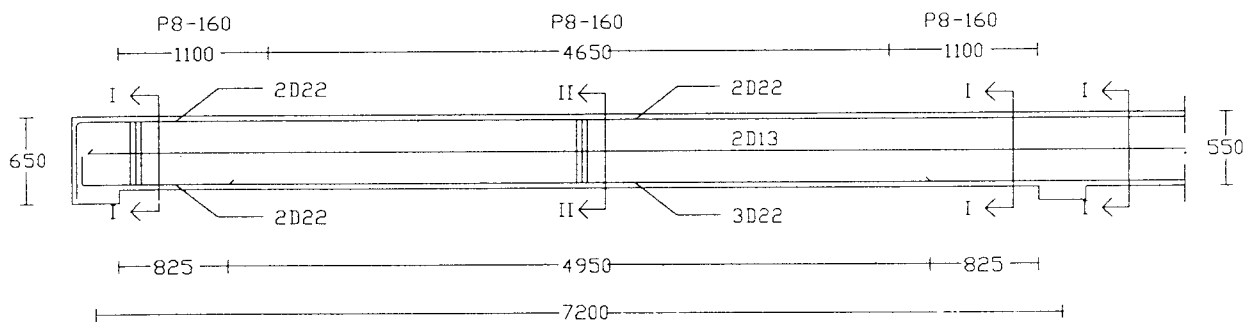


GAMBAR 3.5 DETAIL TULANGAN BALOK ANAK B1'

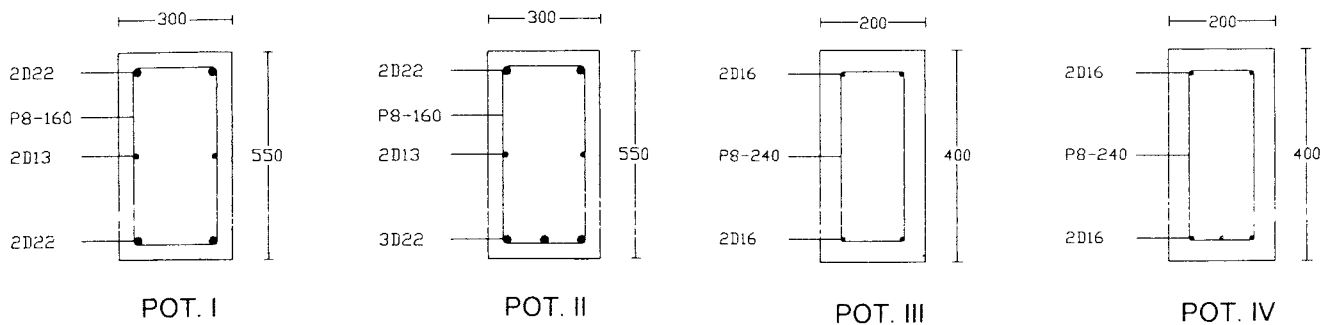


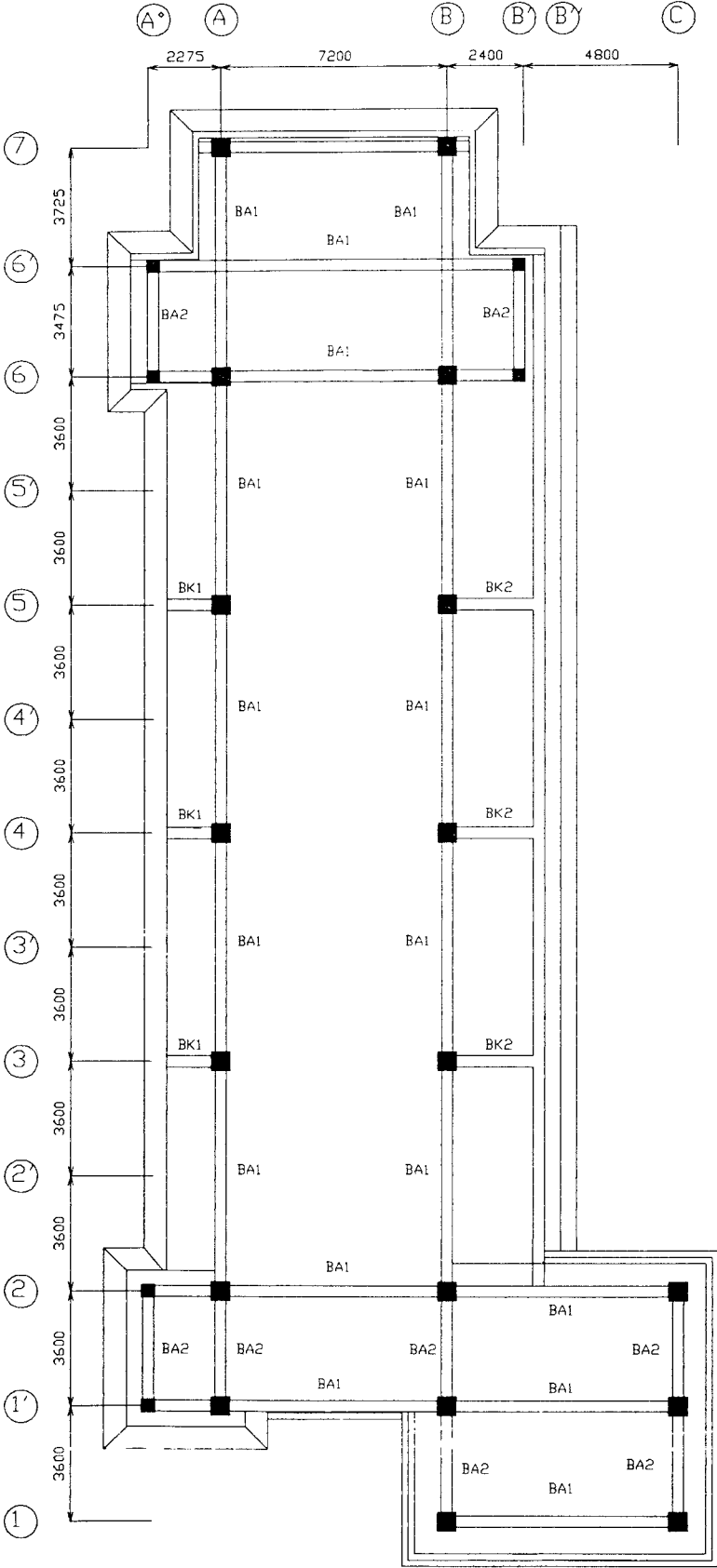


GAMBAR 3.6 DETAIL TULANGAN BALOK ANAK B3'

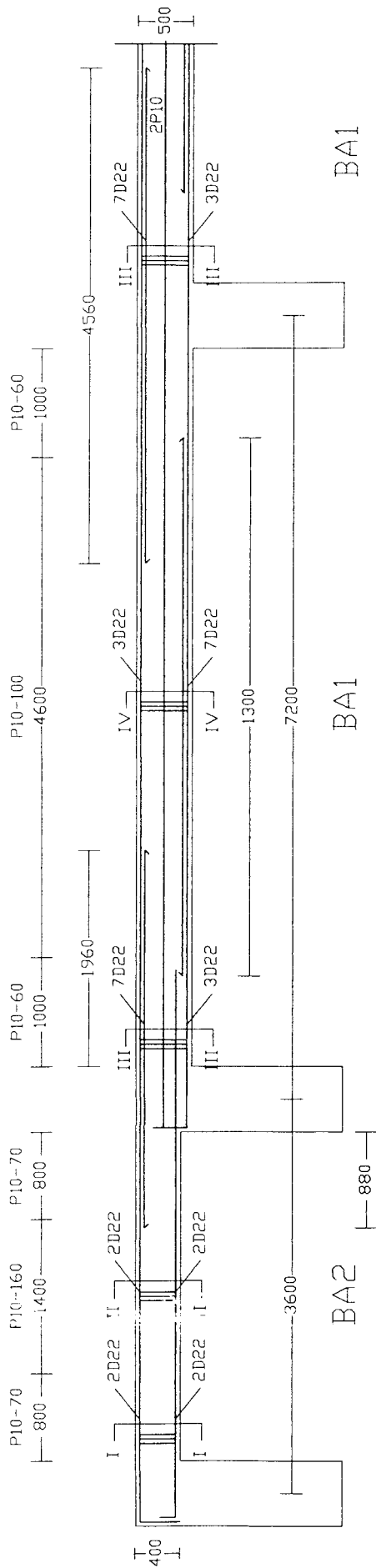


GAMBAR 3.7 DETAIL TULANGAN BALOK ANAK B2'

