

PELIPUSTAKAAN FTSP UII
 HADIAN/BELI
 TGL. TERIMA : 12 Juni 2006
 NO. JUDUL : 001907
 NO. INV. : SI 20000 607001
 NO. INDIK. :

TUGAS AKHIR

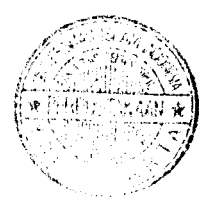
**PERENCANAAN ULANG
 GEDUNG GAMA BOOK PLAZA
 JOGJAKARTA**



DISUSUN OLEH :

BAMBANG DWI ARTADI
 96 310 270

**JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 JOGJAKARTA
 2005**



LAPORAN TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG GEDUNG GAMA BOOK PLAZA JOGJAKARTA

(REDESIGN OF BUILDING STRUCTURE OF GAMA BOOK PLAZA JOGJAKARTA)

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

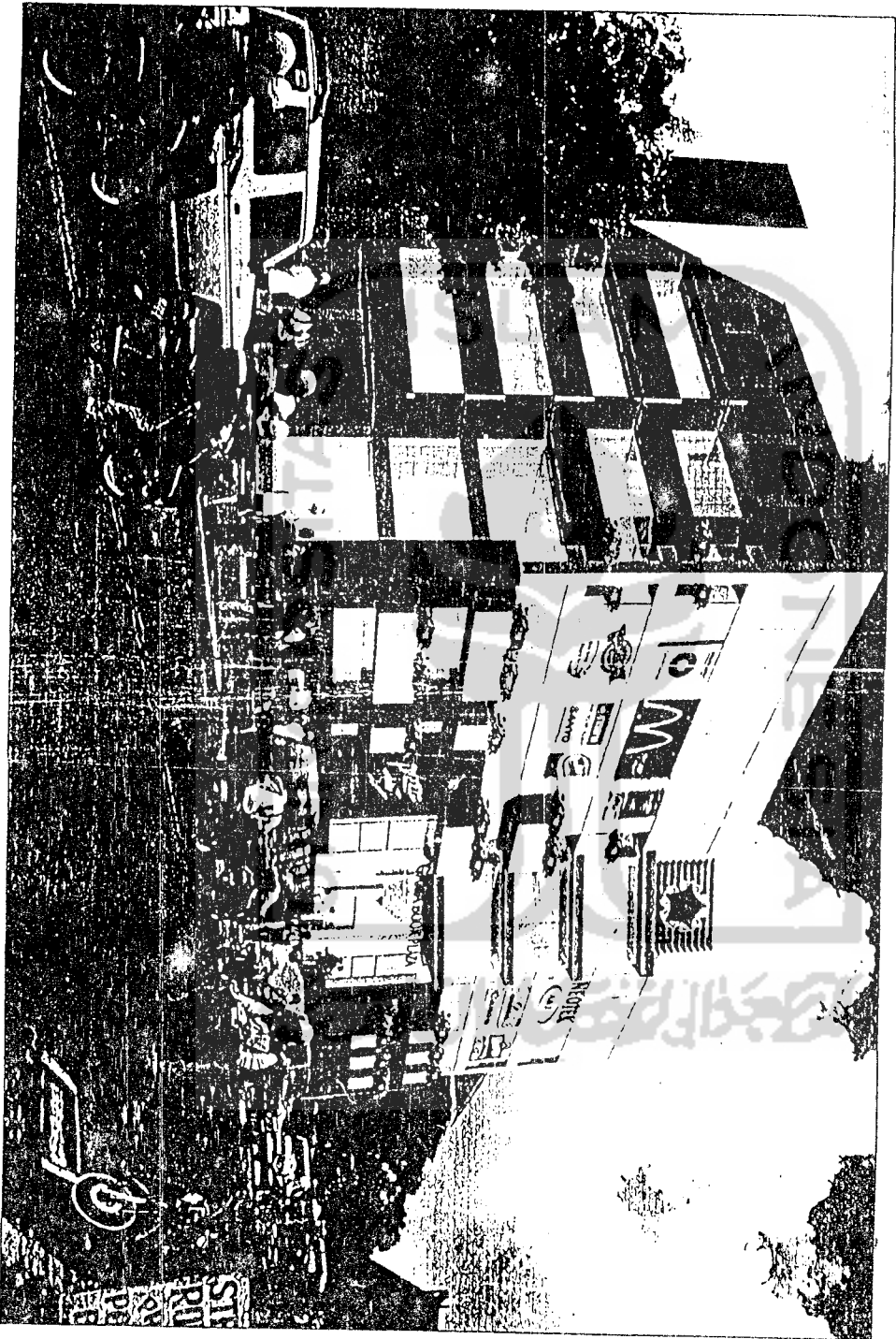
Dikerjakan Oleh :

BAMBANG DWI ARTADI

96 310 270

**JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2005**

GAMBAR GAMA BOOKPLAZA JIKA SUDAH BEROPERASI PENUH DI JALAN KALIJURANG
KONTRAKTOR : PT. NEOCELINDO INTI BETON
PEMILIK : UNIVERSITAS GADJAH MADA
REDESAINER : BAMBANG DWI ARTADI
NO. MHS : 96 310 270 FTSP UII



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Segala puji dan syukur kehadirat Allah *SWT* yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sholawat dan salam tercurah pada Paduka nabi Muhammad *SAW* sang teladan dan junjungan kami. Adapun Tugas Akhir ini berjudul **Perencanaan Ulang Gedung Gama Book Plaza Jogjakarta.**

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk menyelesaikan studi jenjang program Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Jogjakarta.

Selama proses penyelesaian Tugas Akhir, tidak terlepas dari hambatan-hambatan sehingga penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran konstruktif sangat penyusun harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Untuk itu pada kesempatan ini tidak lupa penyusun menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. H. A. Kadir Aboe, MS selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Ir.H. Fatkhurrohman Nur Sodik, MT selaku dosen pembimbing II
3. Bapak-bapak yang selaku Dosen Tamu sekaligus Penguji.
4. Bapak Prof. Ir. H. Widodo MSCE, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	xi
ABSTRAKSI	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	1
1.3 Batasan Perencanaan.....	2
1.4 Data Teknis Gedung.....	3
1.5 Metode Perencanaan	4
1.6 Bagan Alir Perencanaan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pendahuluan	6
2.2 Struktur Bawah.....	7
2.2.1 Pondasi.....	7
2.3 Struktur Atas	8
2.3.1 Atas	8
2.3.2 Pelat.....	8
2.3.2.1 Pelat Satu Arah.....	9
2.3.2.2 Pelat Dua Arah.....	9
2.3.3 Kolom.....	10
2.3.4 Balok	11

3.5.2.3	Faktor Keutamaan Gedung (I)	46
3.5.2.4	Faktor Jenis Bangunan (K)	47
3.5.2.5	Berat Total Bangunan (K).....	47
3.6	Perencanaan Balok dan Kolom Portal.....	47
3.6.1	Perencanaan Balok Portal terhadap Beban Lentur	47
3.6.2	Perencanaan Balok Portal terhadap Beban Geser.....	48
3.6.3	Perencanaan Kolom Portal terhadap Lentur dan Aksial	49
3.6.4	Perencanaan Kolom Portal terhadap Beban Geser	50
3.6.5	Perencanaan Panel Pertemuan Balok dan Kolom.....	51
3.7	Perencanaan Tangga.....	55
3.7.1	Perencanaan Dimensi Tangga.....	55
3.7.2	Perencanaan Tulangan Tangga	57
3.8	Pondasi	59
3.8.1	Perencanaan Dimensi Penampang Pondasi	59
3.8.2	Perencanaan Geser Pondasi	62
3.8.2.1	Perencanaan Geser Satu Arah	62
3.8.2.2	Perencanaan Geser Dua Arah.....	63
3.8.3	Kuat Tumpuan Pondasi.....	64
3.8.4	Perencanaan Tulangan Lentur Pondasi.....	65
BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR.....		70
4.1	Rangka Kuda-kuda penutup void	70
4.1.1	Data-data	70
4.1.2	Perencanaan Gording	70
4.1.3	Perencanaan Sagrod dan Tirod.....	75
4.1.4	Perencanaan Kuda-Kuda.....	77
4.1.5	Perencanaan Profil	81
4.1.6	Perencanaan Sambungan	102
4.2	Perencanaan Pelat Atap	105

4.2.1	Pembebanan Pelat Atap	105
4.2.1.1	Perhitungan Tulangan Atap.....	107
4.3	Perencanaan Pelat Lantai.....	114
4.3.1	Pembebanan Pelat Lantai.....	114
4.3.1.1	Perhitungan Tulangan Pelat Lantai	118
4.4	Perencanaan Balok Anak Atap	115
4.4.1	Perhitungan Balok Anak BAI.....	115
4.4.1.1	Data Material.....	115
4.4.1.2	Perhitungan	116
4.4.2	Perhitungan Penulangan Geser Balok AnakAtap.....	122
4.5	Perencanaan Balok C-C Atap	125
4.5.1	Perhitungan.....	125
4.5.2	Perhitungan Penulangan Geser Balok C-C Atap.....	130
4.6	Perencanaan Balok Anak Lantai.....	133
4.6.1	Perhitungan Balok Anak Lantai BAI.....	133
4.6.1.1	Data Material.....	133
4.6.1.2	Perhitungan	134
4.6.2	Perhitungan Penulangan Geser Balok AnakAtap.....	140
4.7	Perencanaan Struktur Portal Daktilitas Penuh.....	144
4.7.1	Perhitungan Beban Akibat Gravitasi	146
4.7.2	Perhitungan Gaya Geser Dasar Horisontal Akibat Gempa	191
4.7.3	Perencanaan Balok Induk	197
4.7.4	Perencanaan Kolom	206
4.7.5	Pertemuan Balok-Kolom	
4.7.6	Perencanaan Kolom Pendek	
BAB V	PEMBAHASAN	219
5.1	Tinjauan Umum	219
5.2	Atap	225

DAFTAR NOTASI

1. Perencanaan Penutup Void

- a : Jumlah sagrod dalam satu bentang
- A : Luas profil baja
- Ag : Luasan Bruto Profil
- Anetto : Luasan bersih profil
- Aeffektif : Luasan netto efektif
- B : Lebar pelat kuda-kuda
- bf : Lebar sayap
- b : Lebar sayap
- C₁ : Gaya angin tekan
- C₂ : Gaya angin hisap
- Cc : Perbandingan kelangsingan yang menjadi batas antara tekuk elastis dan tekuk inelastis
- D : Diameter
- E : Modulus elastisitas baja
- Fa : Tegangan ijin pada luas bruto dalam kondisi beban bekerja
- fa : Tegangan tarik yang terjadi
- fbx : Tegangan lentur arah x
- fby : Tegangan lentur arah y
- fc' : Kuat tekan beton
- FS : Faktor keamanan
- Fu : Kuat tarik baja
- fy : Tegangan leleh baja

δ_{\perp} : Lendutan tegak lurus sumbu batang

$\delta_{//}$: Lendutan sejajar sumbu batang

δ : Resultante lendutan

μ : Faktor reduksi luas netto

2. Perencanaan Pelat Atap dan Pelat Lantai

A_s : Luas tulangan

a : Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

b : Panjang memanjang pelat

c_{lx} : Koefisien momen lapangan arah x

c_{tx} : Koefisien momen tumpuan arah x

c_{ly} : Koefisien momen lapangan arah y

c_{ty} : Koefisien momen tumpuan arah y

d : Tinggi efektif pelat

f_c' : Kuat desak beton

f_y : Kuat tarik baja

h : Tinggi pelat

l_y : Panjang plat arah panjang

l_x : Panjang plat arah pendek

m : Perbandingan isi dari tulangan memanjang dari bentuk tertutup

M_{lx} : Momen rencana arah lapangan x

M_{tx} : Momen rencana arah tumpuan x

M_{ly} : 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
ϕ	: 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 Nominal balok
M_u	: momen rencana balok
P_D	: Beban mati terpusat

P_L	: Beban hidup terpusat
P_u	: Beban ultimit terpusat
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
β_1	: Konstanta yang berdasarkan mutu beton
ρ	: Rasio tulangan tarik
ρ'	: Rasio tulangan tekan
ϕ	: 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
h_n	: Panjang bersih kolom
I_c	: Momen inersia kolom
I_{cr}	: Momen inersia balok
I_g	: Momen inersia dari penampang bruto balok
k	: Faktor panjang efektif
L	: Panjang balok
l_n	: 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_S	: Momen akibat beban sementara
M_u	: Momen rencana kolom
$M_{u,kx}$	: Momen rencana kolom arah x
$M_{u,ky}$	: Momen rencana kolom arah y
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
$P_{u,k}$	: Gaya tekan rencana kolom
r	: Jari-jari girasi penampang
T_s	: Gaya pada tulangan 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 ekuivalen
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

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_{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 join
$N_{u,k}$	: Gaya aksial rencana kolom

- Pcs : Gaya permanen gaya prategang yang terletak di sepertiga bagian tengah tinggi kolom
- q : Beban terbagi merata
- Rv : Faktor reduksi berdasarkan banyak tingkat
- T : Gaya tarik yang terjadi
- Vb : Gaya gempa dasar
- Vbx : Gaya gempa dasar arah x
- Vby : Gaya gempa dasar arah y
- Vch : Gaya geser strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung joint arah horizontal
- Vcv : 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 Fondasi

a	: Tinggi blok tekan
b_k	: Lebar penampang kolom
b_o	: Keliling penampang kritis pada pelat dan pondasi
B_x	: Panjang pondasi telapak
B_y	: Lebar pondasi telapak
d	: Jarak pusat tulangan tarik ke serat tekan beton terluar
e_x	: Eksentrisitas gaya terhadap sumbu x
e_y	: Eksentrisitas gaya terhadap sumbu y
f_c	: Kuat tekan beton

f_y	: Tegangan luluh baja
h	: Tebal pondasi
h_k	: Panjang penampang kolom
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
q_{terjadi}	: Tegangan kontak yang terjadi di dasar pondasi
R_n	: Koefisien tahanan untuk perencanaan kuat
V_c	: Kuat beton menahan geser
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

Proyek Pembangunan Gama Book Plaza yang berlokasi di area UGM Jogjakarta merupakan proyek yang dimiliki oleh Bagian Kerjasama UGM Jogjakarta. Untuk membiasakan dengan masalah teknik yang sering dihadapi insinyur, penyusun mengambil tugas akhir tentang perencanaan ulang struktur gedung *Gama Book Plaza* Jogjakarta sebagai salah satu upaya agar bisa merasakan pengaplikasian ilmu yang sebenarnya yang didapat di bangku kuliah sehingga mampu mendesain suatu bangunan sebagai bekal dalam dunia konstruksi. Dalam usaha memperdalam pemahaman ilmu konstruksi bangunan, dibutuhkan upaya maksimal diiringi masukan dari aspek-aspek lain yang mendukung.