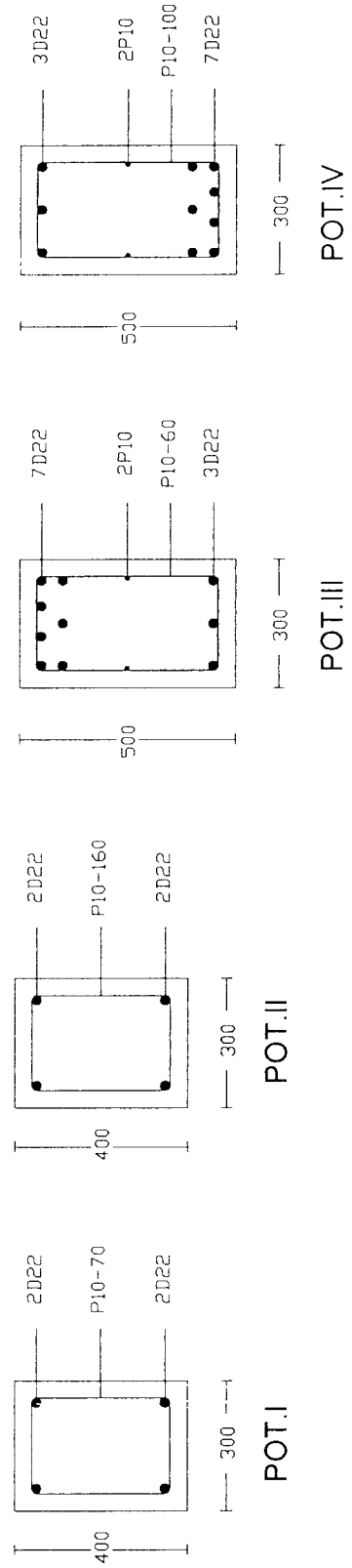


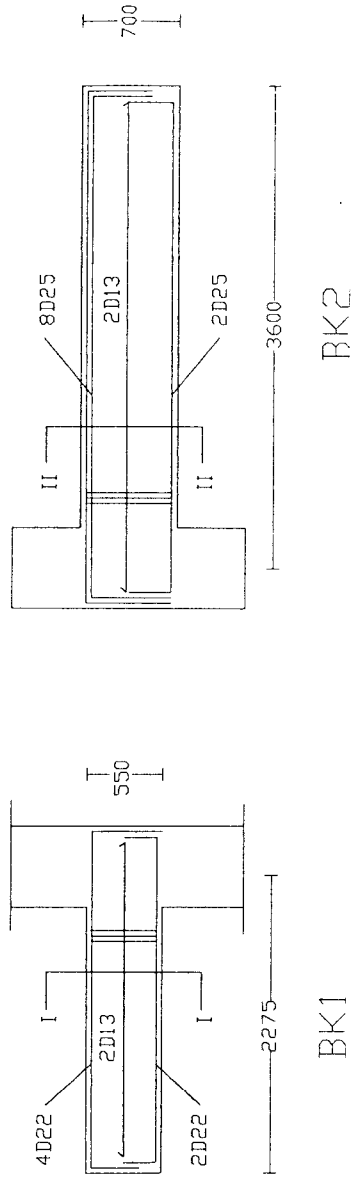


GAMBAR 3.8 DENAH RENCANA TIPE BALOK ATAP

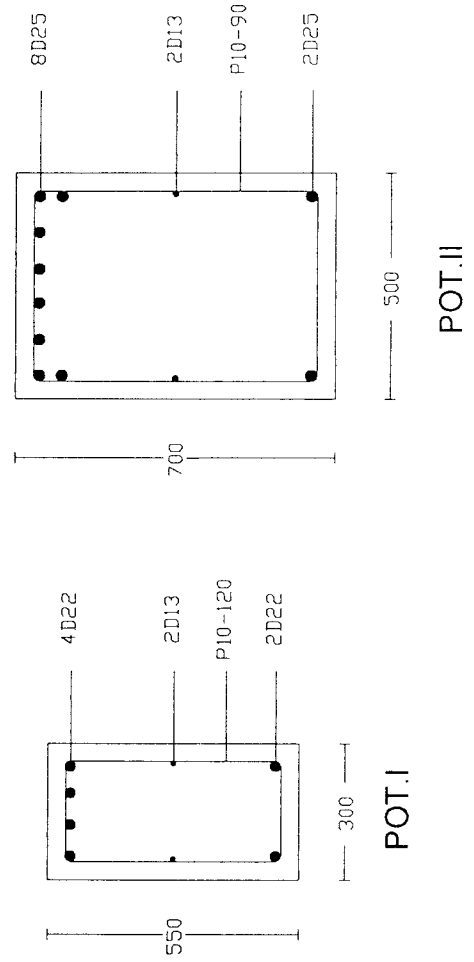


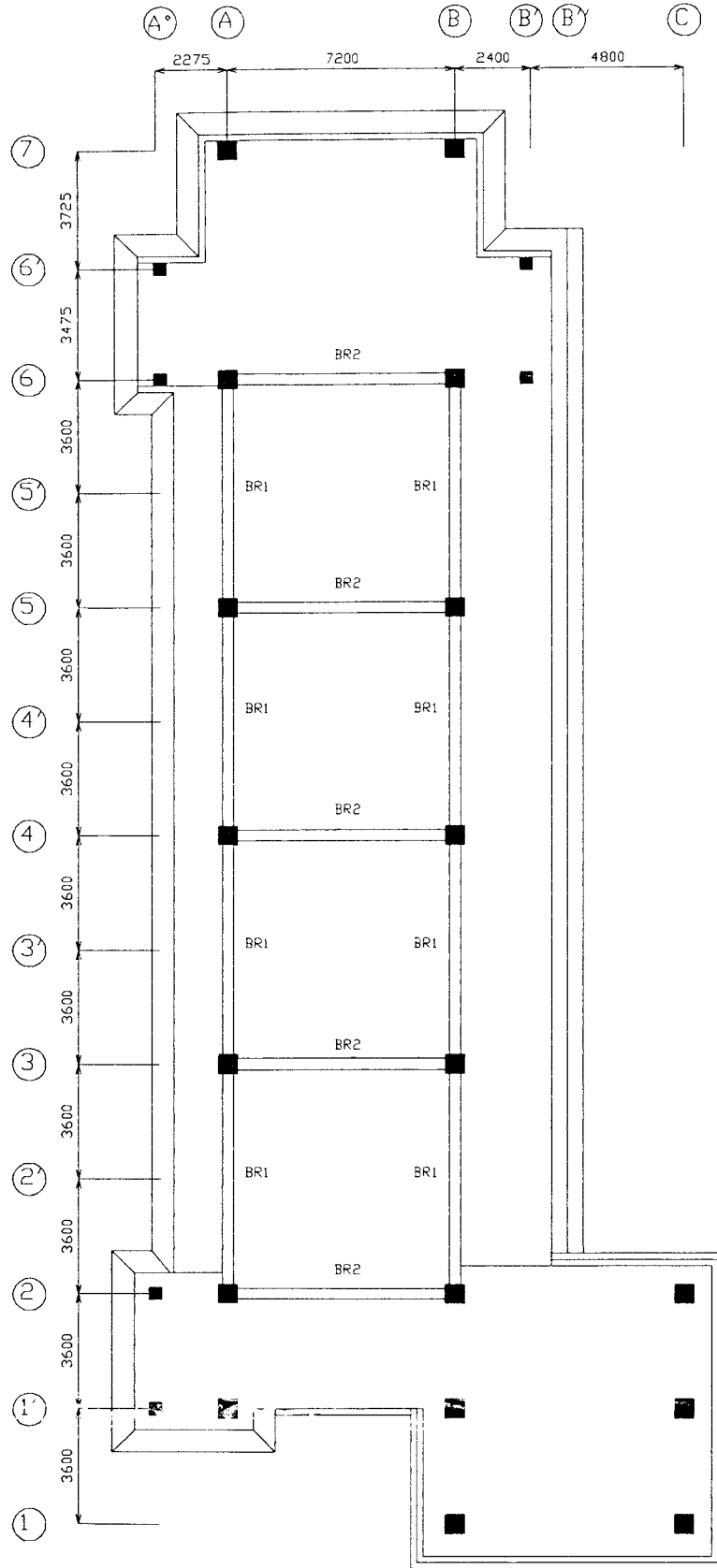
GAMBAR 3.9 DETAIL TULANGAN BALOK ATAP TIPE BA1, BA2



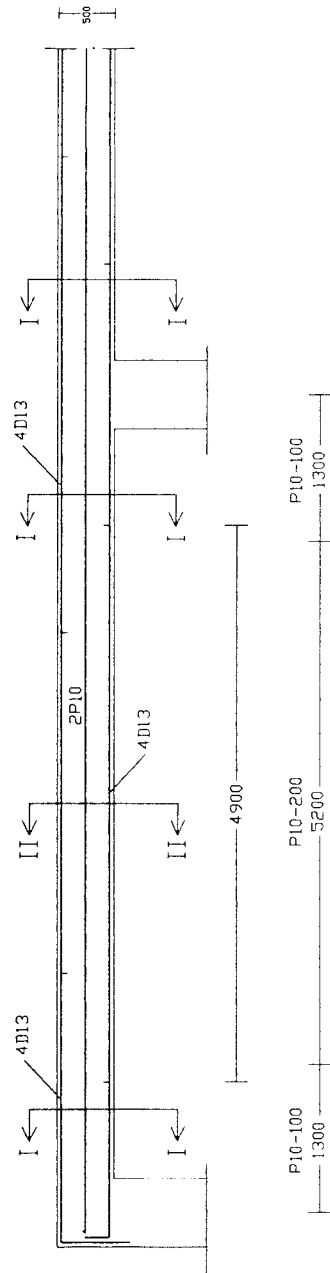


GAMBAR 3.10 DETAIL TULANGAN BALOK TIPE BK1, BK2

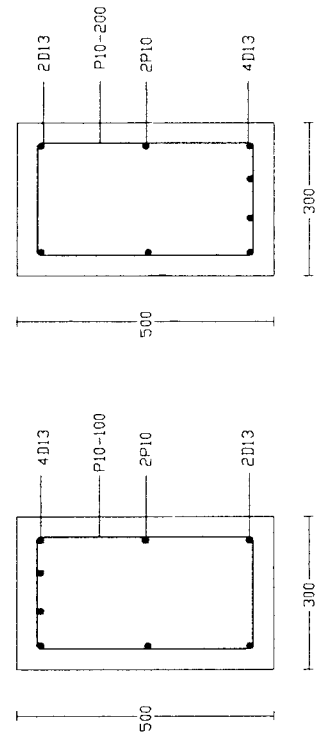




GAMBAR 3.11 DENAH RENCANA BALOK RING

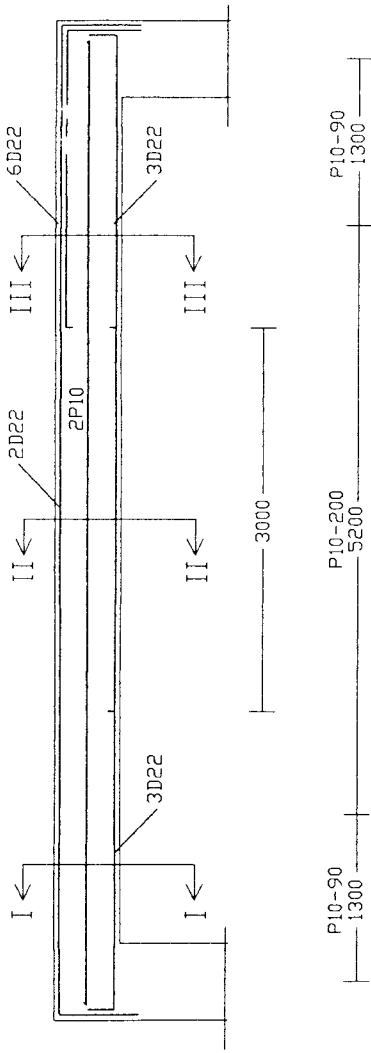


GAMBAR 3.12 DETAIL TULANGAN BALOK TIPE BR1

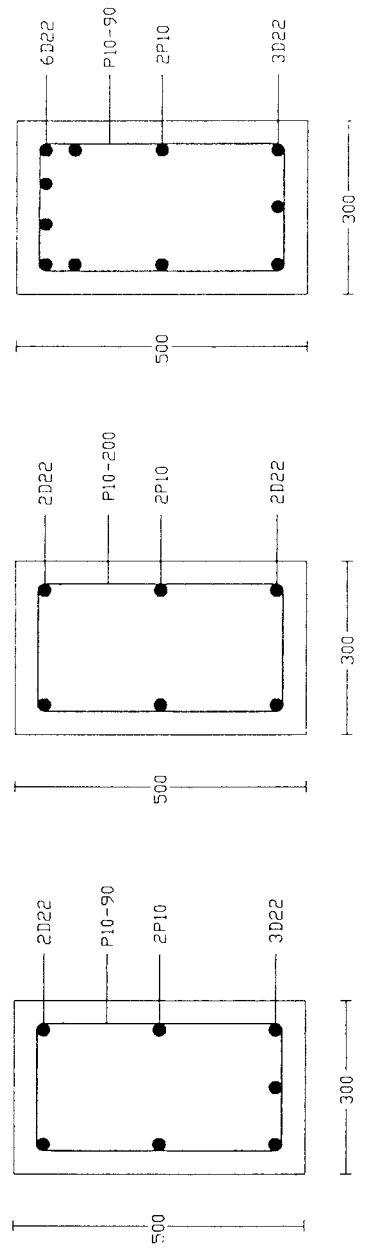


POT. I

POT. II



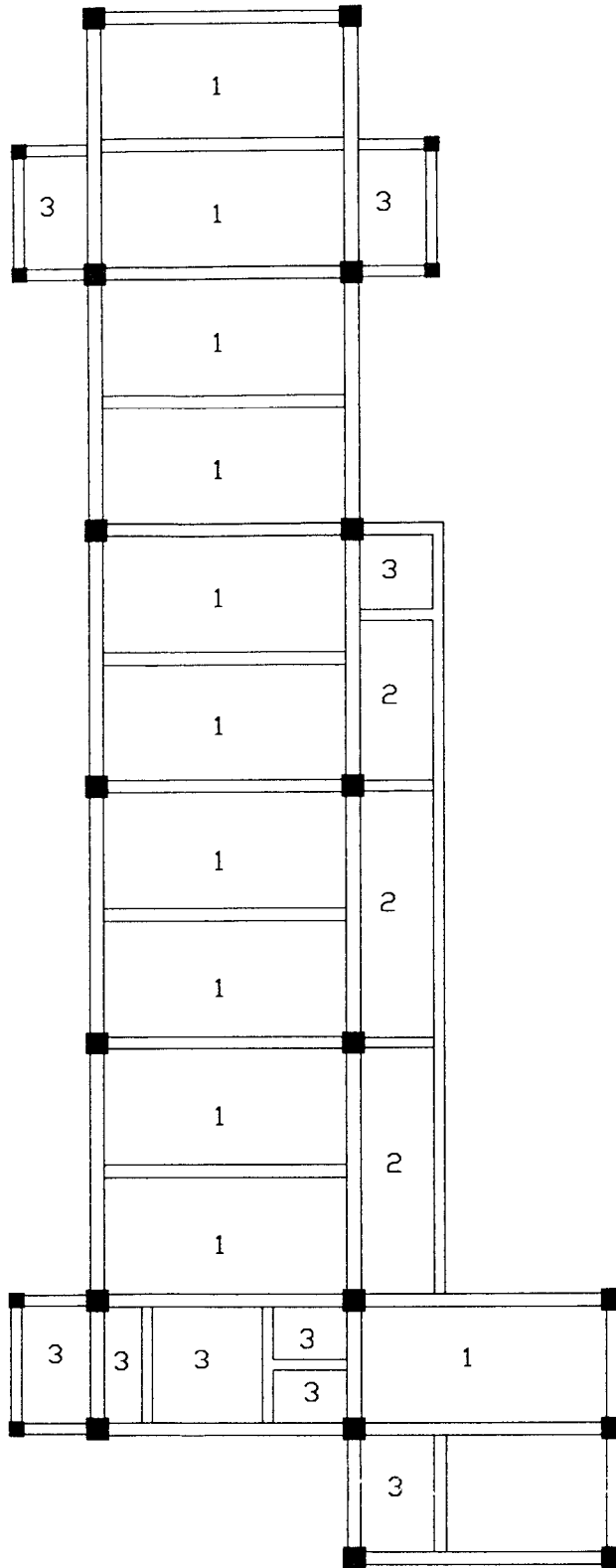
GAMBAR 3.13 DETAIL TULANGAN BALOK TYPE BR2



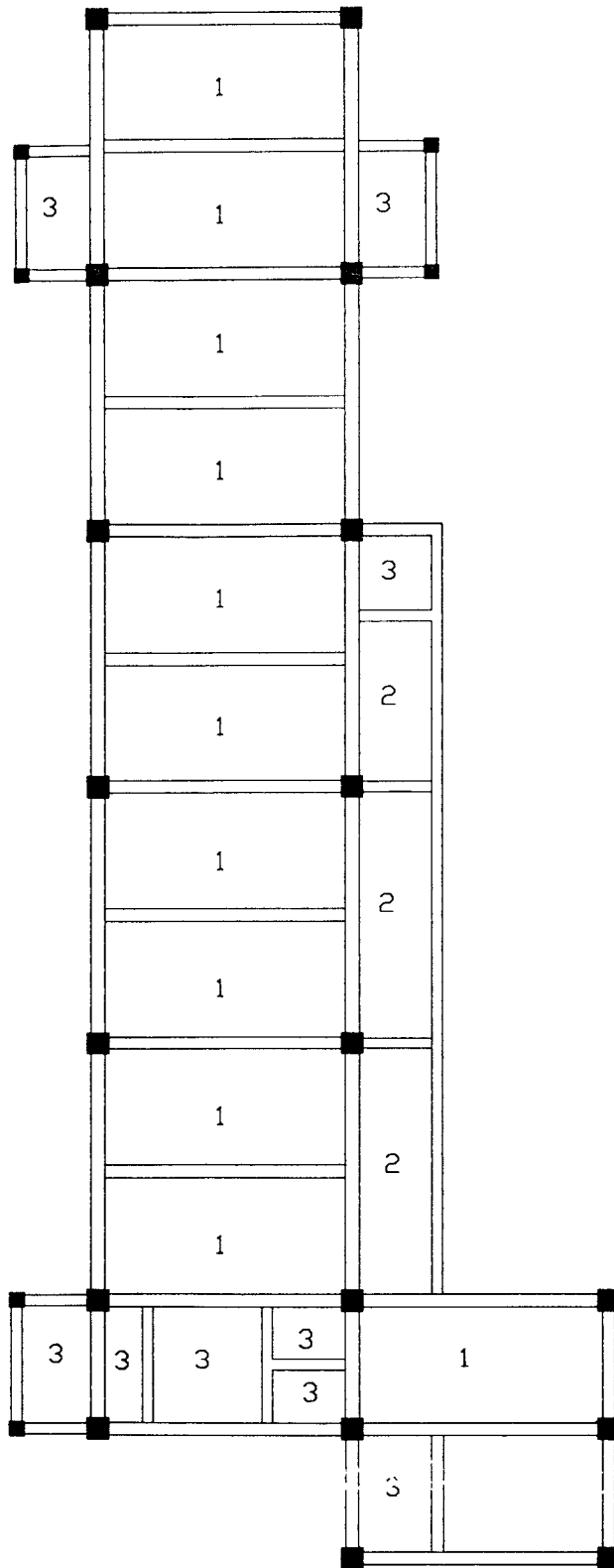
POT. I

POT. II

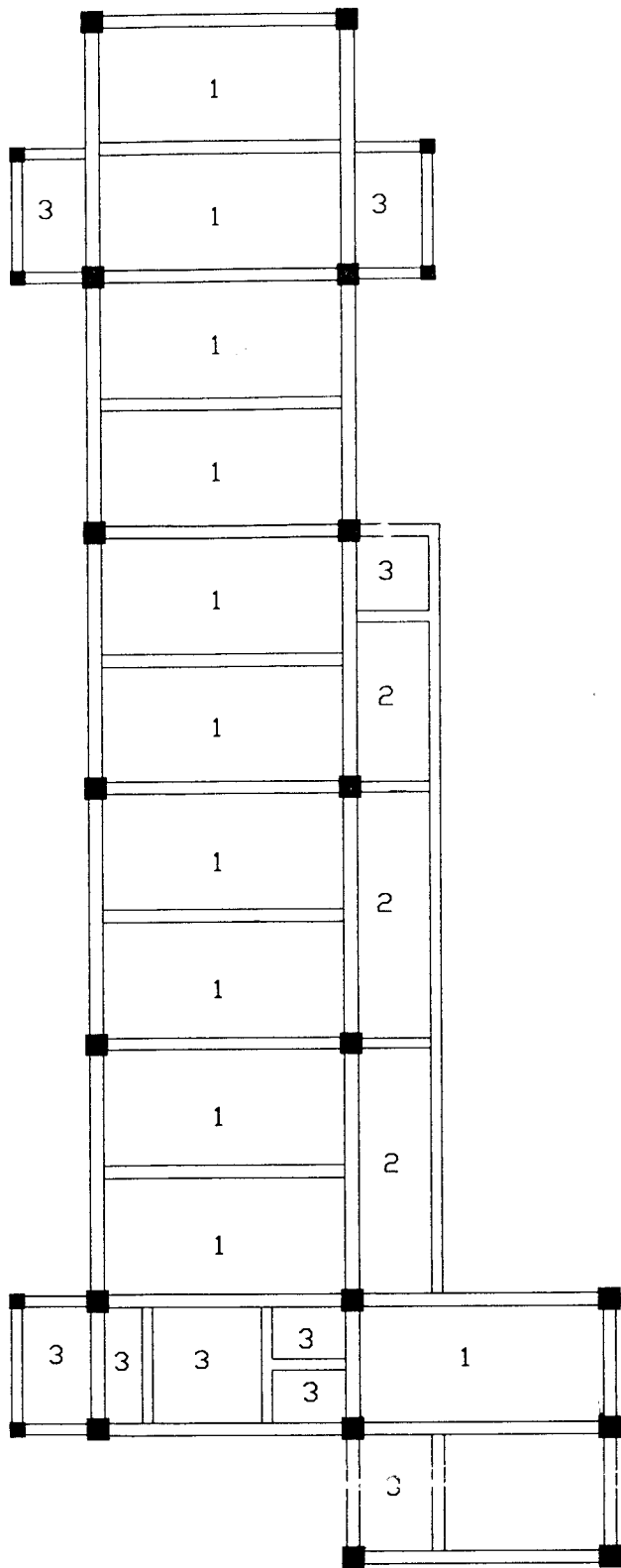
POT. III



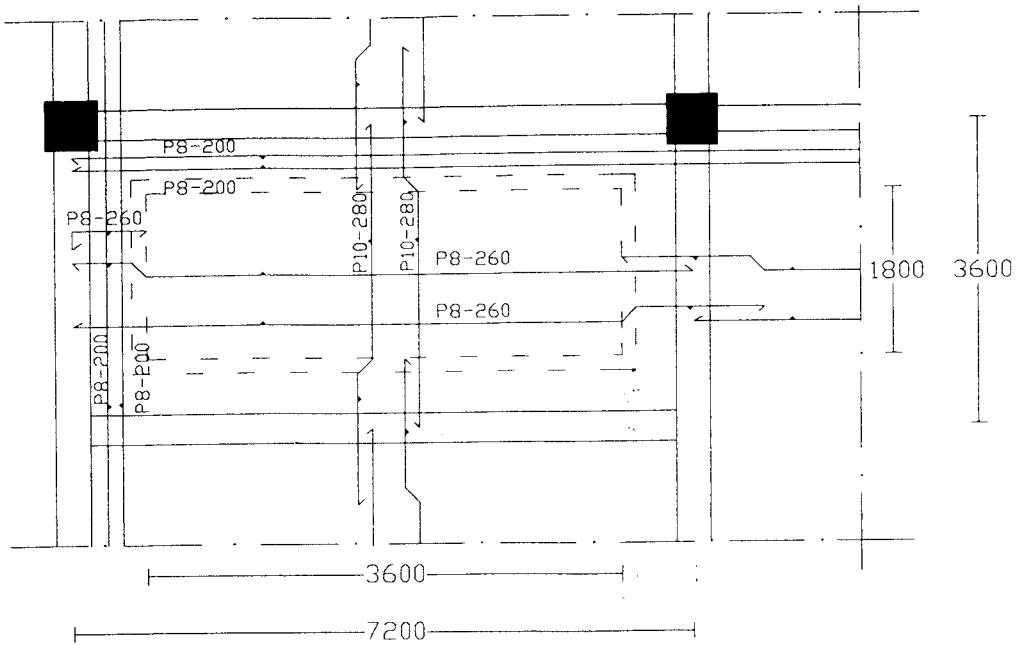
GAMBAR 4.1 DENAH RENCANA TIPE PELAT LT.1