1.2 Maksud dan Tujuan

Perencanaan ulang struktur gedung Gama Book Plaza dimaksudkan untuk menerapkan ilmu yang didapat di bangku kuliah pada kondisi sebenarnya di lapangan, sehingga diperoleh gambaran dan pengetahuan tentang kegiatan perencanaan yang sebenarnya.

Adapun tujuan dari perencanaan ulang adalah memperoleh hasil perencanaan akhir dari data-data arsitektural dan lapangan, yang meliputi perencanaan atap, pelat, balok, kolom, tangga, dan pondasi.

Manfaat yang diperoleh dari penulisan ini adalah memberikan tahapan

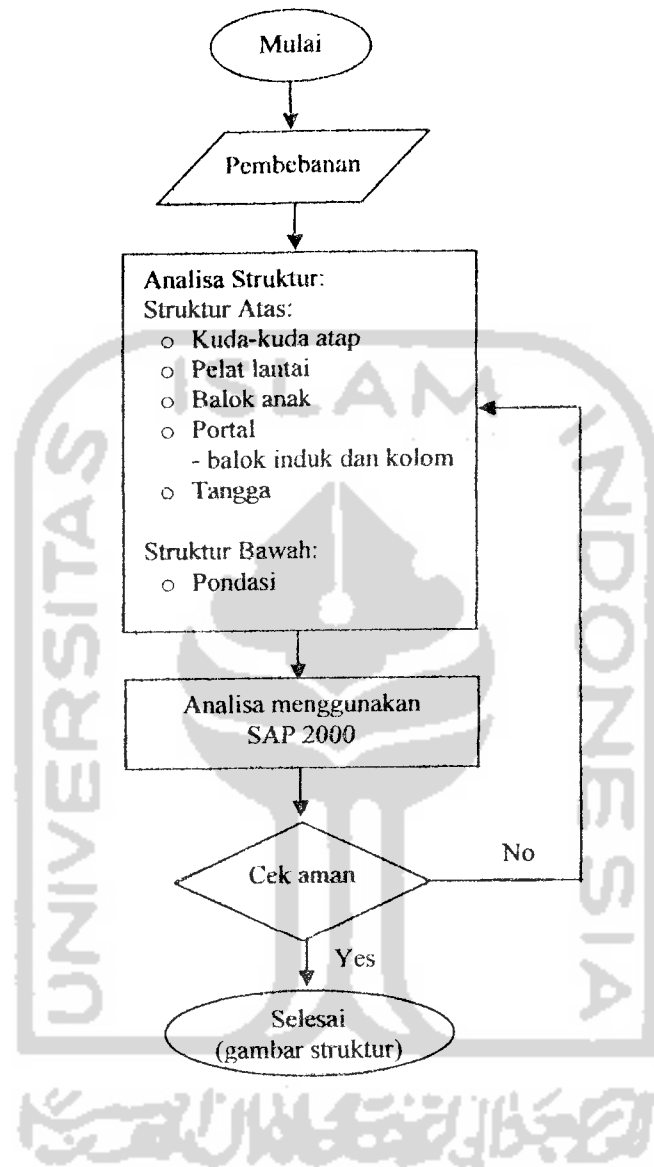
- f. Analisa mekanika struktur menggunakan program komputer SAP 2000.
- g. Kombinasi beban yang diperhitungkan adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa dengan daerah gempa wilayah 3 (tiga) Indonesia (DIY dan sekitarnya).
- h. Perencanaan konstruksi baja (kuda-kuda atap) berdasarkan metode *allowable stress design* (ASC) dari AISC.
- i. Secara keseluruhan struktur portal beton direncanakan dengan menggunakan tingkat daktilitas penuh (tingkat 3) dengan nilai faktor jenis struktur $(K) = 1$

1.4 Data Teknis Gedung Gama Book Plaza Jogjakarta

Lokasi Gedung Gama Book Plaza terletak di kawasan Universitas Gajahmada Jogjakarta. Adapun batas-batas site adalah sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Lembaga Javanologi Purnabudaya
- Sebelah Timur : PUSKOM UGM
- Sebelah Selatan : Gedung BNI
- Sebelah Barat : Perumahan dosen UGM

1.6. Bagan Alir (Flow Chart)



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Pekerjaan struktur secara umum dilaksanakan melalui 3 (tiga) tahap (Senol, Utku, Charles, John Benson, 1977), yaitu:

1. Tahap Perencanaan (*Planning Phase*)

Meliputi pertimbangan terhadap hal-hal yang dibutuhkan dan faktor-faktor yang mempengaruhi rancangan umum serta dimensi struktur yang nantinya menjadi dasar pemilihan satu atau beberapa alternatif dari jenis struktur. Pertimbangan utama adalah fungsi dari struktur tersebut nantinya. Pertimbangan kedua yang biasanya disertakan adalah aspek ekonomi, sosial, lingkungan, keuangan, dan faktor lainnya.

2. Tahap Desain (*Design Phase*)

Meliputi pertimbangan secara detail terhadap alternatif struktur yang direncanakan pada tahap perencanaan yang nantinya menjadi dasar penentuan ukuran yang tepat dari dimensi dan detail elemen struktur termasuk didalamnya sambungan struktur. Biasanya, sebelum tahap desain mencapai tahap akhir, telah didapatkan suatu bentuk perencanaan akhir yang akan dilaksanakan. Terkadang, pemilihan tipe maupun material akan tergantung pada faktor ekonomi dan pembangunan yang terkadang tidak dapat diperkirakan secara tepat.

3. Tahap Pembangunan (*Construction Phase*)

Meliputi pengadaan material, peralatan, dan tenaga kerja. Pekerjaan bengkel serta transportasi ke lokasi proyek. Selama pelaksanaan tahap ini, perencanaan ulang akan dibutuhkan jika terdapat masalah seperti material yang sulit didapatkan atau berbagai alasan lain.

2.2. Struktur Bawah

Struktur bawah (*sub structure*) adalah bagian bangunan yang berada di bawah permukaan tanah. Dalam Redesain ini menggunakan pondasi telapak menerus(*continues footing*).

2.2.1. Pondasi

Pondasi pada 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 menyebarkan beban-beban yang diteruskannya sedemikian rupa sehingga kapasitas atau daya dukung tanah tidak terlampaui (*Istimawan, 1994*).

Pondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan ke dalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya (*Bowles, 1991*).

Pondasi adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk memindahkan beban-beban pada struktur atas ke tanah. Fungsi ini dapat berlaku secara baik bila kestabilan pondasi terhadap efek guling, geser, penurunan dan daya dukung

tanah terpenuhi (*L. Wahyudi dan Syahril, 1997*).

2.3 Struktur Atas

Struktur atas (*upper structure*) adalah elemen bangunan yang berada diatas permukaan tanah, meliputi : atap, pelat, kolom, balok, portal dan tangga.

2.3.1 Atap

Atap adalah elemen struktur yang berfungsi melindungi bangunan beserta apa yang ada di dalamnya dari pengaruh panas dan hujan. Bentuk atap tergantung dari beberapa faktor, misalnya: iklim, arsitektur, utilitas bangunan, dan sebagainya, dan menyeraskannya dengan rangka bangunan atau bentuk denah agar dapat menambah keindahan dan serta menambah nilai dari harga bangunan.

2.3.2 Pelat

Pelat adalah elemen bidang tipis yang menahan beban transfersal yang melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan (*L. Wahyudi dan Syahril, 1997*).

Pelat merupakan struktur bidang permukaan yang lurus (datar dan tidak melengkung) yang mendukung beban mati dan beban hidup. Tebalnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensi yang lain. Geometri suatu pelat dibatasi oleh garis lurus atau garis lengkung. Ditinjau dari statika, kondisi tepi pelat bisa bebas, bertumpuan sederhana, jepit, termasuk tumpuan elastis dan jepit elastis atau tumpuan titik atau terpusat (*Sziland, Rudolph, 1989*).

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 ke 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*).

Berdasarkan perbandingan antar bentang panjang dan bentang pendek, pelat dibedakan menjadi dua, yaitu : pelat satu arah dan pelat dua arah.

2.3.2.1 Pelat Satu Arah

Pelat satu arah adalah pelat yang didukung pada dua tepi yang berhadapan sedemikian rupa sehingga lendutan yang timbul hanya dalam satu arah saja yaitu pada arah yang tegak lurus terhadap arah dukungan tepi. Pelat satu arah mempunyai perbandingan antara sisi panjang terhadap sisi pendek yang saling tegak lurus lebih besar dari 2 , dan pelat dapat dianggap hanya bekerja sebagai pelat satu arah dengan lendutan utama pada sisi yang lebih pendek (*Istimawan, 1994*).

2.3.2.2. Pelat Dua Arah

Struktur bangunan gedung umumnya tersusun atas komponen plat lantai, balok anak, balok induk, dan kolom yang merupakan satu kesatuan monolit atau terangkai. Pelat lantai dibatasi oleh balok anak pada kedua sisi panjang dan oleh balok induk pada kedua sisi pendek. Apabila pelat yang didukung sepanjang keempat sisinya seperti tersebut di atas dengan lendutan

yang akan timbul pada dua arah yang saling tegak lurus dan perbandingan antara sisi panjang dan sisi pendek yang saling tegak lurus kurang dari 2, maka dinamakan sebagai pelat dua arah. (Istimawan, 1994).

2.3.3. Kolom

Definisi kolom menurut SK SNI-T15-1991-03 adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial desak vertikal dengan bagian tinggi yang ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Kolom adalah batang tekan vertikal dan rangka (*frame*) struktur yang memikul beban dan balok induk, maupun balok anak. 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).

Keutuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur. Kolom adalah struktur yang mendukung beban dari atap, balok dan berat sendiri yang diteruskan ke pondasi. Secara struktur kolom menerima beban vertikal yang besar, selain itu kolom harus mampu menahan beban horisontal, bahkan momen atau puntir/torsi akibat pengaruh terjadinya eksentrisitas pembebanan. Untuk menentukan dimensi penampang kolom diperlukan, hal yang perlu diperhatikan adalah tinggi kolom

perencanaan, beban rencana yang digunakan, mutu beton dan baja yang digunakan, dan eksentrisitas pembebanan yang terjadi.

2.3.4 Balok

Balok adalah bagian struktur yang berfungsi sebagai pendukung beban vertikal dan horisontal. Beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup yang diterima pelat lantai, berat sendiri balok dan berat dinding penyekat yang di atasnya. Sedangkan beban horisontal berupa beban angin dan beban gempa.

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*).

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

Dari beberapa definisi diatas, balok dibagi menjadi balok induk dan balok anak. Balok induk adalah balok yang menumpu pada kolom, sedangkan balok anak adalah balok yang menumpu pada balok induk.

2.3.5 Portal

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

atau dinding geser.

a. Portal tak bergoyang (*unbraced frame*)

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

Portal tak bergoyang mempunyai sifat:

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

b. Portal bergoyang (*braced frame*)

Suatu portal dikatakan bergoyang, apabila:

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

Bangunan ini adalah portal bergoyang.

2.3.6 Tangga

Tangga adalah jalur bergerigi yang menghubungkan satu lantai dengan lantai di atasnya, sehingga berfungsi sebagai jalan untuk naik dan turun antar tingkat. (*Benny Puspantoro, 1987*).

Tangga merupakan elemen bangunan sebagai sarana untuk naik ke lantai ruangan yang lebih tinggi didalam gedung bertingkat. Tangga dapat dibuat dari kayu, pasangan bata, besi, baja, beton. Penempatan tangga harus sedemikian

rupa agar mudah dicapai dari ruangan bawah dan cepat mencapai ruangan di atasnya. Perencanaan tangga diupayakan memenuhi syarat-syarat sebagai berikut kemiringan tangga, tinggi satu tanjakan, lebar tangga, tinggi bebas, dan keseragaman anak tangga.

2.4 Pembebanan

2.4.1 Macam-macam Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur turunnya dapat digolongkan menjadi 5. (lima) macam (PBI, 1983), yaitu:

1. Beban mati

Beban hidup adalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dan gedung.

2. Beban hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penggunaan/penghunian suatu gedung, dan termasuk didalamnya beban-beban pada lantai yang berasal dari barang yang berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang bukan 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; beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air. Dalam beban hidup tidak termasuk beban angin, gempa, dan beban khusus.

3. Beban angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

4. Beban gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa. 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.

5. Beban khusus

Beban khusus adalah 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 *crane*, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya.

2.4.2 Kombinasi Pembebanan

Provisi keamanan yang disyaratkan dalam SK-SNI-T.15-1991-03 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 SK SNI T-15-1991-03).

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

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

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.