GAMBAR 4.2 DENAH RENCANA TIPE PELAT LT.2

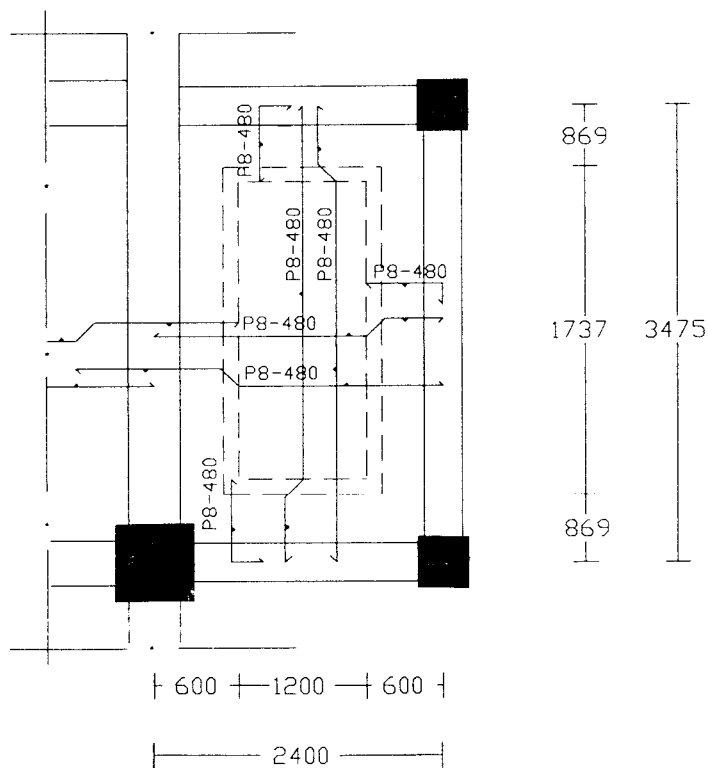


GAMBAR 4.3 DENAH RENCANA TIPE PELAT LT.3



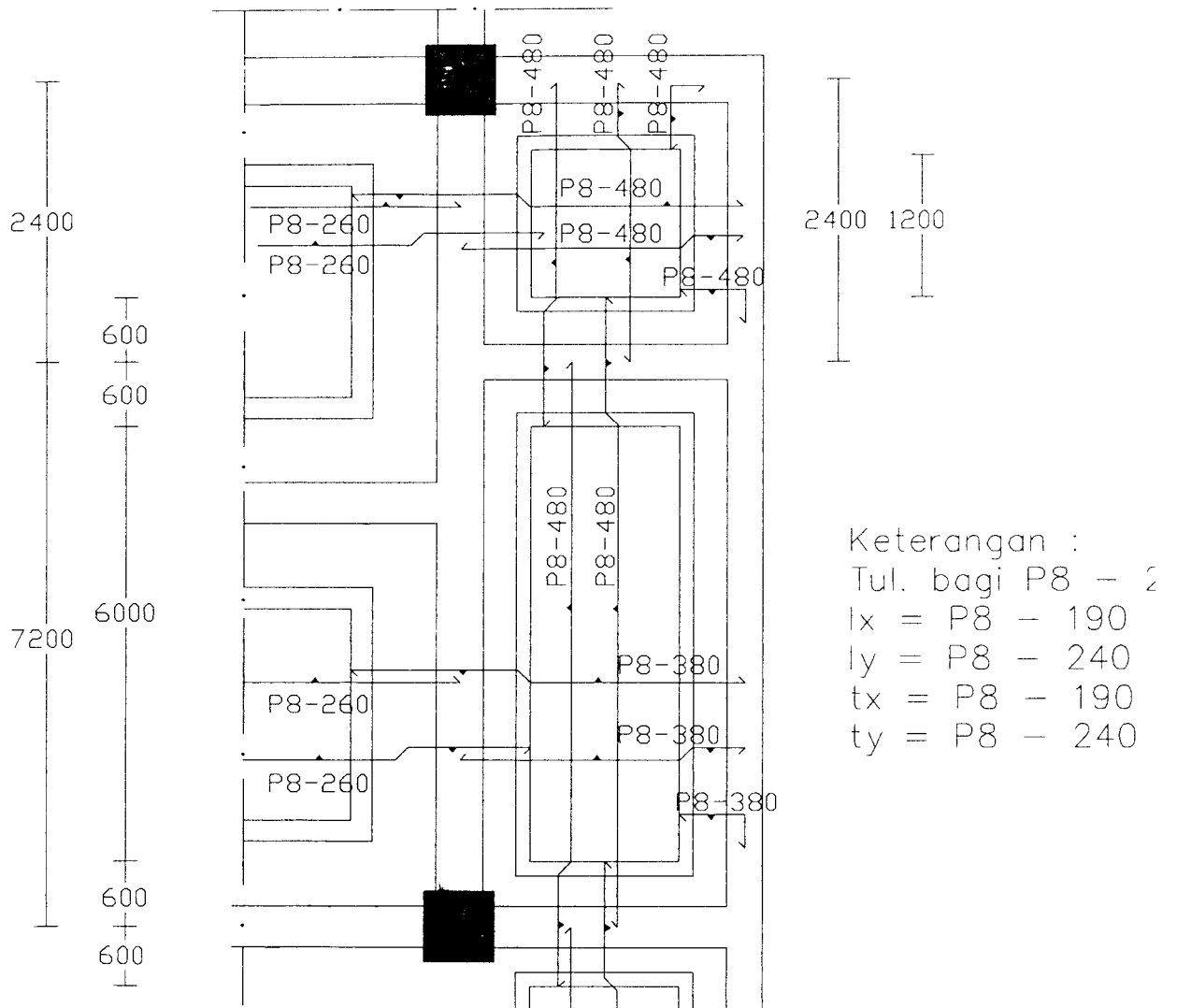
Keterangan :
 $l_x = t_x =$
 P10-280
 $l_y = t_y =$
 P8-130
 tul. bagi =
 P8-200

GAMBAR 4.4 DETAIL TULANGAN PELAT LANTAI TIPE - I

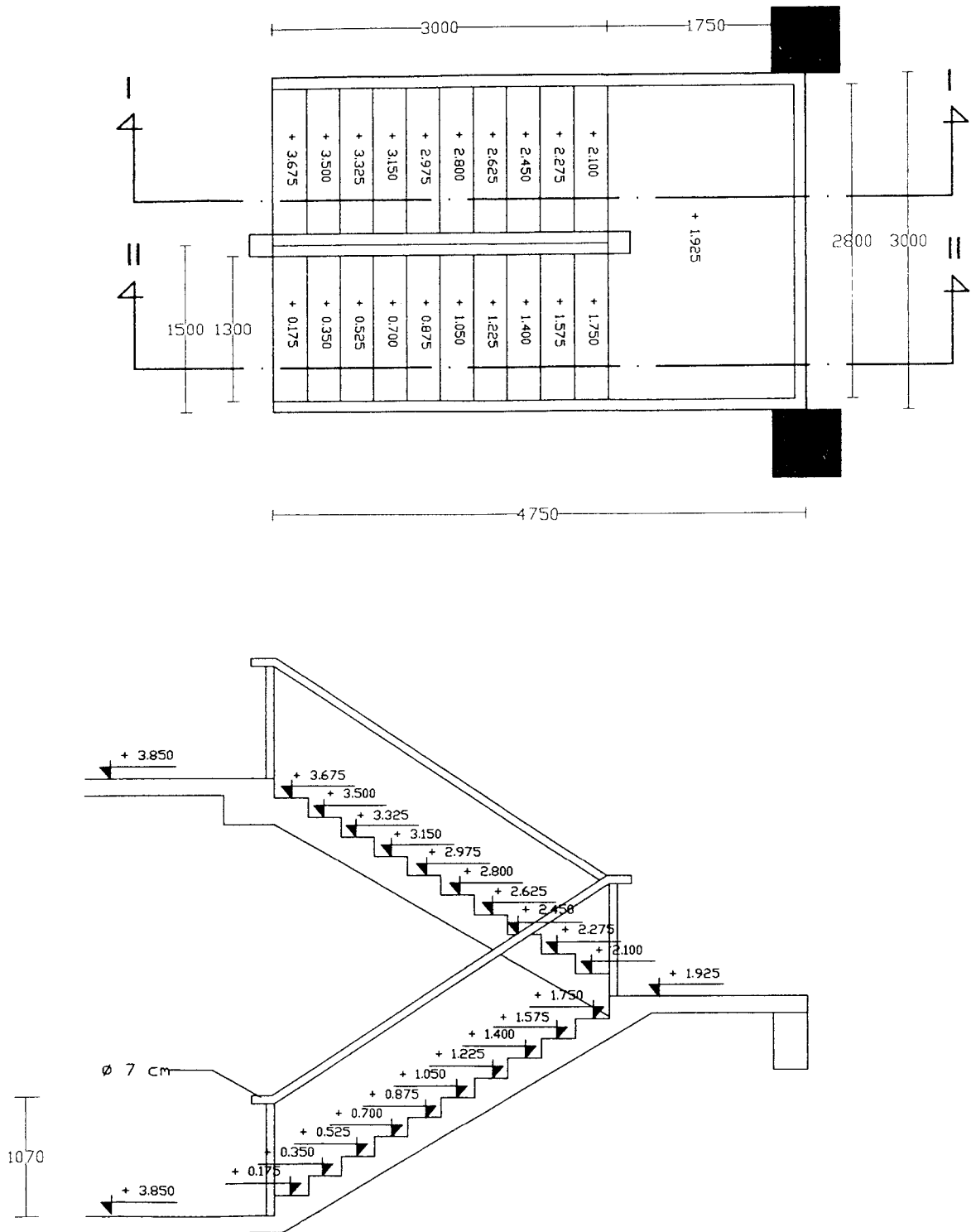


keterangan :
 $l_x = t_x =$
 P8-240
 $l_y = t_y =$
 P8-240
 tul. bagi =
 P8-200

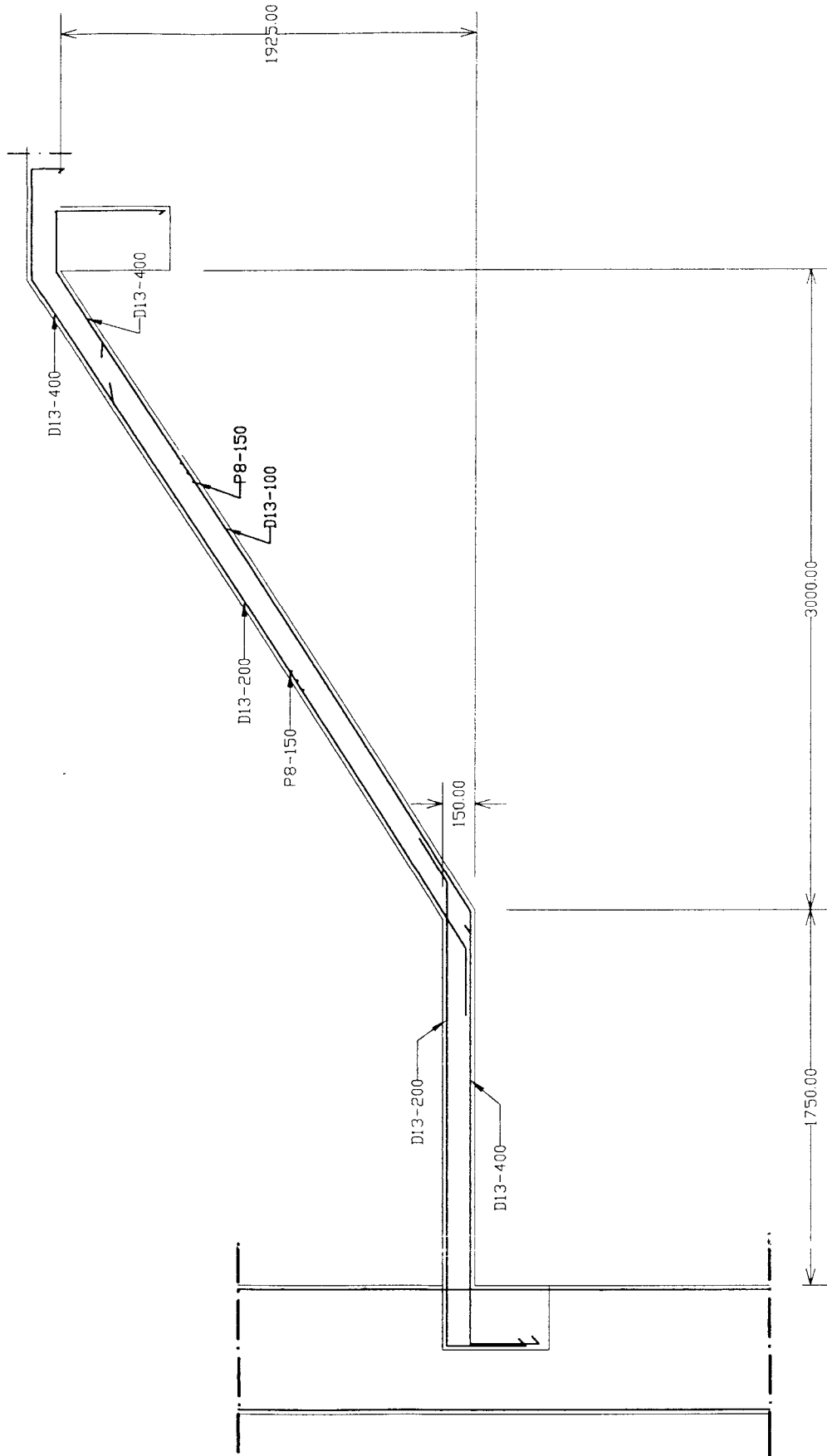
GAMBAR 4.5 DETAIL TULANGAN PELAT LANTAI TIPE - 3



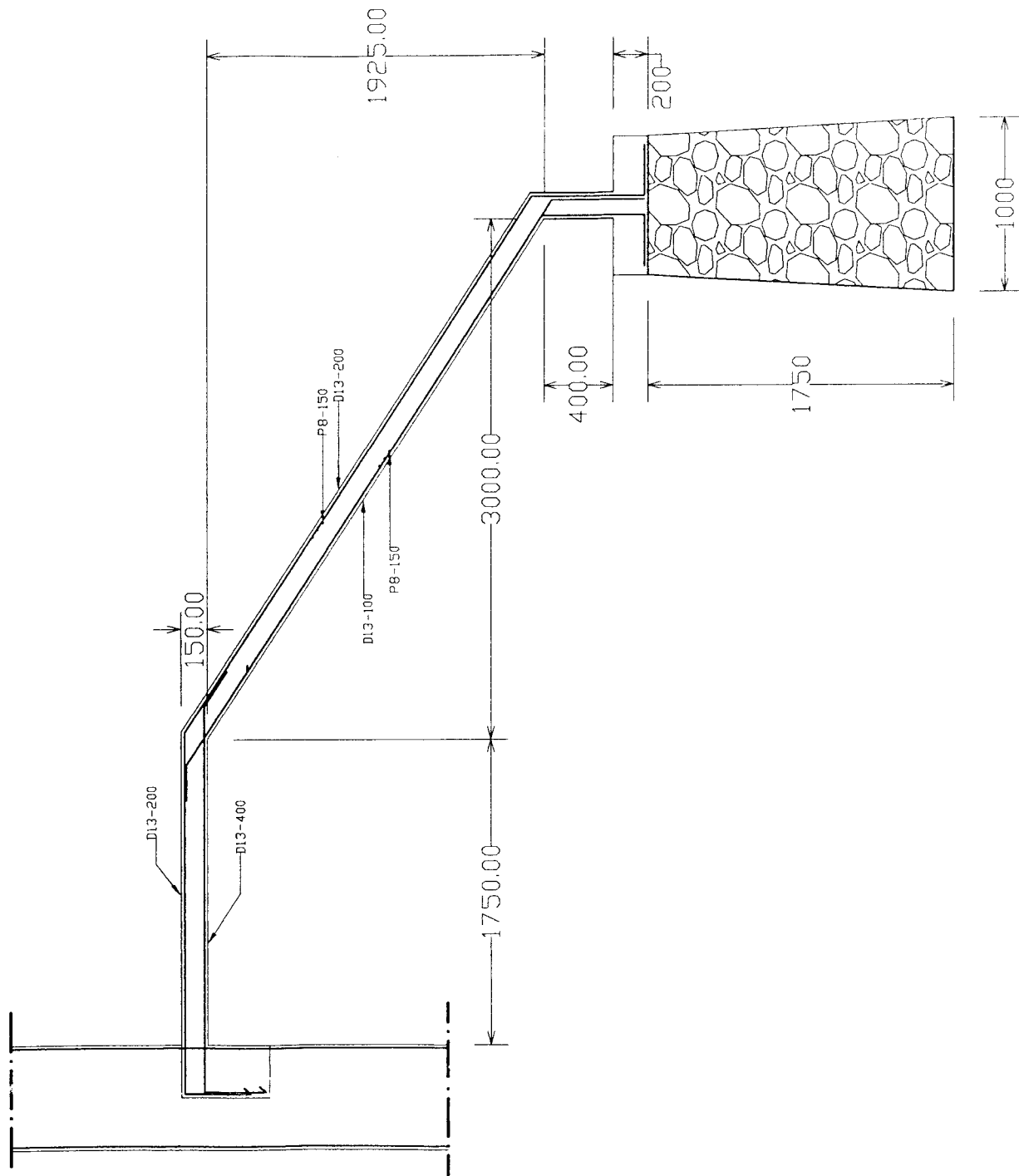