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

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

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

3. Bila ketahanan struktur terhadap gempa (E) harus diperhitungkan, maka nilai U harus diambil sebagai:

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

$$\text{Atau } U = 0,9 (D \pm E) \dots\dots\dots (2.5)$$

2.4.3. Faktor Reduksi Kekuatan (Φ)

ketidakpastian kekuatan bahan terhadap pembebanan sebagai faktor reduksi kekuatan (Φ). Menurut SK-SNI-T15-1991-03, faktor reduksi (Φ) ditentukan sebagai berikut:

No	Gaya yang bekerja	Nilai (Φ)
1	Lentur tanpa beban aksial	0,8
2	Aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur	0,8
3	Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur	0,7
	Dengan tulangan spiral	
	Dengan tulangan sengkang ikat	0,65
4	Geser dan torsi	0,6
5	Tumpuan pada beton	0,7

- **Kontrol Lendutan**

$$\delta_1 = \frac{5q_1 L^4}{384 E \cdot I_x} \leq \frac{L}{360} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{q \left(\frac{L}{(a+1)} \right)^4}{E \cdot I_y} \leq \frac{L}{360} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$\delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta^2} \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana: δ = Resultan lendutan (mm)

δ_1 = lendutan tegak lurus sumbu batang (mm)

$\delta_{//}$ = lendutan searah sumbu batang (mm)

E = Modulus elastisitas baja (Mpa)

I_x = inersia arah sumbu x (mm^4)

I_y = inersia arah sumbu y (mm^4)

L = Jarak antar kuda-kuda (m)

3.1.2. Perencanaan Sagrod dan Tierod

- **Perencanaan Sagrod**

$$P = 0,33 \cdot Fu \cdot A_{sagrod} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$P_{//} = P \cdot \sin \alpha \cdot S_s : S_s = \text{jarak beban sagrod} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$A_{sagrod} = \frac{P}{0,33 \cdot Fu} = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \text{ sagrod} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$\text{Dipakai} = D_{sagrod} + 0,3 \text{ cm} \dots\dots\dots (3.10)$$

- **Perencanaan Tierod**

$$T = P \cdot \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

$$T = 0,33 \cdot F_u \cdot A_{tierod} \quad \dots\dots\dots (3.12)$$

$$A_{tierod} = \frac{T}{0,33 \cdot F_u} = \frac{1}{4} \pi \cdot D_{tierod}^2 \quad \dots\dots\dots (3.13)$$

$$D_{tierod} = \sqrt{\frac{4T}{0,33 \cdot F_u \cdot \pi}} + 0,3 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots (3.14)$$

dimana: P = Gaya yang bekerja (kg)
 P_{//} = Gaya sejajar sumbu batang (kg)
 F_u = Kuat tarik baja (kg/cm²)
 S_s = Jarak beban sagrod (mm)
 D = Diameter baja (mm)
 A = Luas penampang (mm²)
 T = Tegangan yang bekerja (kg)

3.1.3. Perencanaan Batang Tarik

$$A_{g1 \text{ perlu}} = \frac{T}{0,6 \cdot F_y} \quad \dots\dots\dots (3.15)$$

$$A_{g2 \text{ perlu}} = \frac{T}{0,5 \cdot F_u \cdot \mu} + A_{lubang} \quad \dots\dots\dots (3.16)$$

$$A_{lubang} = \left(\frac{1}{8} + \Phi_{baut} \right) \cdot t_p \cdot n \quad \dots\dots\dots (3.17)$$

$$\frac{L}{r} \leq 240 \text{ s/d } 300 \quad \dots\dots\dots (3.18)$$

Dipakai profil yang luasannya (A) lebih besar dari nilai A_{g perlu} terpakai.

$$A_{netto} = A_{bruto} - A_{lubang} \dots\dots\dots (3.19)$$

$$A_{efektif} = A_{netto} \cdot \mu \dots\dots\dots (3.20)$$

$$\mu = 0,85 \text{ (untuk profil siku-siku dengan 3 lubang/baris)}$$

Kontrol tegangan tarik yang terjadi:

$$\text{Tampang tanpa lubang: } fa = \frac{T}{A_{profil}} \leq 0,6 \cdot fy \dots\dots\dots (3.21)$$

$$\text{Tampang ada lubang: } fa = \frac{T}{A_{efektif}} \leq 0,85 \cdot Fu \dots\dots\dots (3.22)$$

dimana: A_g = luas kotor penampang (mm^2)

A_{netto} = luas bersih penampang (mm^2)

T = gaya tarik (kg)

F_y = mutu baja profil (kg/cm^2)

F_u = kuat tarik baja (kg/cm^2)

fa = tegangan tarik yang terjadi (kg)

tp = tebal pelat (mm)

n = jumlah batang

r = jari-jari inersia terkecil profil (mm)

3.1.4. Perencanaan Batang Desak

- Kontrol Tekuk

$$\frac{bf}{tw} \leq \frac{76}{\sqrt{f_y}} \quad (\text{ksi}) \dots\dots\dots (3.23)$$

- Kontrol kelangsingan

$$\frac{k.L}{r} \leq Cc = \frac{6400}{\sqrt{f_y}} \quad (\text{Fy dalam kg/cm}^2) \quad \dots \quad (3.24)$$

$$\leq Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \frac{755}{\sqrt{F_y}} \quad (\text{Fy dalam ksi})$$

$$\leq Cc = \frac{1987}{\sqrt{F_y}} \quad (\text{Fy dalam Mpa})$$

$$f_s = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{kL}{r} - \frac{1}{8} \cdot \frac{(kL/r)^2}{Cc^2} \geq 1 \quad \dots \quad (3.25)$$

$$F_a = \frac{f_y}{f_s} \left(1 - 0.05 \left(\frac{kL/r}{Cc} \right)^2 \right) \quad \dots \quad (3.26)$$

$$\frac{k.L}{r} \geq Cc \quad \dots \quad (3.27)$$

$$F_a = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \cdot (kL/r)^2} \quad \dots \quad (3.28)$$

- **Kontrol beban**

$$T = F_a \cdot A > P_{batang} : T = \text{Beban ijin} \quad \dots \quad (3.29)$$

dimana: F_a = tegangan ijin pada luas bruto (kg/cm^2)

kL/r = angka kelangsingan batang

3.1.5. Perencanaan Sambungan

- **Menghitung kekuatan 1 baut**

$$P_{tumpuan} = tp \cdot \phi_{baut} \cdot 1,2 \cdot F_{u_{pelat}} \cdot N \quad \dots \quad (3.30)$$

$$D_{baut} = \frac{P_{tumpuan}}{1,2 \cdot F_u \cdot N \cdot tp} \quad \dots \quad (3.31)$$

$$P_{geser} = A_{baut} \cdot F_v \cdot 2N = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot F_v \cdot 2n \quad \dots \quad (3.32)$$

$$D_{baut} = \sqrt{\frac{4.P_{geser}}{2.\pi.Fv.N}} ; Fv = 0,33.Fu_{baut} \dots\dots\dots (3.33)$$

- Menghitung jumlah baut

$$N = \frac{P_{terjadi}}{P_{tbaut}} \dots\dots\dots (3.34)$$

3.2. Perencanaan Pelat

- Menentukan Tebal Minimum Pelat Dua Arah (h)

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

$$h = \frac{I_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5.\beta \left[\alpha_m - 0,12 \left(1 + \frac{I}{\beta} \right) \right]} \dots\dots\dots (3.35)$$

Tetapi tidak boleh kurang dari: $h = \frac{I_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9.\beta} \dots\dots\dots (3.36)$

Dan tidak perlu lebih dari: $h = \frac{I_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36} \dots\dots\dots (3.37)$

Dalam segala hal, tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari:

- Untuk $\alpha_m < 2,0$ digunakan nilai h minimal 120 mm
- Untuk $\alpha_m \geq 2,0$ digunakan nilai h minimal 90 mm

dimana :

L_n = bentang bersih terkecil pelat dihitung dari muka kolom (mm)

α_m = Rasio kekakuan balok terhadap pelat

β = Rasio panjang terhadap lebar bentang pelat

$$= \frac{\ln y}{\ln x} \rightarrow \ln y = ly - b, \ln x = lx - b$$

- **Menentukan Momen Lentur Terjadi**

Untuk $\frac{Ly}{Lx} > 2,0$, dipakai pelat satu arah, sedangkan untuk $\frac{Ly}{Lx} \leq 2,0$ dipakai

pelat dua arah. Kemudian nilai dari $\frac{Ly}{Lx}$ dimasukkan ke dalam tabel

koefisien momen. Berdasarkan *metode koefisien momen*, besar momen lentur pelat 2 arah.

$$Mtx = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot ctx \dots\dots\dots (3.38)$$

$$Mlx = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot clx \dots\dots\dots (3.39)$$

$$Mty = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot cty \dots\dots\dots (3.40)$$

$$Mly = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot cly \dots\dots\dots (3.41)$$

dimana:

qu = beban merata (kg/m²)

lx = panjang bentang tumpuan arah x

ctx = koefisien momen tumpuan arah x

cty = koefisien momen tumpuan arah y

clx = koefisien momen lapangan arah y

cly = koefisien momen lapangan arah y

Nilai koefisien momen (c) diambil dari tabel 13.3.1 dan 13.3.2. *PBBI 1971*

-

- **Menentukan Tinggi Manfaat (d) Arah x dan y**

$$\rho b = \frac{0,85 \cdot fc}{fy} \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \dots\dots\dots (3.42)$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m.Rn}{f_y}} \right] \dots\dots\dots (3.48)$$

dimana :

Rn = Koefisien tahanan untuk perencanaan kuat (Mpa)

m = Perbandingan isi tulangan memanjang

ρ = Rasio penulangan

f_y = Kuat tarik baja (Mpa)

f_c' = Kuat tekan beton (Mpa)

Syarat:

Jika $\rho_{ada} > \rho_{maks}$ → tebal minimum (h) diperbesar

Jika $\rho_{min} < \rho_{ada} < \rho_{maks}$ → $\rho_{pakai} = \rho_{ada}$

Jika $\rho_{ada} > \rho_{maks} < \rho_{min}$

Jika $1,33 \rho_{ada} > \rho_{min}$ → $\rho_{perlu} > \rho_{min}$

Jika $1,33 \rho_{ada} > \rho_{min}$ → $\rho_{perlu} = 1,33 \rho_{ada}$

Setelah didapat nilai ρ_{perlu} maka:

$$A_{s,perlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$$

Nilai lebar pelat (b), diambil tiap 1 meter (1000 mm)

$$\text{Jarak antar tulangan: } s \leq \frac{A_{1\phi} \cdot 1000}{A_{s,perlu}} \dots\dots\dots (3.49)$$

$$s \leq 2h$$

$$s \leq 150 \text{ mm}$$

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

$$A_{s_{ada}} = \frac{A_{1\phi} \cdot b}{s} \dots\dots\dots (3.50)$$

- **Kontrol Kapasitas Lentur Pelat**

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y \rightarrow a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \dots\dots\dots (3.51)$$

$$M_n = A_{s_{ada}} \cdot f_y \cdot (d - a/2) \geq Mu/\phi \dots\dots\dots (3.52)$$

Bila $\rho_{perlu} = 1,33 \rho_{ada}$, maka:

$$M_n = A_{s_{ada}} \cdot f_y \cdot (d - a/2) \geq 1,33 \cdot Mu/\phi \dots\dots\dots (3.53)$$

3.3 Perencanaan Balok

Perencanaan balok menggunakan metode kekuatan batas (ultimit) dimana, beban kerja dikalikan suatu faktor beban (beban terfaktor). Dan beban terfaktor, dimensi struktur direncanakan sedemikian rupa sehingga didapat kuat penampang yang pada saat runtuh, besarnya kira-kira lebih kecil sedikit dari kuat batas runtuh sesungguhnya. Kekuatan pada saat runtuh disebut kuat ultimit dan beban yang bekerja pada saat runtuh disebut beban ultimit.

3.3.1 Perencanaan Balok Penampang Persegi Tulangan Sebelah

A. Menentukan mutu beton

$$f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$f_c' > 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 \cdot (f_c' - 30) \geq 0,65$$

β_1 = konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat beton.

B. Menentukan nilai rasio tulangan (ρ)

Dalam menentukan nilai ρ , beton dalam keadaan regangan seimbang, yaitu pada saat regangan beton mencapai maksimum ϵ_{cu}

$$d = h - P_b - \varnothing_{senggang} - \frac{1}{2} \dots\dots\dots(3.62)$$

Dimana $\frac{1}{2}$ adalah jarak dari sisi sengkang bagian dalam ke titik berat tulangan tarik. Dan apabila $d \geq d_{perlu}$, maka dipakai tulangan sebelah.

Menentukan ρ_{baru} dan Rn_{baru} :

$$Rn_{baru} = \frac{Mn}{b.d^2} \dots\dots\dots(3.64)$$

$$\rho_{baru} = \frac{Rn_{baru}}{Rn} \rho \dots\dots\dots(3.65)$$

Menentukan luas tulangan (As):

$$As_{perlu} = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(3.66)$$

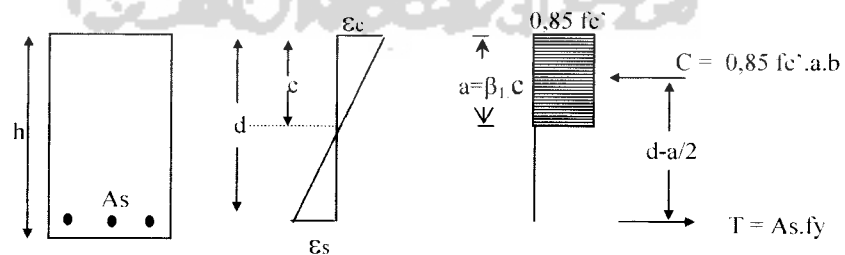
$$\text{Jumlah tulangan terpakai } (n) = \frac{As_{perlu}}{A_s \phi} \dots\dots\dots(3.67)$$

$$As_{pakai} = n \cdot A_s \phi > As_{perlu} \dots\dots\dots(3.68)$$

Kontrol Mn:

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \dots\dots\dots(3.69)$$

$$mn = As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \geq \frac{Mu}{\phi} \dots\dots\dots(3.70)$$



Gambar 3.1. Balok Persegi Kondisi Regangan Seimbang

F. Perencanaan Torsi

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 tulang lentur (A_s), kuat desak beton (f_c'), tegangan leleh baja (f_y).

3 Kontrol:

- Untuk torsi keseimbangan:

$$T_u \geq \phi \left(\frac{1}{20} \sqrt{f_c'} \sum x^2 \cdot y \right) \quad \dots\dots\dots (3.96)$$

Maka pengaruh torsi diperhitungkan bersama geser dan lentur.

- Untuk torsi kompatibilitas harga T_u direduksi menjadi:

$$T_u \geq \phi \left(\frac{1}{9} \sqrt{f_c'} \sum x^2 \cdot y \right) \quad \dots\dots\dots (3.97)$$

4. Menghitung kekuatan momen torsi nominal $T_n = \frac{T_u}{\phi}$ (3.98)

5. Menghitung kuat momen torsi nominal (T_c) yang disambungkan oleh beton :

$$T_c = \frac{\left(\frac{1}{5} \sqrt{f_c'} \sum x^2 \cdot y \right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4 V_u}{C_t T_u} \right)^2}} \quad \dots\dots\dots (3.99)$$

$$C_t = \frac{b_w \cdot d}{\sum x^2 \cdot y} \quad \dots\dots\dots (3.100)$$

T_2 = resultante gaya tarik oleh tambahan tulangan baja tarik (kn)

ϵ_c = regangan beton

ϵ_s' = regangan tulangan baja tekan

ϵ_s = regangan tulangan baja tarik

c = jarak serat tekan terluar ke garis netral (mm)

d = tinggi efektif balok (mm)

a = tinggi efektif balok (mm)

b = lebar balok (mm)

A_{s1} = luas penampang tulangan baja tarik (mm^2)

A_{s2} = luas penampang tulangan baja tarik tambahan (mm^2)

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

E. Perencanaan Sengkang Geser

Kategori/kriteria perencanaan:

1. Bila $V_u \leq \frac{1}{2}\phi V_c$, maka tidak diperlukan tulangan geser ... (3.86)

2. Bila $\frac{1}{2}\phi V_c < V_u < \phi V_c$ maka diperlukan tulangan

geser minimum dimana: $V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$ (3.87)

Luas tulangan geser minimum (sengkang vertikal):

$A_v = \frac{1}{3} \frac{b_w \cdot s}{F_y}$ atau $s = \frac{3A_v \cdot F_y}{b_w}$ (3.88)

Spasi sengkang: $s \leq \frac{d}{2}$ atau $s \leq 600$ mm (3.89)

$$Mn_1 = As_1 \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) < \frac{Mu}{\Phi} \quad \dots\dots\dots (3.74)$$

B. Menentukan Mn_2 :

$$Mn_2 = Mn - Mn_1 \quad \dots\dots\dots (3.75)$$

Dimana:

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

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

Mn =kuat momen kopel ideal (Nmm)

C. Menentukan jumlah tulangan desak dan tulangan tarik:

Tegangan baja desak:

$$fs' = 600 \left(1 - \frac{0,8 \cdot fc' \cdot \beta_1 \cdot d'}{(\rho - \rho') \cdot fy \cdot d} \right) \quad \dots\dots\dots (3.76)$$

Jika: $fs' \geq fy$, maka $fs' = fy$

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

$$As' = \frac{Mn_2}{fs' \cdot (d - d')} \quad \dots\dots\dots (3.77)$$

Menentukan luas tulangan tarik:

$$As_2 = \frac{Mn_2}{fy \cdot (d - d')} \quad \dots\dots\dots (3.78)$$

$$As = As_1 + As_2 \quad \dots\dots\dots (3.79)$$

Dimana:

C = Resultante gaya tekan dalam yang merupakan resultante seluruh gaya tekan pada daerah di atas garis netral.

T = Resultante gaya tarik dalam yang merupakan jumlah seluruh gaya tarik yang diperhitungkan untuk daerah di bawah garis netral.

c = jarak serat tekan terluar ke garis netral (mm)

d = tinggi efektif balok (mm)

ϵ_c = regangan efektif balok (mm)

E_s = regangan beton

a = tinggi balok persegi ekuivalen (mm)

b = lebar balok (mm)

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

f_c' = kuat tekan beton (Mpa)

f_y = tegangan luluh baja (Mpa)

β_1 = konstanta dari kelas kuat beton

3.3.2 Perencanaan Balok Penampang Persegi Tulangan Rangkap

Bila $d < d_{perlu}$, maka dipakai tulangan rangkap

A. Menentukan A_{s1} dan M_{n1} :

$$\rho_1 = (\rho - \rho') = \rho \text{ tulang sebelah} \dots\dots\dots (3.71)$$

$$A_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (3.72)$$

$$a = \frac{A_{s1} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \dots\dots\dots (3.73)$$

Dapat total luas sengkang:

$$\frac{Av_t}{s} = \frac{2.A_t}{s} + \frac{Av}{s} \geq \frac{bw.s}{3.f_y} \quad \dots\dots\dots (3.107)$$

Merencanakan tulangan torsi memanjang

$$A_{l_1} = 2.A_t \left(\frac{x_l + y_l}{s} \right) \text{ atau} \quad \dots\dots\dots (3.108)$$

$$A_{l_1} = \left[\frac{2,8.x.s}{f_y} \left(\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}} \right) - 2.A_t \left(\frac{x_l + y_l}{s} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (3.109)$$

harga A_l dipilih yang terbesar, tetapi nilai A_{l_1} tidak lebih dari:

$$A_{l_2} = \left[\frac{2,8.x.s}{f_y} \left(\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}} \right) - \frac{bw.s}{3.f_y} \left(\frac{x_l + y_l}{x} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (3.110)$$

Keterangan:

Av = luas sengkang menahan geser (mm^2)

A_t = luas sengkang menahan torsi (mm^2)

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

3.4 Perencanaan Kolom

Sebagai bagian dari struktur bangunan, kolom menempati posisi yang penting, kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur yang lain, atau bahkan merupakan batas runtuh total dan keseluruhan struktur bangunan.

$$\frac{Av_t}{s} = \frac{2.A_t}{s} + \frac{Av}{s} \geq \frac{bw.s}{3.f_y} \quad \text{.....(3.107)}$$

Merencanakan tulangan torsi memanjang

$$Al_1 = 2.A_t \left(\frac{x_l + y_l}{s} \right) \text{ atau} \quad \text{.....(3.108)}$$

$$Al_1 = \left[\frac{2.8.x.s}{f_y} \left(\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}} \right) - 2.A_t \right] \left(\frac{x_l + y_l}{s} \right) \quad \text{.....(3.109)}$$

harga Al dipilih yang terbesar, tetapi nilai Al₁ tidak lebih dari:

$$Al_2 = \left[\frac{2.8.x.s}{f_y} \left(\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3.C_t}} \right) - \frac{bw.s}{3.f_y} \left(\frac{x_l + y_l}{x} \right) \right] \quad \text{.....(3.110)}$$

Keterangan:

Av = luas sengkang menahan geser (mm²)

At = luas sengkang menahan torsi (mm²)

Al = luas tulang memanjang tambahan pada torsi (mm²)

3.4 Perencanaan Kolom Tunggal

Sebagai bagian dari struktur bangunan, kolom menempati posisi yang penting, kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur yang lain, atau bahkan merupakan batas runtuh total dan keseluruhan struktur bangunan.

3.4.1 Perencanaan Kolom Pendek

Langkah-langkah dalam perencanaan kolom pendek adalah sebagai berikut:

1. Menentukan properties penampang kolom

- Panjang (h) dan lebar (b) kolom disesuaikan dengan bentuk gedung.
- Kuat desak beton rencana (f_c') : dalam satuan Mpa
- Tegangan leleh baja tulangan (f_y) : dalam satuan Mpa

2. Menghitung kapasitas kolom pendek

Karena rasio tulangan (ρ_g) $\rightarrow 0,01 < \rho_g < 0,08$, maka persamaan kuat desak aksial yang digunakan untuk perencanaan adalah:

$$P_o = 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + (A_{st} \cdot f_y) \quad \dots\dots\dots (3.111)$$

P_o = Kuat desak aksial nominal pada eksentrisitas nol ($e = 0$).

- Untuk sengkang biasa

$$\phi P_{no} = 0,8 \cdot \phi P_o = 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y) \quad \dots\dots\dots (3.112)$$

Karena $P_u \leq \phi P_o$, maka untuk kolom sehingga diperoleh $A_{g_{perlu}}$:

$$A_{g_{perlu}} = \frac{P_u}{0,8 \cdot \phi (0,85 \cdot f_c' \cdot (1 - \phi_g) + f_y \cdot \phi_g)} \quad \dots\dots\dots (3.113)$$

- Untuk sengkang spiral

$$\phi P_{no} = 0,8 \cdot \phi P_o = 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y) \quad \dots\dots\dots (3.114)$$

Karena $P_u \leq \phi P_o$, maka untuk kolom sehingga diperoleh $A_{g_{perlu}}$:

$$A_{g_{perlu}} = \frac{P_u}{0,8 \cdot \phi (0,85 \cdot f_c' \cdot (1 - \phi_g) + f_y \cdot \phi_g)} \quad \dots\dots\dots (3.115)$$

Sehingga setelah nilai $A_{g_{perlu}}$ diperoleh, panjang dan lebar sisi kolom persegi atau diameter kolom bulat dapat ditentukan:

$$A_g = b.h = \frac{1}{4}\pi.D^2 \quad \dots\dots\dots (3.116)$$

$$A_{st} = n\%.A_g = A_s + A_{s'} \quad \dots\dots\dots (3.117)$$

$$A_s = A_{s'} = \frac{A_{st}}{2}$$

$$P_o = 0,85.fc'.(A_g - A_{st}) + A_{st}.f_y \quad \dots\dots\dots (3.118)$$

$$- \text{ Untuk sengkang biasa, } P_{no} = 0,8.P_o \quad \dots\dots\dots (3.119)$$

$$- \text{ Untuk sengkang spiral, } P_{no} = 0,85.P_o \quad \dots\dots\dots (3.120)$$

Dimana:

P_o = Kuat desak 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_g = Luas kotor penampang kolom (mm^2)

A_s = Luas tulangan tarik kolom (mm^2)

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

3. Kapasitas kolom dengan bebas eksentris

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} . d \quad \dots\dots\dots (3.121)$$

$$f_{s'} = \frac{x - d'}{x} . 600 \quad \dots\dots\dots (3.122)$$

Jika $f_{s'} > f_y$; $f_{s'} = f_y$

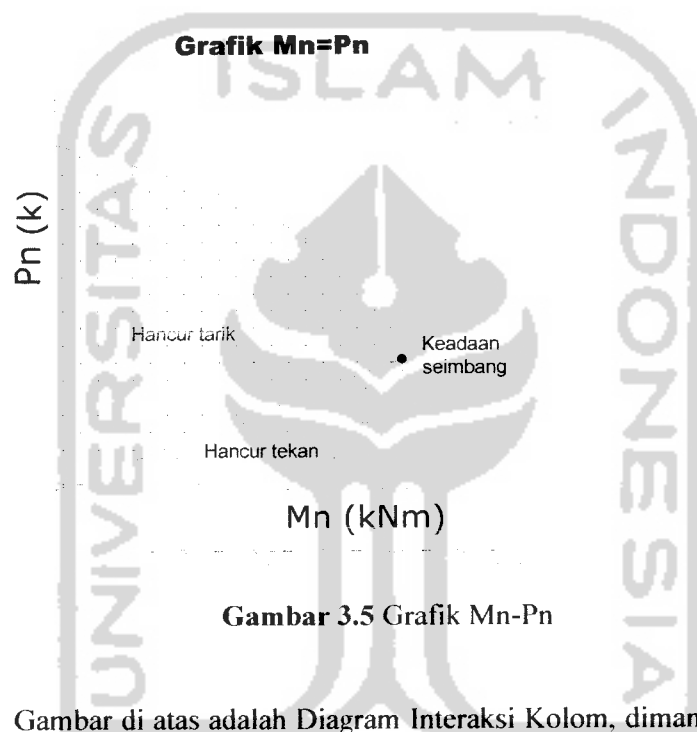
$$C_c = 0,85.fc'.b.(x_b.\beta_1) \quad \dots\dots\dots (3.123)$$

$$C_s = A_{s'}.(f_{s'} - 0,85.fc') \quad \dots\dots\dots (3.124)$$

$$\bar{y} = \frac{h}{2}; e = \frac{Mn}{Pn} \quad \dots\dots\dots (3.142)$$

5. Pada saat $Pn = 0$; Mn dihitung dengan menghitung seperti balok tulangan sebelah

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot g}; Mn = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (3.143)$$



Gambar 3.5 Grafik Mn-Pn

Gambar di atas adalah Diagram Interaksi Kolom, dimana kuat desak aksial diungkapkan sebagai $OPn \cdot e$ pada sumbu datar.

Diagram hanya berlaku untuk kolom yang dianalisis saja dan dapat memberikan gambaran tentang susunan pasangan kombinasi bebas aksial dan kuat momen. Untuk titik-titik pada sebelah dalam diagram akan memberikan pasangan beban dan momen ijin, tetapi dengan menggunakannya, perencanaan kolom akan menjadi berlebihan (*overdesign*). Dan titik-titik pada sebelah luar diagram akan memberikan

pasangan beban dan momen yang menghasilkan penulangan yang kurang (*underdesign*).