GAMBAR 4.6 DETAIL TULANGAN PELAT LANTAI TIPE - 2



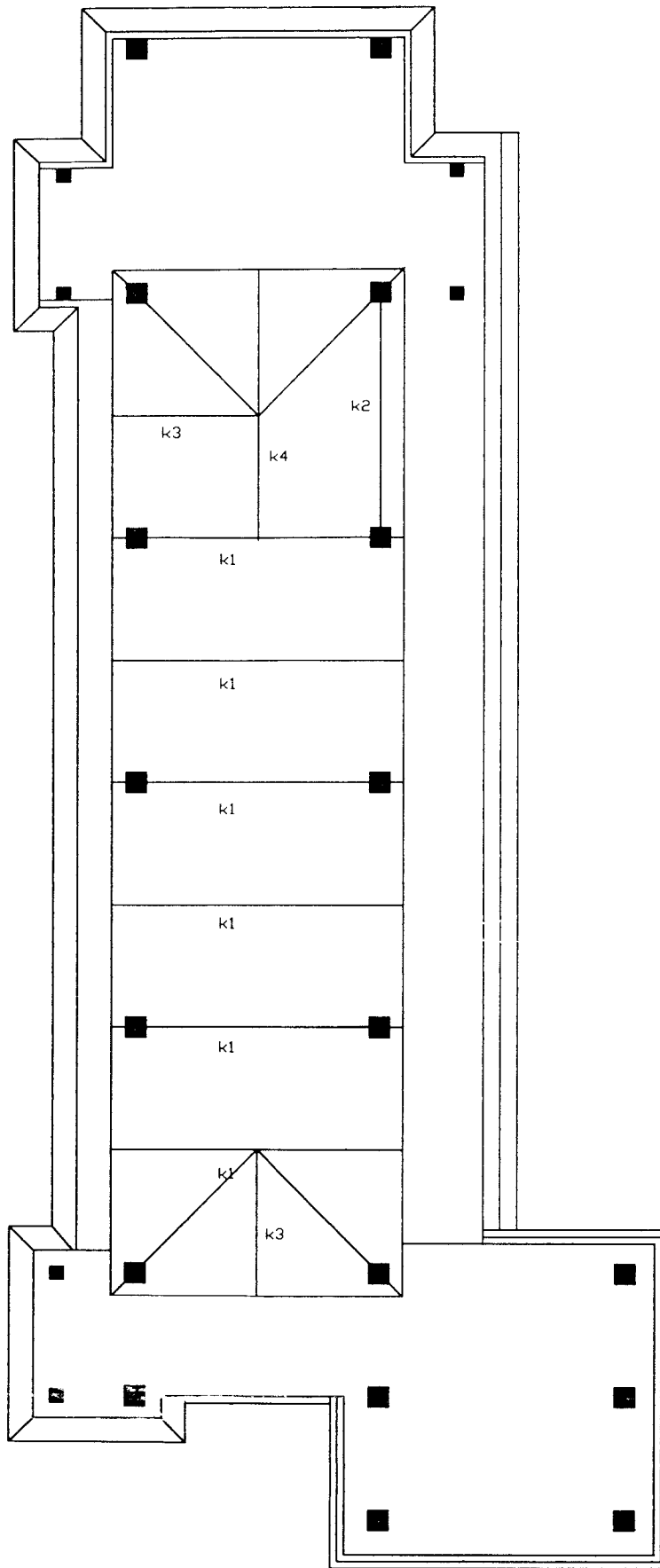
GAMBAR 5.1 DETAIL TANGGA



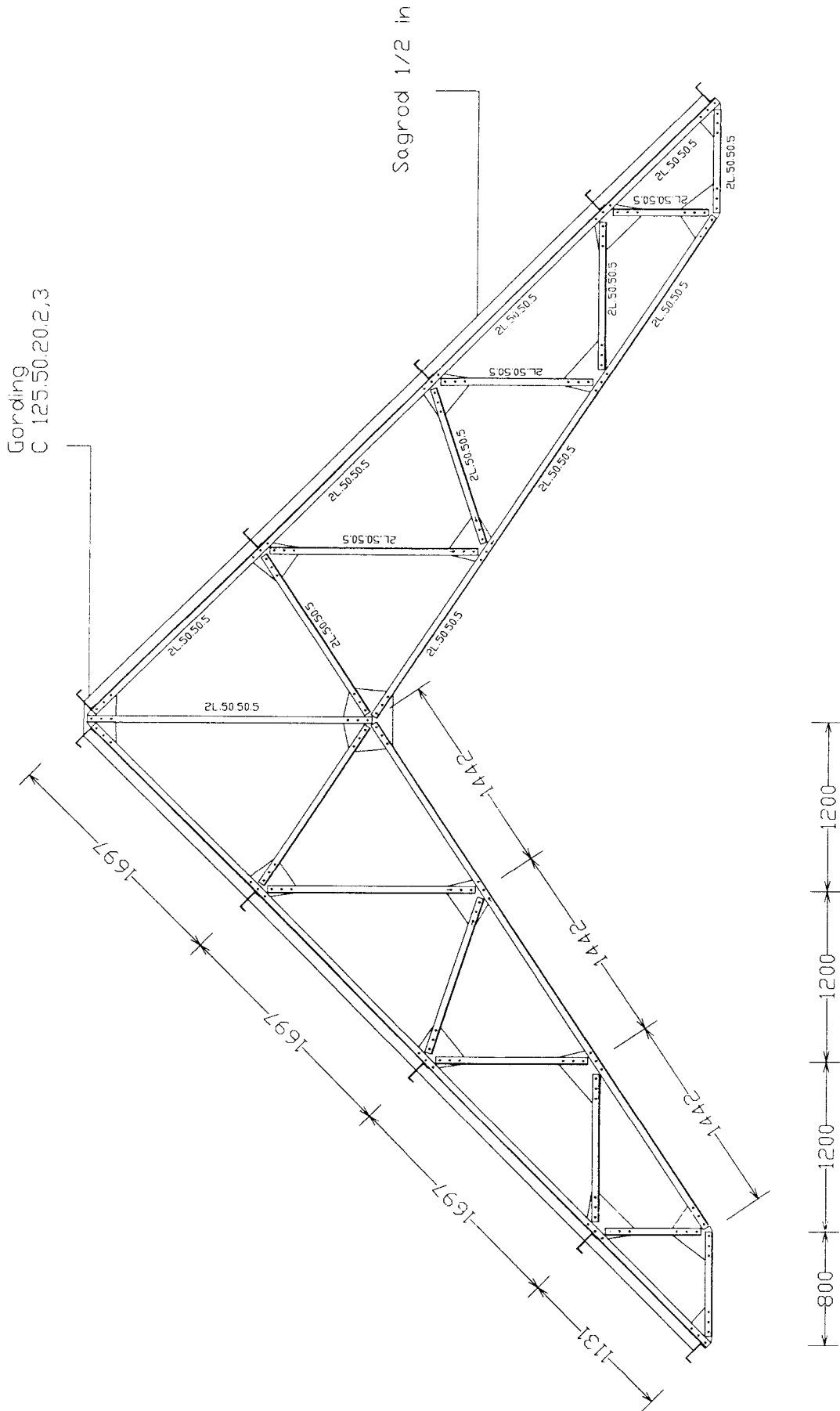
GAMBAR 5.2 POT. I - I PENULANGAN TANGGA



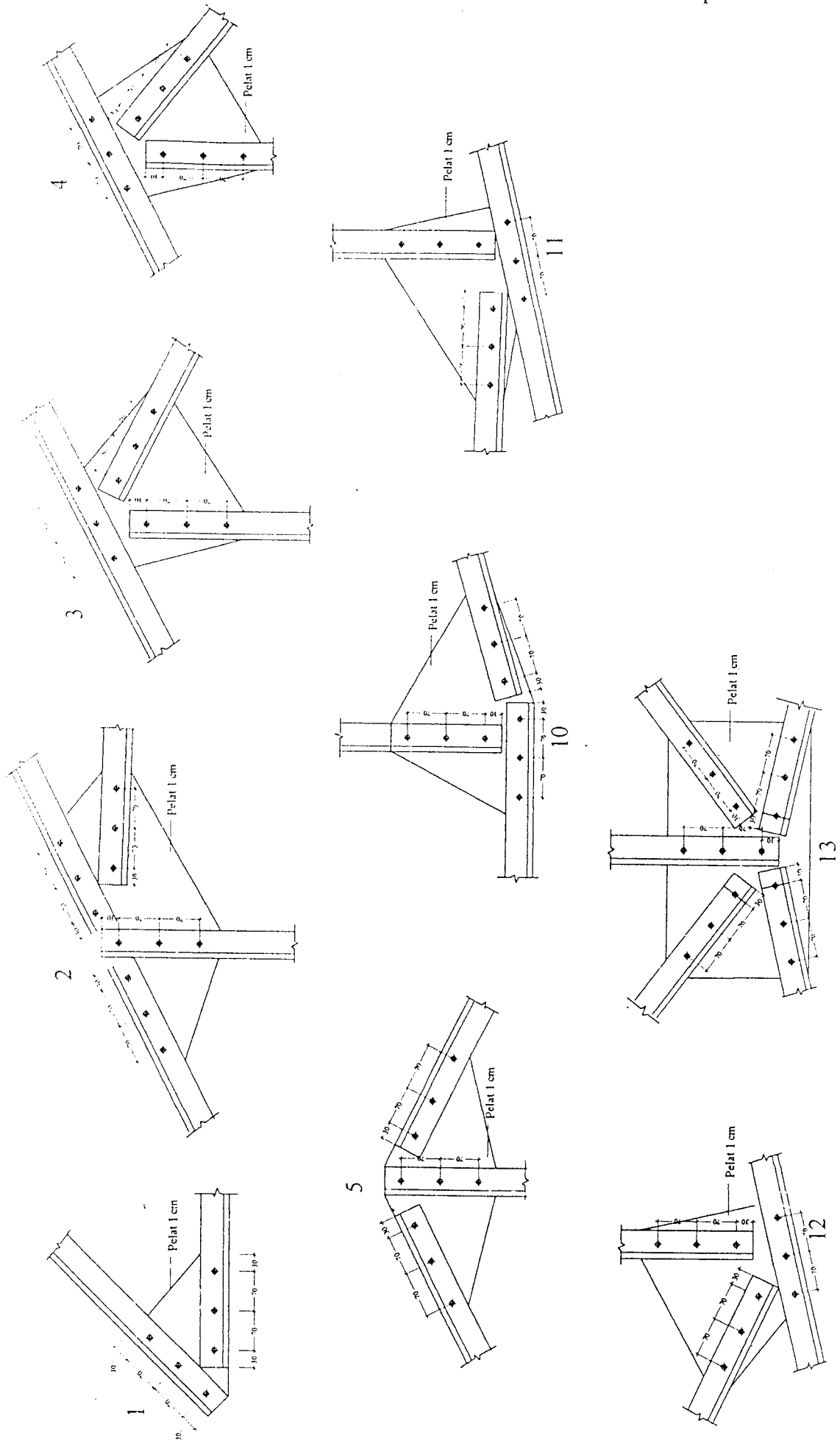
GAMBAR 5.3 POT. II - II PENULANGAN TANGGA