3.4.2 Perencanaan Kolom Langsing

Suatu kolom dikatakan langsing apabila dimensi atau ukuran penampang lintangnya lebih kecil dibandingkan tinggi bebasnya (tinggi yang tidak ditopang). Tahap-tahap perencanaan kolom langsing adalah sebagai berikut:

1. Menentukan tingkat kelangsingan kolom

$$\text{Kelangsingan} = \frac{k \cdot l_u}{r} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{I}{A}} \dots\dots\dots (3.144)$$

$r = 0,3 h$ (untuk kolom persegi) dan, $r = 0,25 \cdot D$ (untuk kolom bulat)

dimana: k = faktor panjang efektif

l_u = panjang bersih kolom

r = radius girasi

I = Inersia tampang kolom

A = Luas tampang kolom

Nilai k ditentukan dengan memperhatikan kondisi kolom:

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

Sebagai langkah awal adalah menentukan nilai kekakuan relatif (ψ)

$$\text{Bila } A_{st} \leq 3\% A_g, \text{ maka: } EI = \frac{E_c I_g}{2.5(1 + \beta_d)} \quad \dots\dots\dots (3.152)$$

Dimana:

δ_b = Pembesaran momen dengan pengaku pada pembebanan tetap

δ_s = Pembesaran momen tanpa pengaku pada pembebanan sementara

Φ = Faktor reduksi = 0,65

$$\beta_d = \frac{\text{momen.akibat.heban.mati.rencana}}{\text{momen.akibat.heban.total}} \quad \dots\dots\dots (3.153)$$

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

M_{2s} = Momen terfaktor terbesar di sepanjang komponen struktur akibat pembebanan sementara.

P_u = Beban aksial kolom akibat gaya luar

P_c = Beban teluk Euler

E_c = Modulus Elastisitas Beton

E_s = Modulus Elastisitas Baja Tulangan

I_g = Momen inersia beton kotor (penulangan diabaikan)

I_{sc} = Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang komponen struktur.

3. Mencari M_n dan P_n

$$P_n = \frac{P_u}{\Phi}; M_n = \frac{M_u}{\Phi} \quad \dots\dots\dots (3.154)$$

Dari nilai tersebut dimasukkan ke dalam diagram $M_n - P_n$ untuk mendapatkan luas tulangan rencana.

3.5 Perencanaan Portal

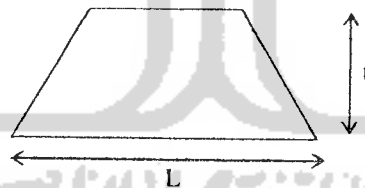
Pembebanan portal berdasarkan perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung 1987. Beban mati yang bekerja pada balok terdiri dari berat sendiri balok dan berat sendiri komponen gedung lainnya.

Dalam perencanaan ini beban hidup yang bekerja pada portal hanya terdapat pada lantai gedung. Hal ini disebabkan karena perencanaan atap menggunakan rangka baja. Gedung digunakan untuk ruang kantor dengan beban hidup sebesar 250 kg/cm².

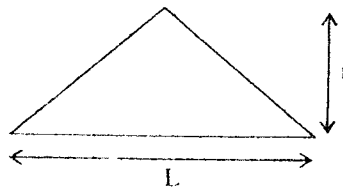
3.5.1 Distribusi beban mati dan beban hidup pada lantai

Distribusi beban yang ditransfer ke balok menggunakan metode *amplop* (beban segitiga dan trapezium). Untuk memudahkan perhitungan maka beban segitiga dan trapezium disederhanakan menjadi beban merata linier.

- Untuk beban trapezium: $Q_{ekivalen} = t - \frac{4}{3} \cdot \frac{t^3}{L^2}$ (3.155)



- Untuk beban segitiga: $Q_{ekivalen} = \frac{2}{3} \cdot t$ (3.156)

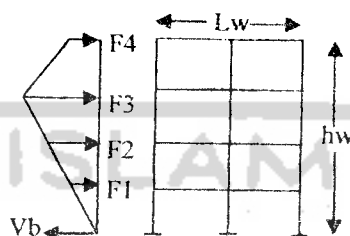


Gambar 3.6 Distribusi Beban pada Pelat lantai

3.5.2 Beban Gempa

Besarnya gaya geser dasar horisontal akibat gempa menurut Pedoman Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 adalah:

$$V = C.I.K.W_t \quad \dots\dots\dots(3.157)$$



Beban Horisontal Struktur

Gambar 3.7 Distribusi gaya geser gempa

Gaya geser yang harus dibagi pada masing-masing lantai dapat dihitung dengan

$$\text{rumus: } F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot V \quad \dots\dots\dots(3.158)$$

dimana: F_i = Gaya geser tiap tingkat (ton)

V = Gaya geser dasar horisontal total akibat gempa (ton)

C = Koefisien Gempa Dasar

I = Faktor Keutamaan ($I = 1$)

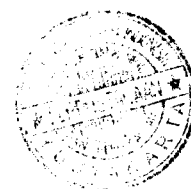
K = Faktor jenis Struktur (*Daktilitas Penuh*, $K = 1$)

W_t = Berat total bangunan (ton)

3.5.2.1 Waktu Getar Alami Struktur

Waktu getar alami struktur (T) ditentukan untuk struktur portal ditentukan

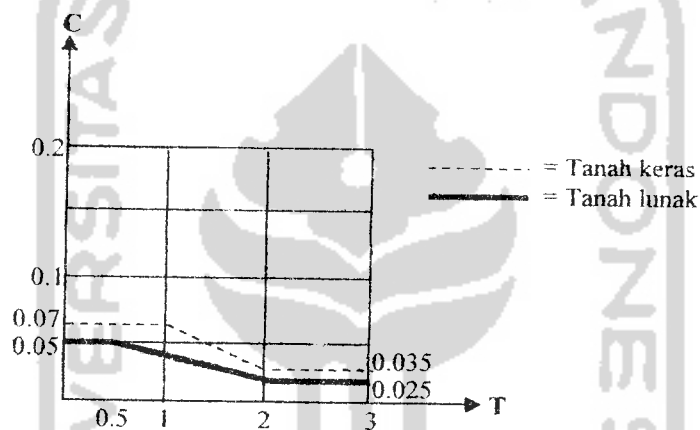
$$\text{dengan rumus: } T = 0,06.H^{1/4}; H = \text{tinggi struktur} \quad \dots\dots\dots(3.159)$$



3.5.2.2 Koefisien Gempa Dasar (C)

Koefisien gempa dasar (C) berfungsi untuk menjamin agar struktur mampu menahan gempa yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur. Koefisien gempa dasar pada tiap-tiap wilayah gempa di Indonesia dibedakan pada dua kondisi tanah, yaitu tanah keras dan tanah lunak.

Selain keadaan tanah, koefisien gempa dasar (C) ditentukan dari gambar wilayah gempa 3 (untuk DIY) dengan memakai waktu getar alami struktur (T)



Gambar 3.8 Respon Spektrum Wilayah Gempa 3 (tiga) Indonesia

3.5.2.3 Faktor Keutamaan Gedung (I)

Tingkat kepentingan struktur terhadap bahaya gempa berbeda-beda tergantung fungsi gedung. Semakin penting penggunaan suatu gedung, semakin besar harga faktor keutamaan gedung (I)

3.5.2.4 Faktor Jenis Bangunan (K)

Faktor jenis bangunan (K) adalah faktor tipe struktur. Semakin kecil nilai K, semakin rendah kekuatan batas yang diperlukan, dan semakin besar kemampuan

gedung tersebut berperilaku detail dalam kondisi in-elastik. Dalam perencanaan, digunakan nilai $K = 1$, dengan tingkat daktilitas 3 (tiga) atau tingkat daktilitas penuh.

3.5.2.5 Berat Total Bangunan (W_t)

Berat total bangunan merupakan berat total dari massa struktur bangunan yang direncanakan ditambah beban hidup yang bekerja.

3.6 Perencanaan Balok dan Kolom Portal

Dalam perencanaan portal, hal pertama yang dilakukan adalah perencanaan beban-beban yang bekerja pada portal, yaitu: beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

3.6.1 Perencanaan balok portal terhadap lentur

Kuat lentur perlu balok portal (M_u, b) harus dinyatakan berdasarkan kombinasi pembebanan tanpa atau dengan beban gempa sebagai berikut:

$$M_{u,b} = 1,2.M_{D,b} + 1,6.M_{L,b} \dots\dots\dots (3.160)$$

$$M_{u,b} = 1,05.(M_{D,b} + M_{L,b} + M_{E,b}) \dots\dots\dots (3.161)$$

$$M_{u,b} = 0,9.M_{D,b} + M_{E,b} \dots\dots\dots (3.162)$$

dimana: $M_{d,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban mati

$M_{l,b}$ = momen lentur balok portai akibat beban hidup

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

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

$$V_{u,b} = 0,7 \left(\frac{M_{kap} + M_{kap}}{ln} \right) + 1,05 V_g \dots\dots\dots (3.165)$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari:

$$V_{u,b} = 1,05 \left(V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{1,0}{K} V_{E,b} \right) \dots\dots\dots (3.166)$$

dimana: M_{kap} = momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang salah satu ujung balok atau bidang muka loncat.

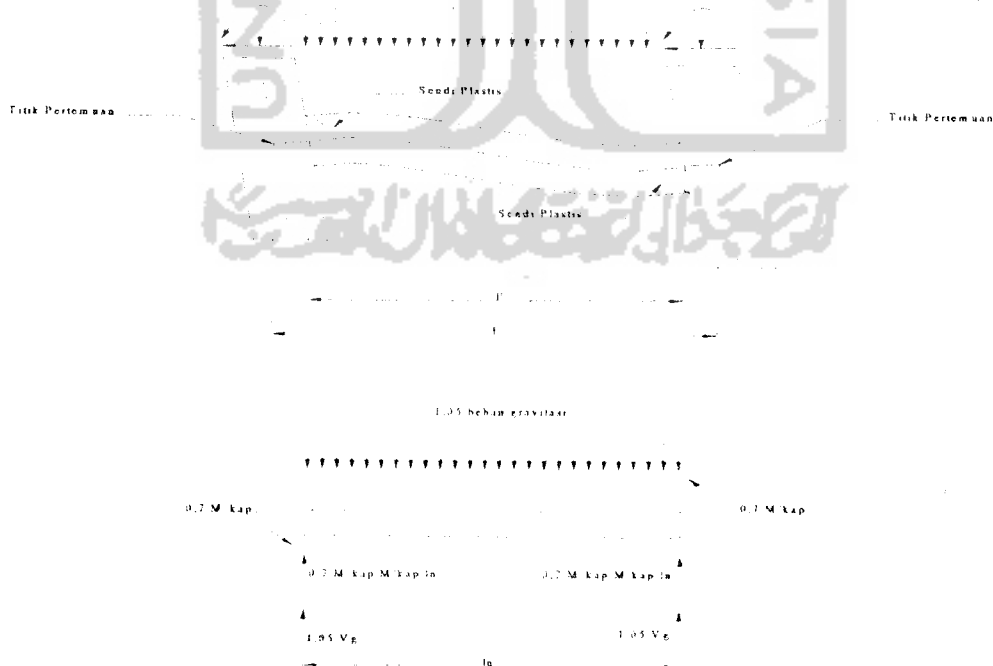
M'_{kap} = momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada ujung balok atau bidang muka loncat yang lain.

$V_{D,b}$ = 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

ln = bentang bersih balok



Gambar 3.9 Balok Portal dengan Sendi Plastis pada Kedua Ujungnya

3.6.3 Perencanaan kolom portal terhadap beban lentur dan aksial

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

$$\sum M_{u,k} = 0,70 \cdot \varpi_d \cdot \sum M_{kap,b} \quad \dots\dots\dots (3.167)$$

atau

$$M_{u,k} = 0,70 \cdot \varpi_d \cdot \alpha_k (M_{kap,ki} + M_{kap,ka}) \quad \dots\dots\dots (3.168)$$

tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari

$$M_{u,k} = 1,05 \left(M_{D,k} + M_{L,k} + \frac{4,0}{K} V_{g,k} \right) \quad \dots\dots\dots (3.169)$$

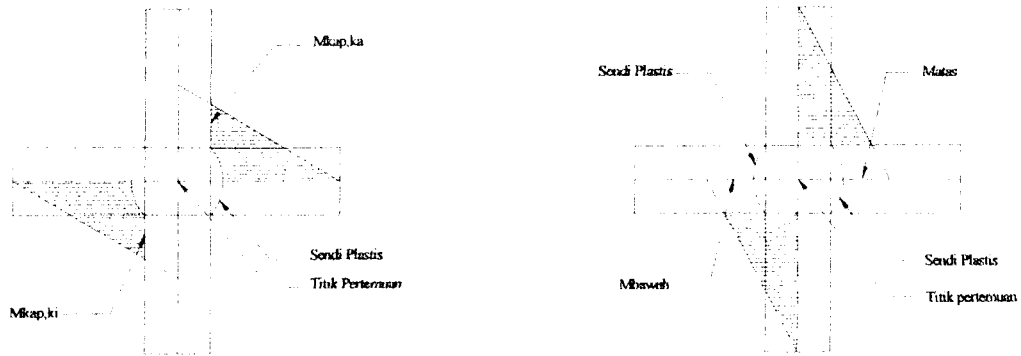
$$\sum M_{kap,b} = M_{kap,ki} + M_{kap,ka} \quad \dots\dots\dots (3.170)$$

dimana: ϖ_d = faktor pembesar dinamis yang memperhitungkan pengaruh terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan, diambil $\varpi_d = 1,3$.

α_k = faktor distribusi momen kolom portal yang ditinjau sesuai dengan kekakuan relatif kolom atas atau bawah.

$M_{kap,ki}$ = momen kapasitas lentur balok di sebelah kiri bidang muka kolom

$M_{kap,ka}$ = momen kapasitas lentur balok di sebelah kanan bidang muka kolom



Gambar 3.10 Pertemuan balok kolom dengan sendi plastis di kedua ujungnya
Sedangkan beban aksial rencana ($N_{u,k}$) yang bekerja pada kolom portal daktilitas penuh, adalah:

$$N_{u,k} = \frac{0,7 \cdot R_n \cdot \sum M_{kap,b}}{l_b} + 1,05 \cdot N_{g,k} \quad \dots\dots\dots (3.171)$$

Tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari:

$$N_{u,k} = 1,05 \left(N_{g,k} + \frac{4}{K} \cdot N_{E,k} \right) \quad \dots\dots\dots (3.172)$$

dimana: R_n = Faktor reduksi yang ditentukan sebesar:

$$1,0 \quad \text{untuk } 1 < n \leq 4$$

$$1,1 - 0,025 \cdot n \quad \text{untuk } 4 < n \leq 20$$

$$0,6 \quad \text{untuk } n > 20$$

n = jumlah lantai di atas kolom yang ditinjau.

l_b = bentang balok as-as kolom

$N_{g,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban gravitasi

$N_{E,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban gempa

3.6.4 Perencanaan kolom portal terhadap geser

Kuat geser portal daktilitas penuh berdasarkan terjadinya sendi-sendi plastis

pada ujung-ujung balok yang bertemu pada kolom harus dihitung sebagai berikut:

- untuk kolom lantai atas dan kolom lantai dasar

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,k \text{ atas}} + M_{u,k \text{ bawah}}}{h'_k} \quad \dots\dots\dots (3.173)$$

- dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari:

$$V_{u,k} = 1,05 \left(V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4}{K} V_{E,k} \right) \quad \dots\dots\dots (3.174)$$

- kapasitas lentur sendi plastis kolom dapat dihitung

$$M_{kap,bawah} = \Phi_o \cdot M_{nak,bawah} \quad \dots\dots\dots (3.175)$$

dimana: $V_{u,k}$ = Kuat geser kolom portal

$M_{u,k \text{ atas}}$ = Momen rencana kolom ujung atas dihitung pada muka balok

$M_{u,k \text{ bawah}}$ = Momen rencana kolom ujung bawah dihitung pada muka balok

h'_k = Tinggi bersih kolom

$V_{D,k}$ = Gaya geser kolom akibat beban mati

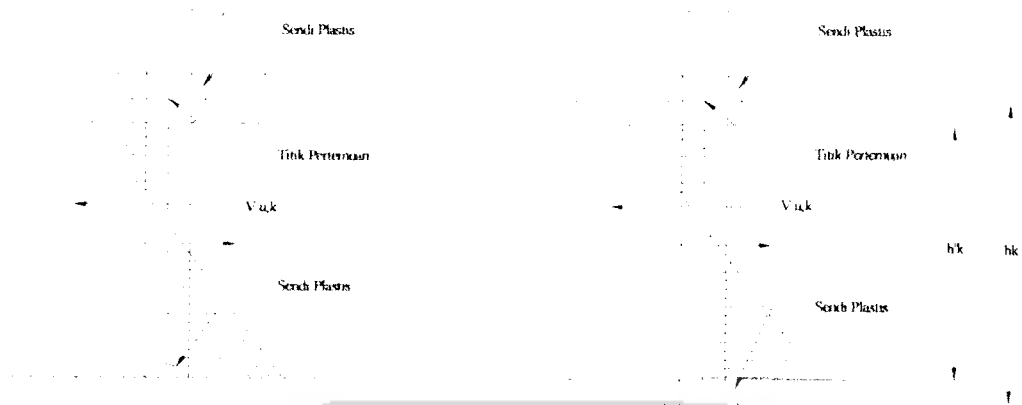
$V_{L,k}$ = Gaya geser kolom akibat beban hidup

$V_{E,k}$ = Gaya geser kolom akibat beban gempa

K = Faktor jenis bangunan, diambil $K = 1$

$M_{kap,bawah}$ = kapasitas lentur ujung dasar kolom lantai dasar

$M_{nak,bawah}$ = kapasitas lentur nominal aktual ujung dasar kolom lantai dasar



Gambar 3.11 Kolom dengan $M_{u,k}$ berdasarkan Kapasitas Sendi Plastik Balok

3.6.5 Perencanaan panel pertemuan Balok-Kolom

Panel pertemuan rangka join harus memenuhi beberapa ketentuan. Momen lentur dan gaya geser kolom, serta geser horizontal 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:

dimana: b_j = lebar efektif join (mm)

h_c = tinggi total penampang kolom daerah geser (mm)

Gaya geser horizontal V_{jh} ditahan oleh dua (2) mekanisme kuat geser join yaitu:

- Start beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung join yang memikul gaya geser V_{ch} .
- Mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horizontal dan start beton diagonal daerah tarik join yang memikul gaya geser V_{sh} .

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

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

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} \right) - 0,1 \cdot f_c' \cdot b_j \cdot h_j} \dots\dots\dots (3.181)$$

- Balok diberi gaya prategang yang melewati join, maka

$$V_{ch} = 0,7 \cdot P_{es} \dots\dots\dots (3.182)$$

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

- 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:

$$V_{ch} = 0,5 \cdot \frac{A_s'}{A_s} \cdot V_{jh} \left(1 + \frac{N_{u,k}}{0,4 \cdot A_g \cdot f_c'} \right) \dots\dots\dots (3.183)$$

Dimana rasio $\frac{A_s'}{A_s}$ tidak boleh lebih besar dari satu (1).

Bila tegangan rata-rata minimum pada penampang bruto di atas join kurang dari

$0,1 \cdot f_c' (\rho_c < 0,1 \cdot f_c')$ maka:

$$V_{ch} = V_{jh} - \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} \right)} - 0,1 \cdot f_c' b_j \cdot h_j \quad \dots\dots\dots (3.184)$$

Pada join rangka dengan melakukan relokasi sendi plastis:

$$V_{sh} = V_{jh} - 0,5 \cdot \frac{A_s'}{A_s} \cdot V_{jh} \left(1 + \frac{N_{u,k}}{0,4 \cdot A_g \cdot f_c'} \right) \quad \dots\dots\dots (3.185)$$

Luas total efektif tulangan geser horisontal yang melewati bidang kritis diagonal yang diletakkan di daerah join efektif (b_j) tidak boleh kurang dari:

$$A_{jh} = \frac{V_{jh}}{f_y} \quad \dots\dots\dots (3.186)$$

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

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

$$V_{jv} = V_{jh} \cdot \frac{h_c}{b_j} \quad \dots\dots\dots (3.187)$$

Tulangan join geser vertikal didapat dari: $V_{sv} = V_{jv} - V_{cv}$ (3.188)

$$\text{Maka: } V_{cv} = A_{sc'} \cdot \frac{V_{sh}}{V_{sc}} \left(0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g \cdot f_c'} \right) \quad \dots\dots\dots (3.189)$$

$$\text{Sehingga luas tulangan join vertikal: } A_{jv} = \frac{V_{jv}}{f_y} \quad \dots\dots\dots (3.190)$$

Dimana: $A_{sc'}$ = luas tulangan longitudinal tekan

A_{sc} = luas tulangan longitudinal tarik

3.7 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan tangga non-struktural dari bangunan. Perencanaan tangga meliputi perencanaan dimensi serta penulangan tangga. Desain tangga umumnya menggunakan bordes selain berfungsi sebagai tempat berhenti sejenak pengguna tangga untuk beristirahat, juga untuk efisiensi kebutuhan ruang tangga sehingga tidak memakan tempat terlalu banyak.

3.7.1 Perencanaan Dimensi Tangga

Perencanaan ulang (*redesign*) dimensi tangga pada Gedung Gama Book Plaza Jogjakarta meliputi: lebar jumlah *optrede* dan *antrede* pada anak tangga, panjang tangga, lebar dan tinggi bordes. Perencanaan dimensi tangga yang baik akan memberikan rasa nyaman karena pengguna tangga tidak membutuhkan banyak tangga untuk menaiki/menuruninya sehingga tidak cepat lelah dan juga aman, tidak membahayakan pengguna karena sudut kecuraman tangga yang besar sehingga bahaya tergelincirnya pengguna tangga dapat dihindari.

Langkah-langkah perencanaan tangga adalah sebagai berikut:

1. Menentukan lebar dan jumlah *antrede* dan *optrede*
 - a. Tinggi bersih antar lantai (h) dalam meter dapat diketahui
 - b. Lebar bordes (LB) dalam meter dapat ditentukan, diambil $\geq 1,20$ meter
 - c. Tinggi *optrede* ideal ≤ 20 cm (15-18 cm)

$$\text{Jumlah } optrede = \frac{h}{h_o} \text{ (dibulatkan keatas)} \dots\dots\dots (3.191)$$

$$\text{Sehingga tinggi } optrede \text{ sebenarnya } h_o = \frac{h}{\text{jumlah } optrede} \dots\dots\dots (3.192)$$

$$M_n = A_s \text{ada} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \geq \frac{M_u}{\Phi} \quad \dots\dots\dots (3.212)$$

3.8 Perencanaan Pondasi

Pada perencanaan ulang Gedung Gama Book Plaza Jogjakarta, kami merencanakan menggunakan pondasi telapak menerus (continues footing). Pondasi ini harus memenuhi persyaratan untuk mampu dengan aman menyebarkan beban yang diteruskannya sedemikian rupa sehingga kapasitas atau daya dukung tanah tidak dilampaui.

Beban-beban yang bekerja pada pondasi telapak menerus diperhitungkan dari beban kolom yang dipikul ditambah beban sendiri pondasi dan tanah di atasnya.

3.8.1 Perencanaan Dimensi Penampang Pondasi

Langkah-langkah perencanaan pondasi adalah sebagai berikut:

A. Menentukan data untuk perencanaan pondasi

- Tegangan leleh baja (f_y) : dalam satuan Mpa
- Kuat desak rencana beton (f_c') : dalam satuan Mpa
- Data-data tanah berupa berat volume tanah tersebut (γ'), sudut geser dalam (ϕ), dan kohesi (c).
- Pada perencanaan digunakan pola keruntuhan geser umum (*General Shear Failure*) dengan asumsi bentuk bujur sangkar.

B. Menentukan dimensi luas telapak pondasi

$$q_{\text{all}} = \frac{q_{\text{ultimit}}}{SF} \dots\dots\dots (3.213)$$

q_{all} = daya dukung tanah ijin, berdasarkan tahanan konus (q_c) data sondir.

SF = faktor keamanan, diambil nilai 1,5 – 3.

1) Untuk beban aksial sentris ($e = 0$)

$$A_{\text{perlu}} = \frac{P + \text{Berat tanah diatas pondasi} + \text{berat pondasi}}{q_{\text{all}}} \dots\dots\dots (3.214)$$

2) Untuk beban aksial dan momen eksentris ($e \neq 0$)

Jika resultan beban-beban eksentris dan momen yang harus didukung pondasi, momen-momen tersebut dapat digantikan dengan beban vertikal, yang titik tangkap gayanya adalah jarak e' dari pusat berat pondasi.

$$q_{\text{all max}} = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6.e}{b} \right) \dots\dots\dots (3.215)$$

$$q_{\text{all min}} = \frac{P}{A} \left(1 - \frac{6.e}{b} \right) \dots\dots\dots (3.216)$$

- Pada kondisi dimana: $e < 1/6.b \rightarrow q_{\text{all}}$ negatif (-)

$e = 1/6.b \rightarrow q_{\text{all}}$ bernilai nol (0)

$e > 1/6.b \rightarrow q_{\text{all}}$ positif (+)

Eksentrisitas kolom menyebabkan tegangan tanah dibawah pondasi tidak merata, tetapi diasumsikan berubah linier sepanjang telapak, sehingga:

$$q_{\text{all rata-rata}} = \frac{1}{2} (q_{\text{all max}} + q_{\text{all min}}) \dots\dots\dots (3.217)$$

Sehingga untuk dimensi telapak, digunakan nilai q_{all} terbesar:

$$A_{\text{perlu}} = \frac{P}{q_{\text{ult maks}}} \left(1 + \frac{6.e}{b} \right) \dots\dots\dots (3.218)$$

Sehingga tegangan kontak di dasar pondasi adalah:

$$q_u = \frac{P}{A_{\text{ada}}} \dots\dots\dots (3.219)$$

C. Kontrol kapasitas daya dukung tanah (q_{ult})

Kapasitas daya dukung tanah yang terjadi di dasar pondasi adalah:

$$q_{\text{ult netto}} = q_{\text{ult bruto}} - q \dots\dots\dots (3.220)$$

$$q = h \cdot \gamma' \dots\dots\dots (3.221)$$

dimana:

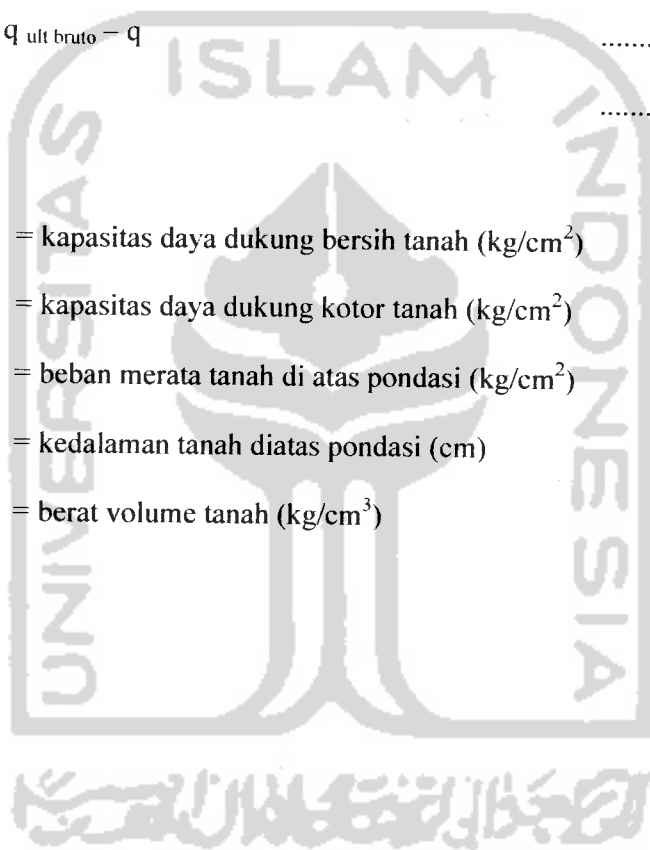
$q_{\text{ult netto}}$ = kapasitas daya dukung bersih tanah (kg/cm^2)

$q_{\text{ult bruto}}$ = kapasitas daya dukung kotor tanah (kg/cm^2)

q = beban merata tanah di atas pondasi (kg/cm^2)

h = kedalaman tanah diatas pondasi (cm)

γ' = berat volume tanah (kg/cm^3)