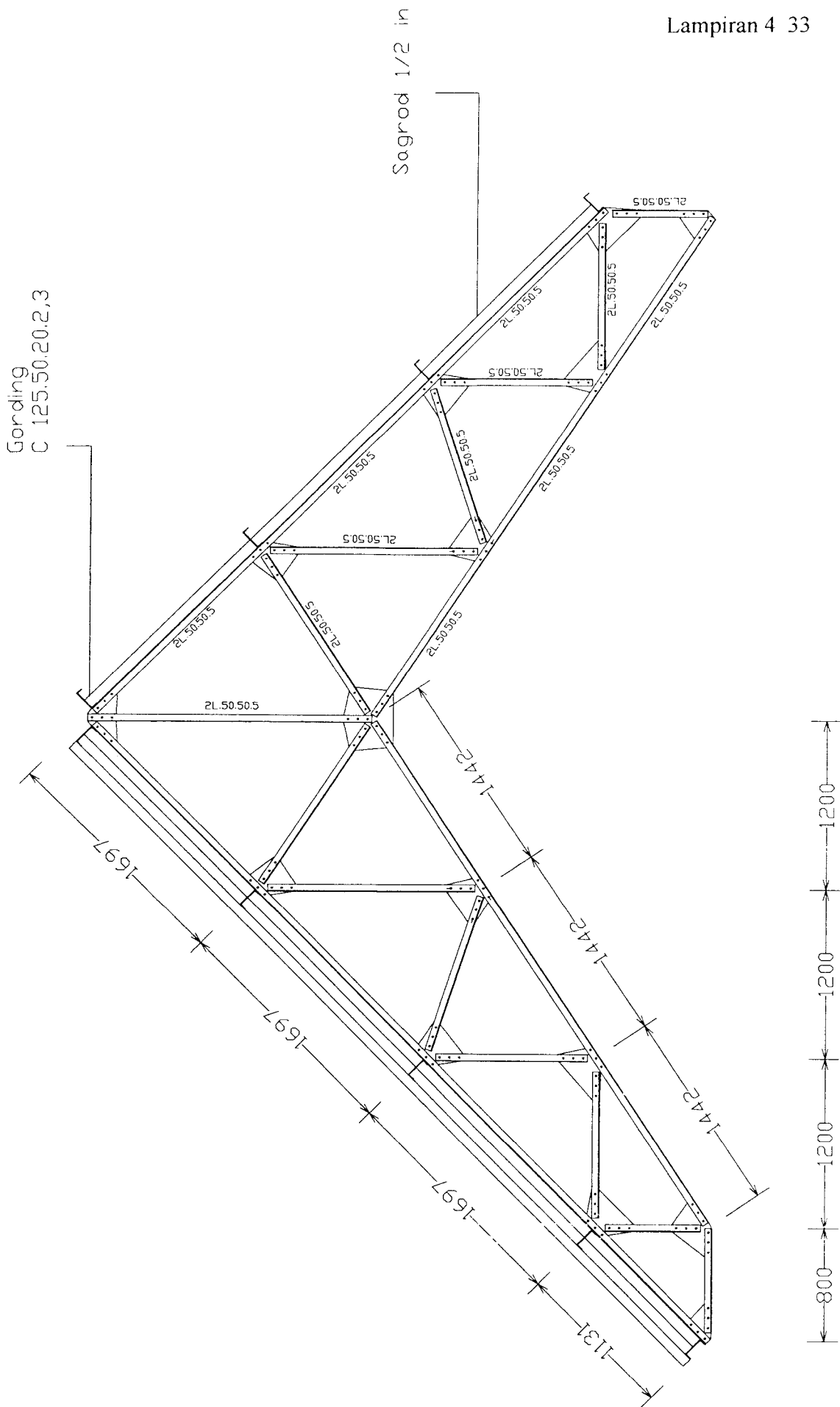
gambar 6.1 denah rencana tipe kuda-kuda



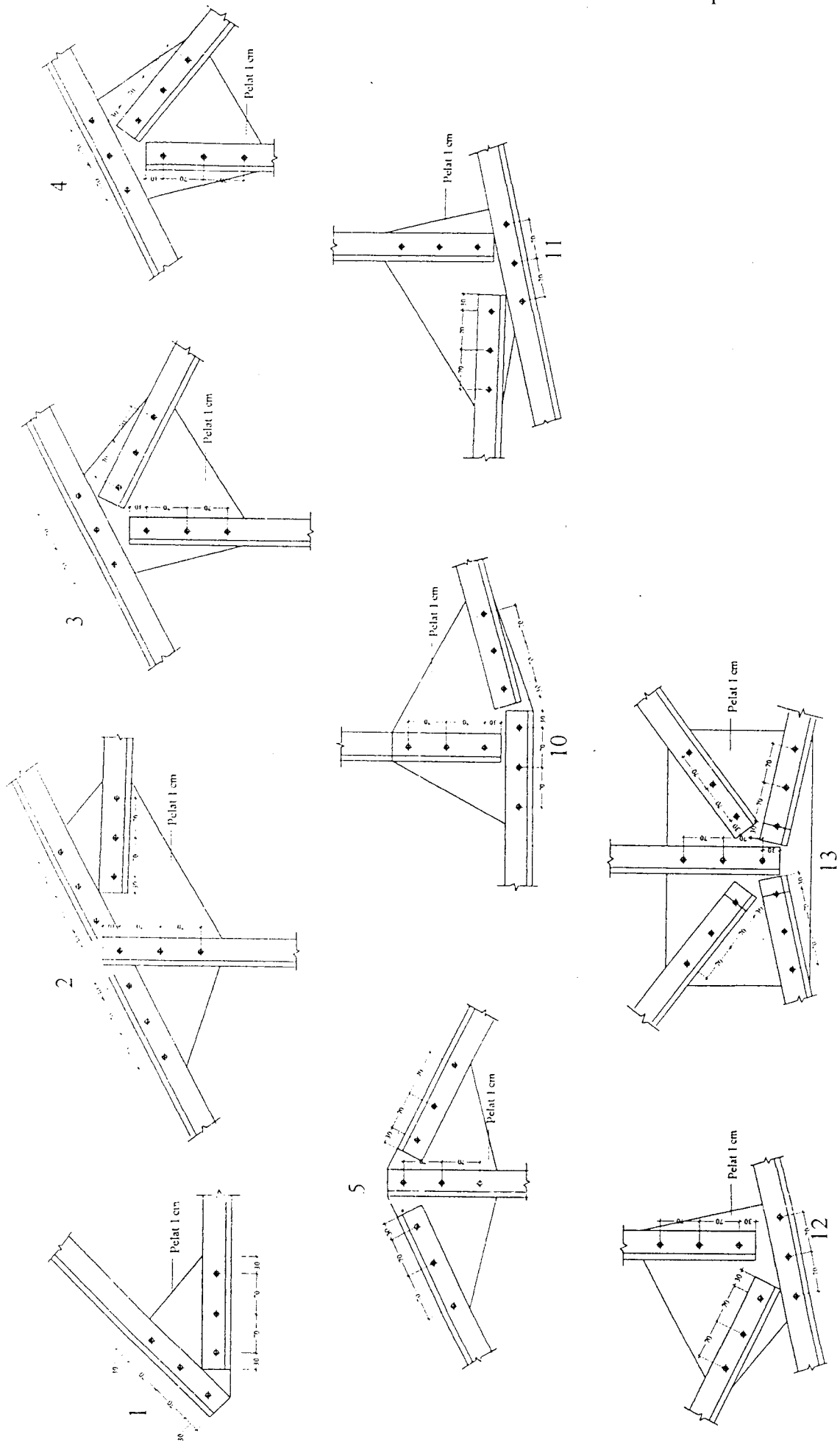
GAMBAR 6.2 RENCANA RANGKA ATAP KUDA - KUDA I



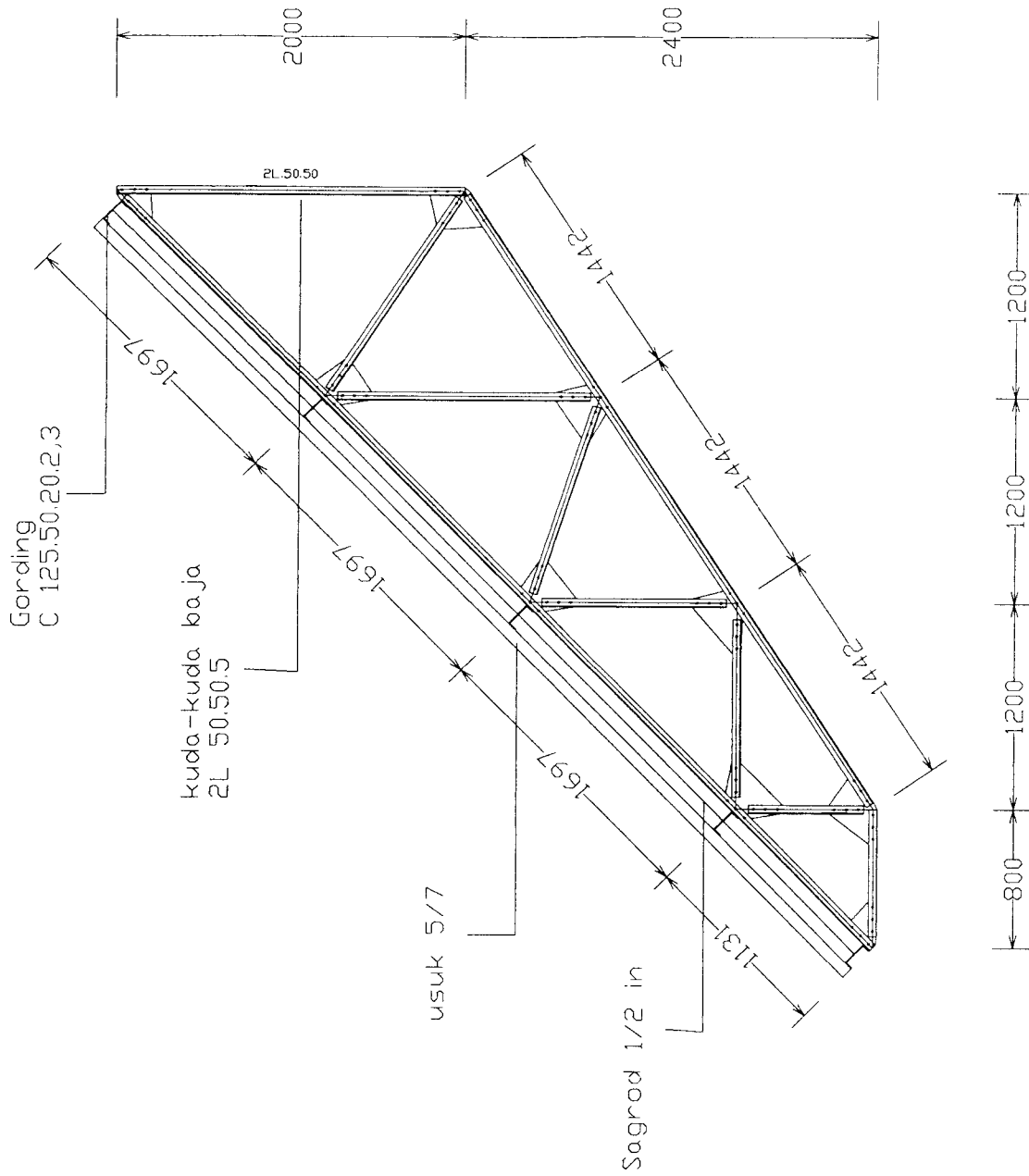
GAMBAR 6.3 DETAIL SAMBUNGAN ATAP KUDA-KUDA1