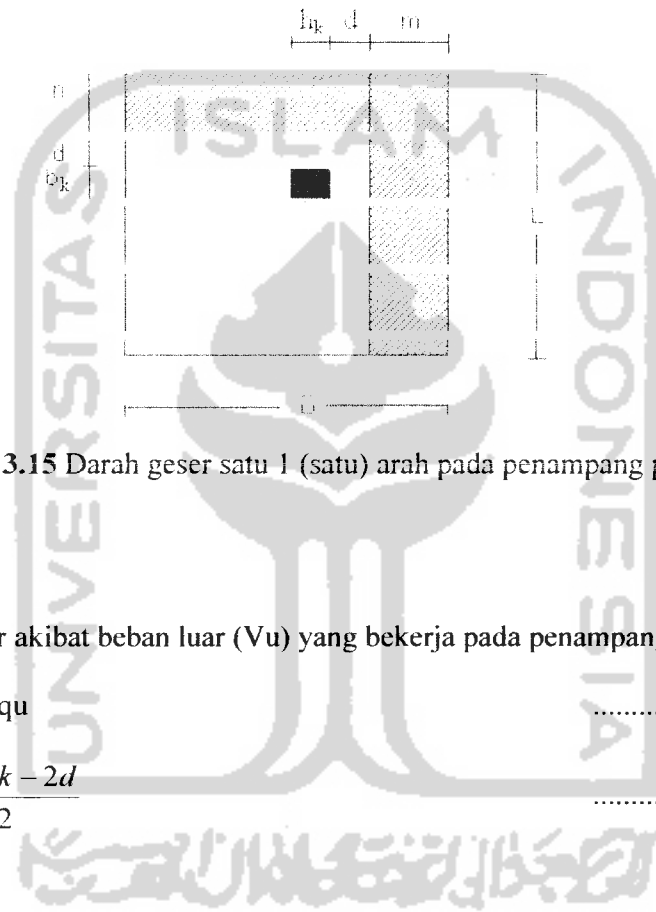


3.8.2 Perencanaan Geser Pondasi

3.8.2.1 Geser 1 (satu) Arah

Tebal pelat (h) diasumsikan terlebih dahulu, sehingga nilai d dapat dicari

$$d = h - \text{Penutup beton (Pb)} - 1/2 \cdot \varnothing_{\text{tulangan}} \quad \dots\dots\dots (3.222)$$



Gambar 3.15 Daerah geser satu 1 (satu) arah pada penampang pondasi

Arah - X

- Gaya geser akibat beban luar (V_u) yang bekerja pada penampang kritis:

$$V_u = m \cdot L \cdot q_u \quad \dots\dots\dots (3.223)$$

$$m = \frac{P - h_k - 2d}{2} \quad \dots\dots\dots (3.224)$$

- Kekuatan beton menahan geser (V_c):

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot P \cdot d \geq V_u / \Phi \quad \dots\dots\dots (3.225)$$

Arah - Y

$$\emptyset \cdot Pn_{pondasi} = \emptyset \cdot Pn_{kolom}$$

3.8.4 Perencanaan Tulangan Lentur Pondasi

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

Momen yang terjadi

Tulangan arah – X

$$l_1 = \frac{Pp - hk}{2} \dots\dots\dots (3.242)$$

$$Mux = Mu_2 = 0,5 \cdot qux \cdot l_1^2 \dots\dots\dots (3.243)$$

Tulangan arah – Y

$$l_2 = \frac{Lp - tk}{2} \dots\dots\dots (3.244)$$

$$Muy = Mu_2 = 0,5 \cdot qux \cdot l_2^2 \dots\dots\dots (3.245)$$

Diambil nilai Mu_1 atau Mu_2 yang terbesar. Untuk Mu yang besar letak tulangan dibawah sedangkan Mu yang kecil letak tulangan diatas.

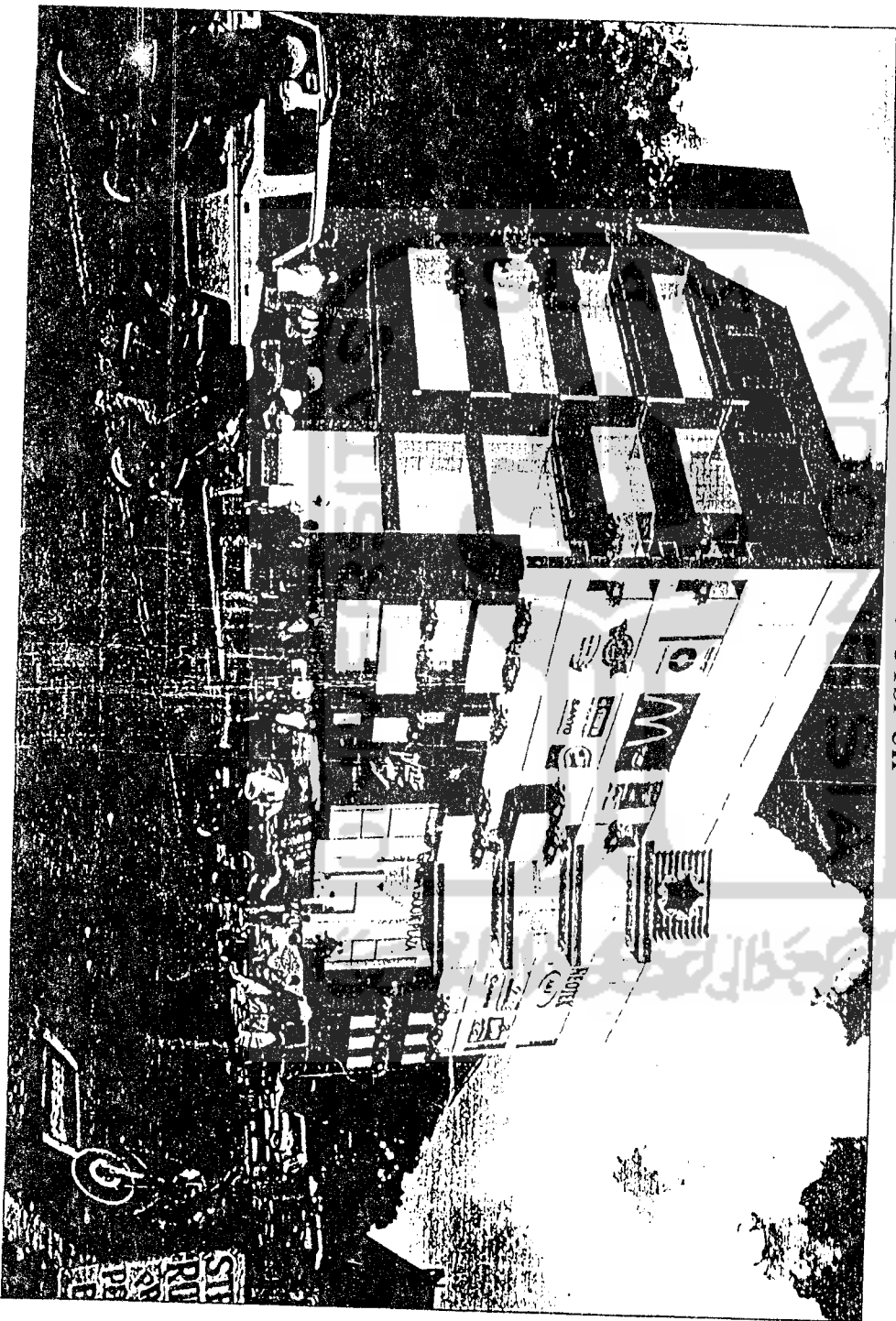
$$\text{Luas tampang 1 tulangan pokok: } A_{10} = 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \dots\dots\dots (3.246)$$

Tebal pelat (h) diasumsikan terlebih dahulu, sehingga nilai d dapat dicari:

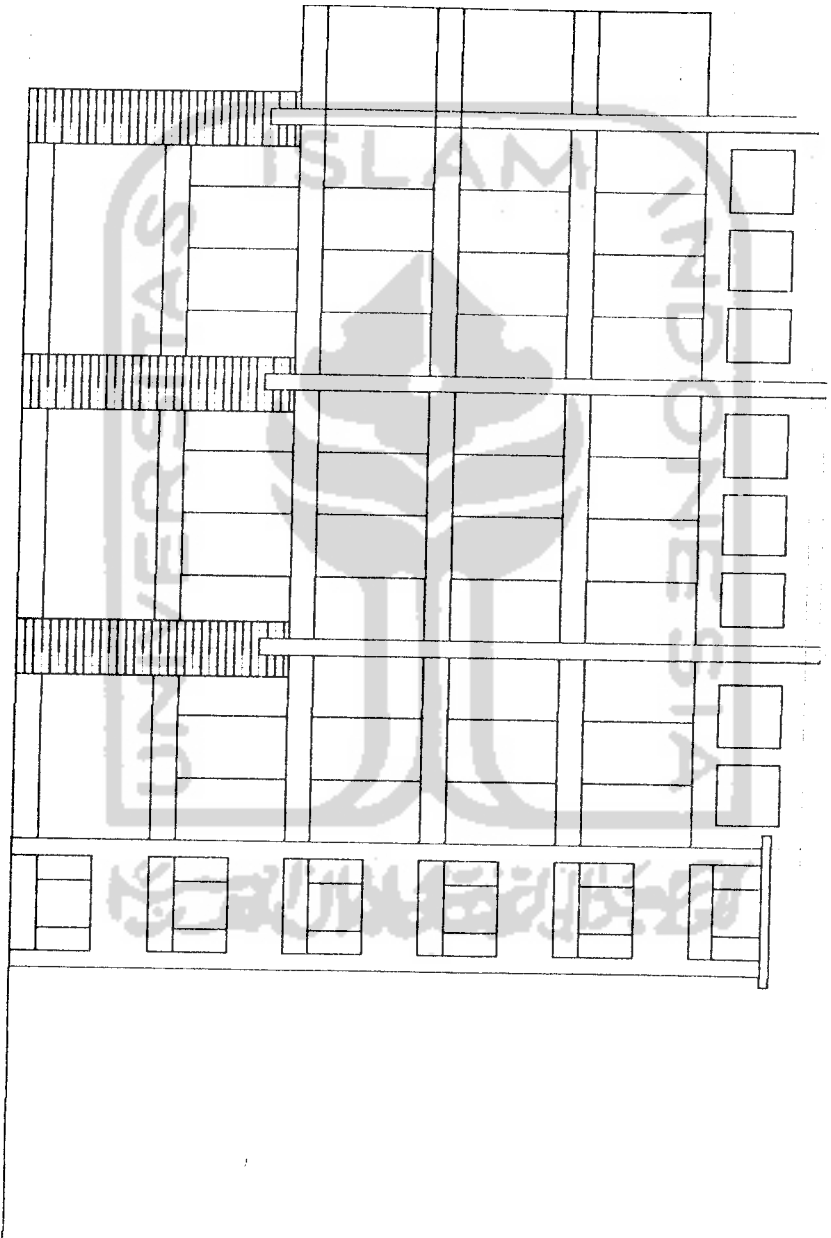
$$d = h - Pb - \frac{1}{2} \emptyset_{tul.pokok} \dots\dots\dots (3.247)$$

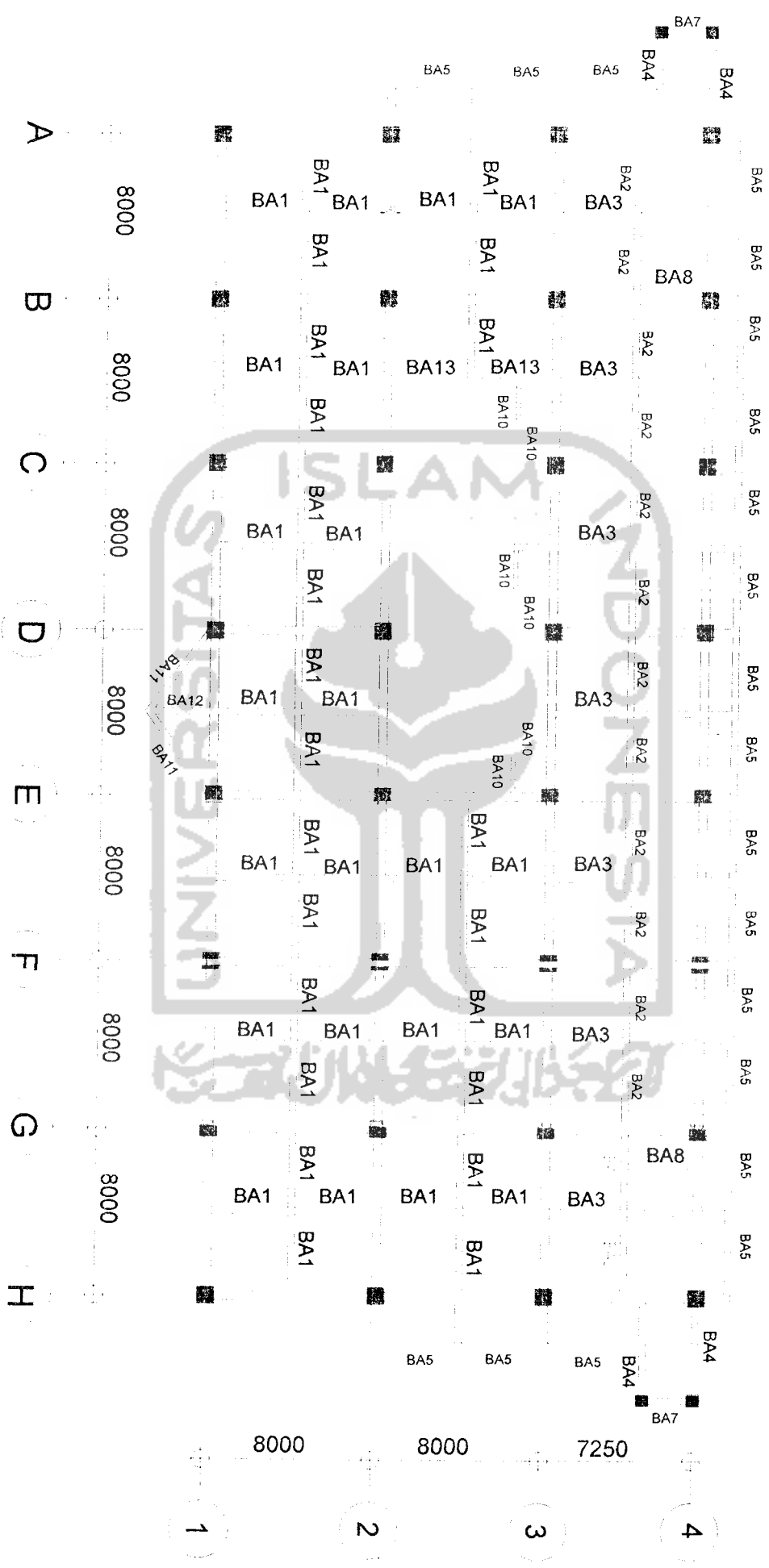
Untuk fondasi diambil nilai penutup beton (Pb) > 70 mm