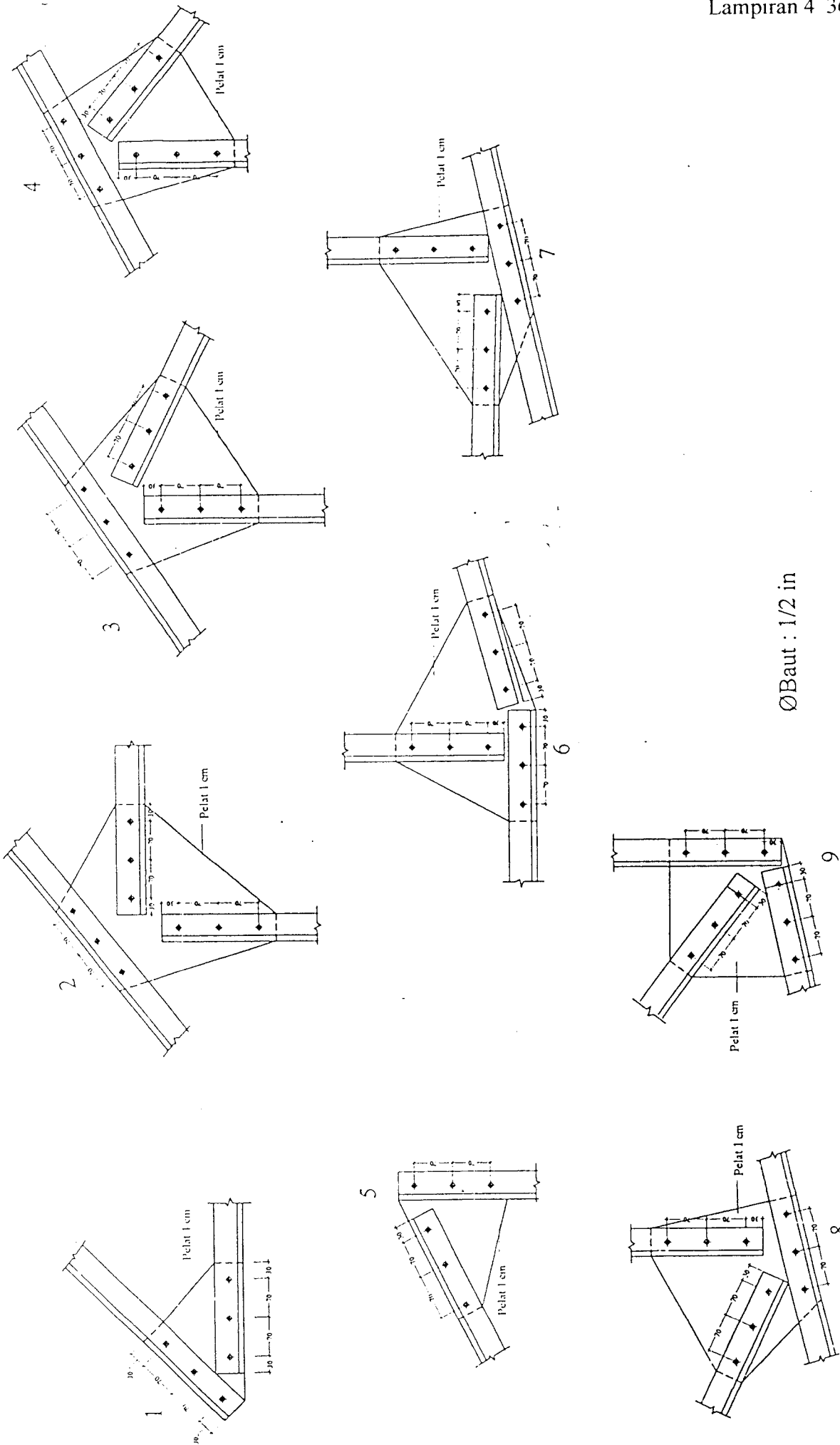
GAMBAR 6.4 RENCANA RANGKA ATAP KUDA - KUDA II



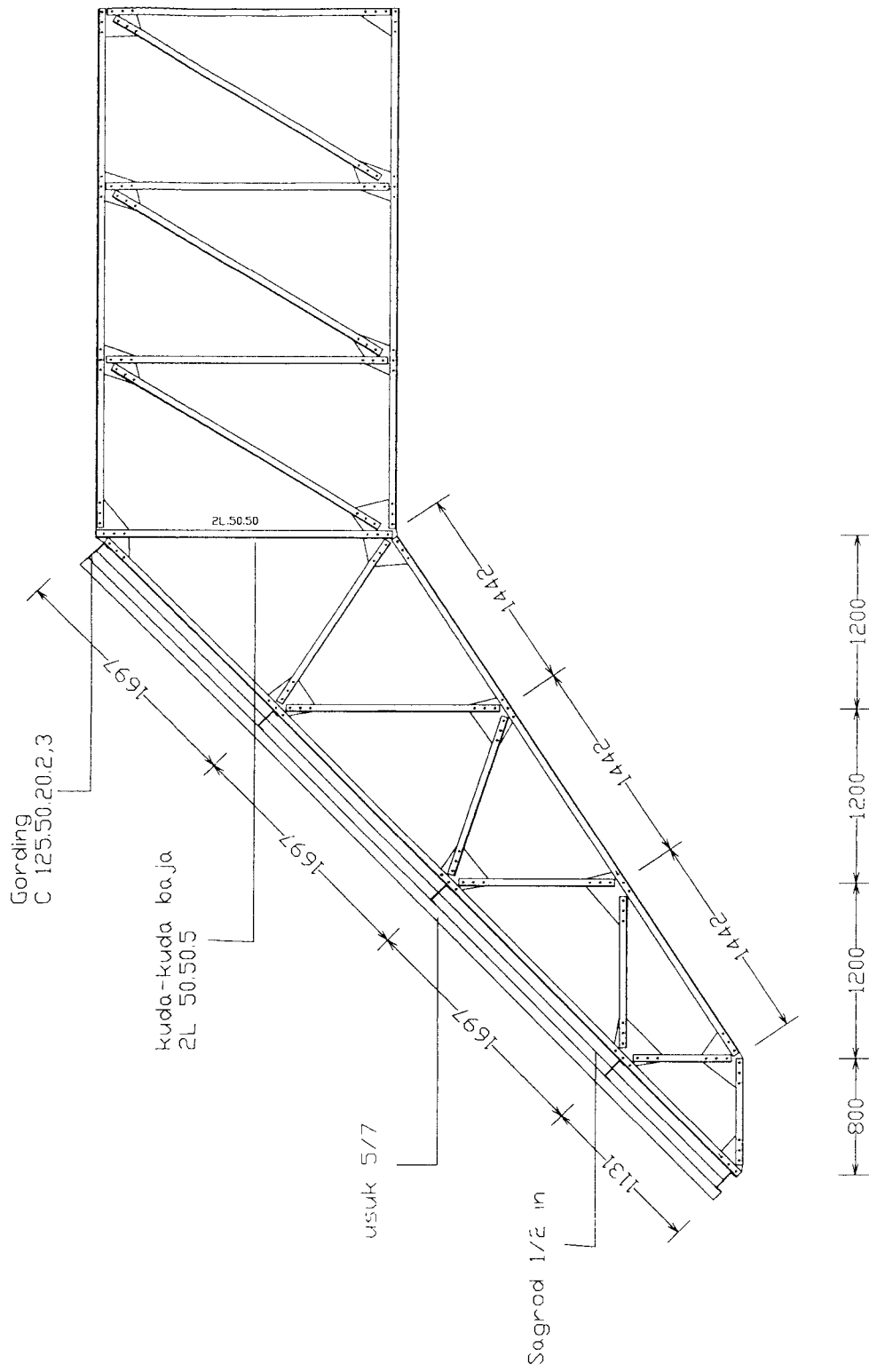
GAMBAR 6.5 DETAIL SAMBUNGAN ATAP KUDA-KUDA2



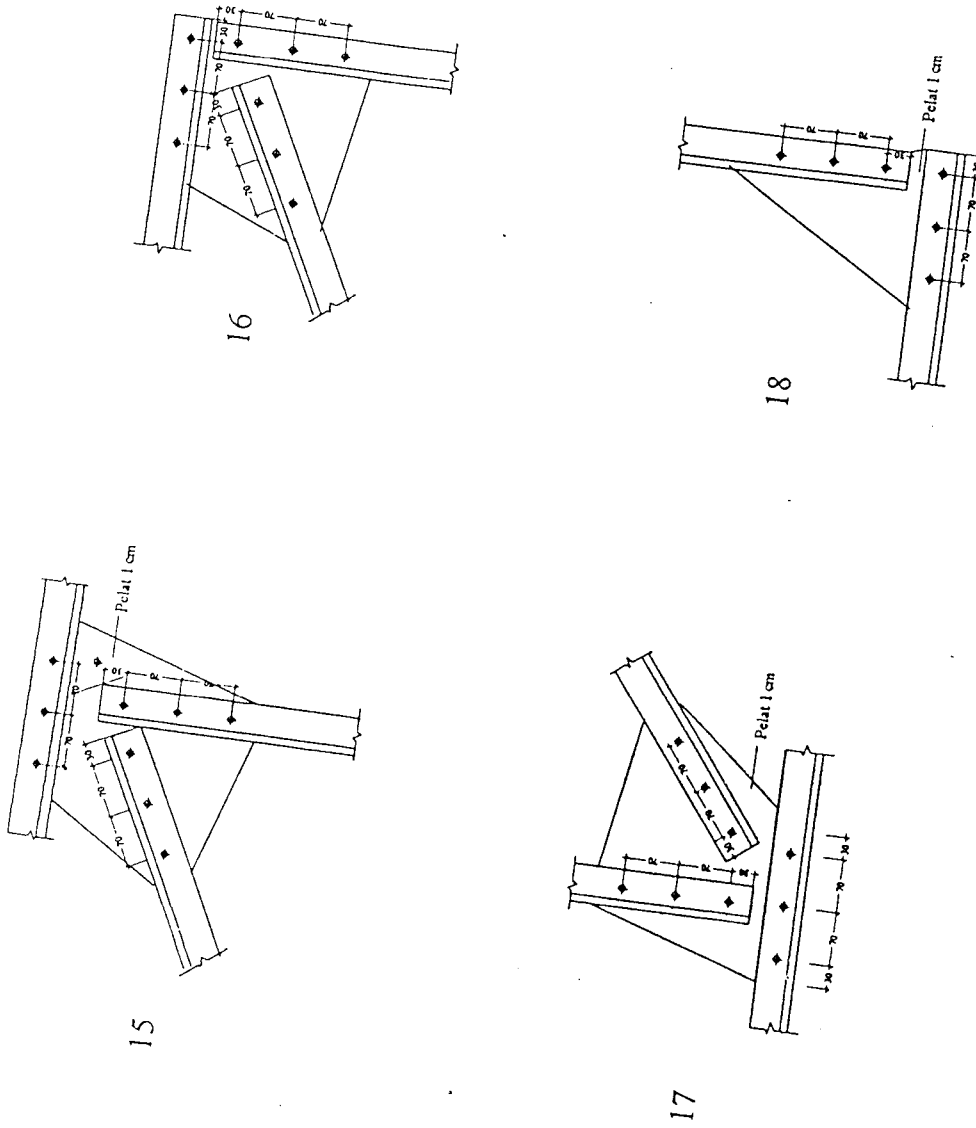
GAMBAR 6.6 RENCANA RANGKA ATAP KUDA - KUDA III



GAMBAR 6.7 DETAIL SAMBUNGAN ATAP KUDA-KUDA3



GAMBAR 6.8 RENCANA RANGKA ATAP KUDA - KUDA IV



GAMBAR 6.10 DETAIL SAMBUNGAN ATAP KUDA-KUDA4