GAMBAR GAMMA BOOKPLAZA JIKA SUDAH BEROPERASI PENUH DI JALAN KALILURANG
KONTRAKTOR : PT. NEOCELINDO INTI BETON
PEMILIK : UNIVERSITAS GADJAH MADA
REDESAINER : BAMBANG DWIARTADI
NO. MHS : 96 310 270 FTSP UH



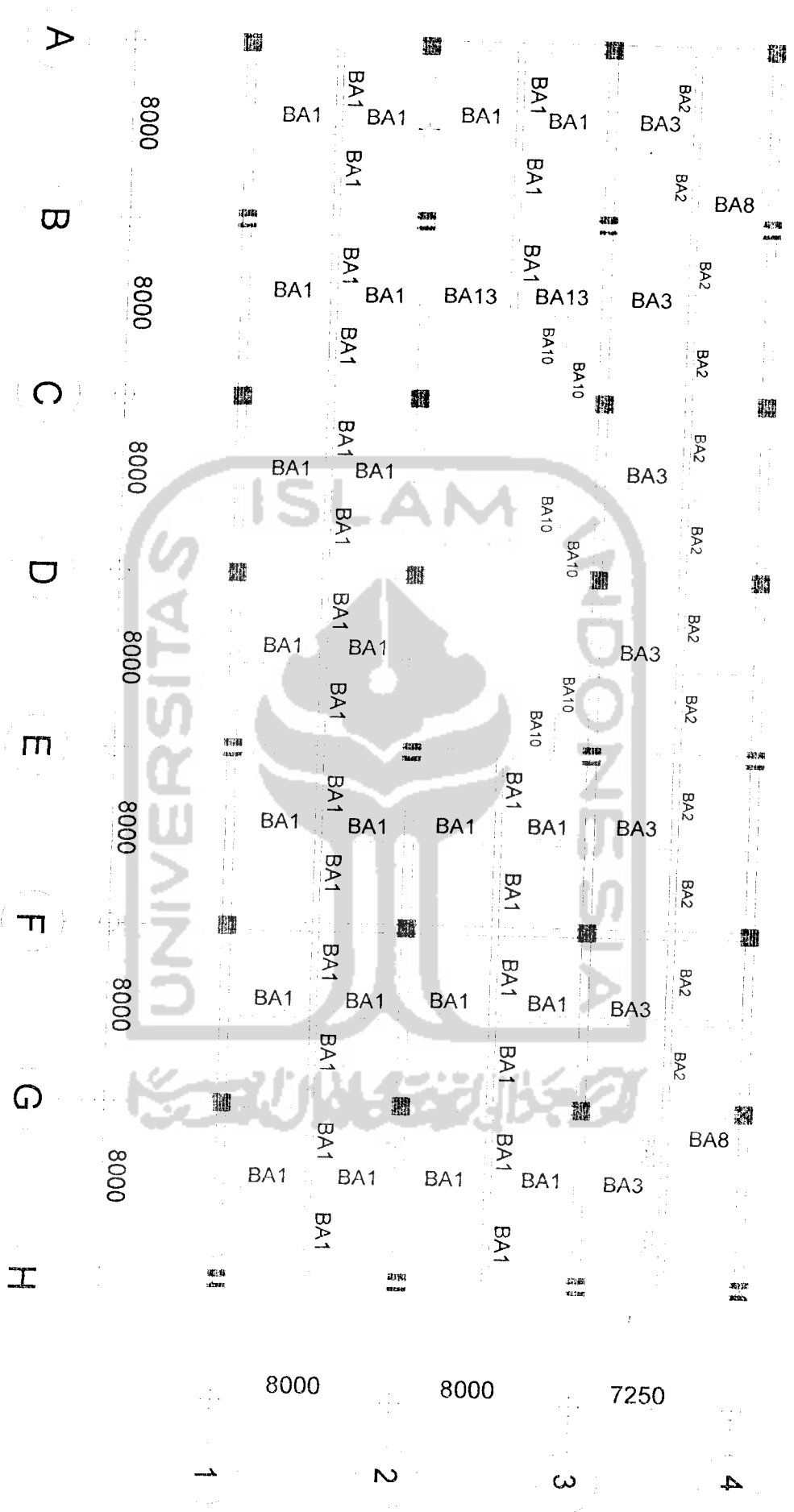
TAMPAK SAMPING KANAN





RENCANA BALOK ANAK LANTAI 2 - 6

SKALA 1 : 250



RENCANA BALOK ANAK ATAP

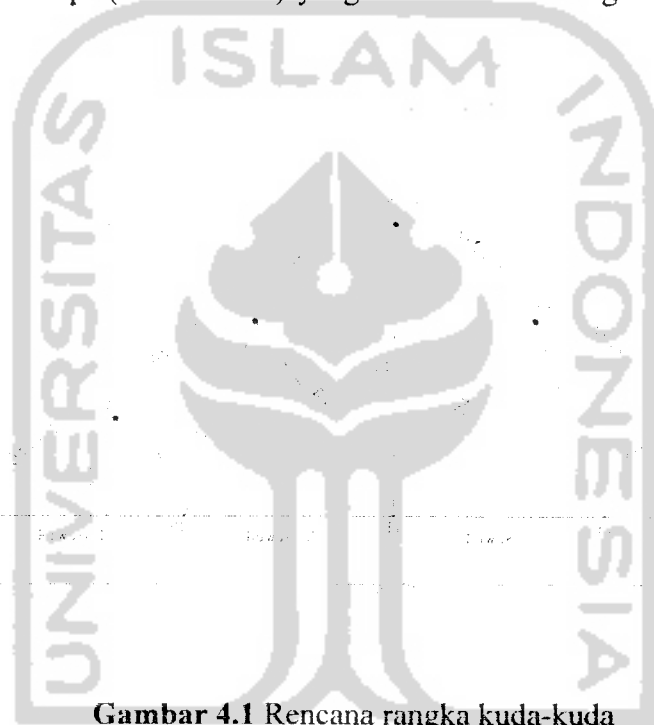
SKALA 1: 250

BAB IV

PERENCANAAN PERHITUNGAN STRUKTUR KONSTRUKSI

4.1 Perencanaan Atap penutup void

Pada perencanaan ulang Gedung *Gama Book Plaza* ini, untuk menutup void digunakan rangka atap (kuda-kuda) yang direncanakan dengan menggunakan profil baja .



Gambar 4.1 Rencana rangka kuda-kuda

4.1.1 Perencanaan Gording

1. Data-data

Jarak antar kuda-kuda = 4,0 m

Mutu baja Profil BJ 37

Tegangan leleh minimum (F_y) = 2400 kg/cm²

Kuat tarik minimum (F_u) = 3700 kg/cm²

Mutu baut A325x (baut non full drat)

70

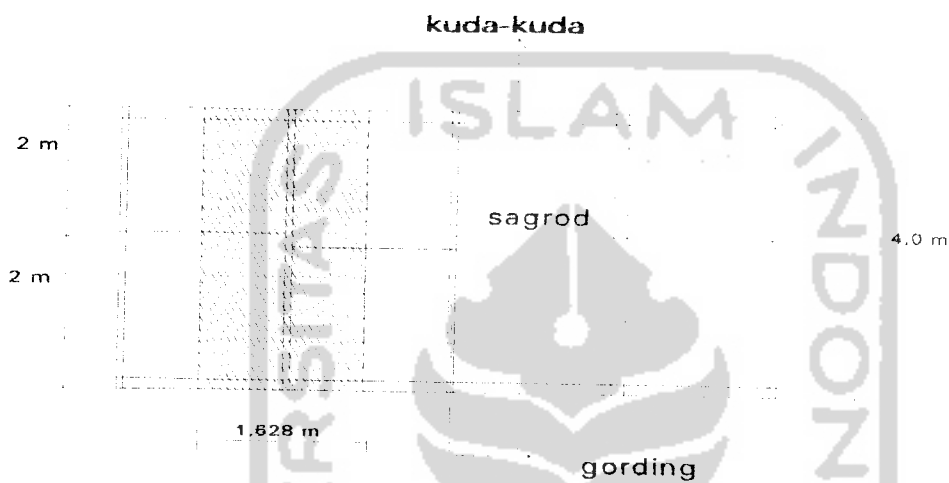
$F_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$, $F_v = 2050 \text{ kg/cm}^2$

Direncanakan terhadap bangunan di darat.

2. Panjang batang dari kuda-kuda

Panjang batang kuda-kuda dengan bentang : 8 m.

3. **Pembebanan Gording**



Gambar 4.2 Pembebanan gording

A. **Beban mati**

Berdasar pada SKBI 1987 diketahui :

- Beban penutup atap fiber glass = 10 kg/m^2

$$= 10 \times 1,628 \text{ (jarak gording)} = 16,28 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban gording (taksiran)} = 10 \text{ kg/m} +$$

$$= 26,28 \text{ kg/m}$$

$$\approx 0,263 \text{ kN/m}$$

Gambar 4.3. Arah pembebanan gording

$$q_y \Rightarrow q \cos \alpha = 26,28 \cdot \cos 35^\circ = 21,5 \text{ kg/m} \approx 0,215 \text{ kN/m}$$

$$q_x \Rightarrow q \sin \alpha = 26,28 \sin 35^\circ = 15 \text{ kg/m} \approx 0,15 \text{ kN/m}$$

Beban hidup

$$P = 100 \text{ kg/m (SKBI '87)} \approx 1 \text{ kN/m}$$

$$P_{1,y} \Rightarrow P \cos \alpha = 100 \cos 35^\circ = 81,9 \text{ kg} \approx 0,819 \text{ kN}$$

$$P_{Lx} \Rightarrow P \sin \alpha = 100 \sin 35^\circ = 57,35 \text{ kg} \approx 0,559 \text{ kN}$$

Beban angin

Pada bangunan daerah di darat menurut (SKBI 1987), $w = 25 \text{ kg/cm}^2$

- Beban Angin tekan (w_t) $\alpha < 65^\circ$

Diketahui sudut $\alpha = 35^\circ$

$$C_1 = 0,02 \alpha - 0,4 = 0,02 \cdot 35 - 0,4 = 0,3$$

$$W_t = C_1 \cdot w \cdot \text{jarak gording} = 0,3 \cdot 25 \cdot 2 = 15 \text{ kg/m} \approx 0,15 \text{ kN/m}$$

- Beban Angin hisap (w_h)

$$C_2 = -0,4$$

$$w_h = C_2 \cdot w \cdot \text{jarak gording} = -0,4 \cdot 25 \cdot 2 = -20 \text{ kg/m} \approx -0,2 \text{ kN/m}$$

D. Perhitungan momen

Kombinasi I (beban mati + beban hidup)

$$\begin{aligned} \text{Dari } q_y \Rightarrow M_y &= 1/8 \cdot q_y \cdot b^2 + 1/4 \cdot P_{Ly} \cdot L \\ &= 1/8 \cdot 21,5 \cdot 4^2 + 1/4 \cdot 81,9 \cdot 4 = 124,9 \text{ kgm} \approx 1,25 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dari } q_x \Rightarrow M_x &= 1/8 \cdot q_x \cdot b^2 + 1/4 \cdot P_{Lx} \cdot s \\ &= 1/8 \cdot 15 \cdot 2^2 + 1/4 \cdot 57,35 \cdot 2 = 36,175 \text{ kgm} \approx 0,36 \text{ kNm} \end{aligned}$$

• Kombinasi 2 (beban mati+ angin)

$$w_y = 21,5 + 15 = 36,5 \text{ kg/m} \quad w_x = 20 \text{ kg/m}$$

$$M_y = (1/8)(36,5)(4^2) = 73 \text{ kgm} \approx 0,73 \text{ kNm}$$

$$M_x = (1/8)(20)(2^2) = 10 \text{ kgm} \approx 0,1 \text{ kNm}$$

Dicoba profil : 150x50x20x2,3(Light Lip Channel)

$$A = 6,322 \text{ cm}^2 \quad w = 4,96 \text{ kg/m}$$

$$I_x = 210 \text{ cm}^4 \quad S_x = 28 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 21,9 \text{ cm}^4 \quad S_y = 6,33 \text{ cm}^3$$

E. Dimensi gording

Kontrol tegangan

$$\frac{f_{bx}}{0,66 F_y} + \frac{f_{by}}{0,75 F_y} \leq 1,0$$

$$f_{bx} = \frac{M_{y \cdot \max}}{S_x} = \frac{124,9 \cdot 100}{28} = 446 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{by} = \frac{M_{x \cdot \max}}{S_y} = \frac{36,175 \cdot 100}{6,33} = 571,48 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{446}{0,66 \cdot 2400} + \frac{571,8}{0,75 \cdot 2400} = 0,599 \leq 1,0 \Rightarrow \text{Ok}$$

a. Kontrol lendutan

$$\delta_{\perp} = \frac{5}{384} \frac{q_{\perp} \cdot L^4}{EI_x} + \frac{1}{48} \frac{P_{\perp} \cdot L^3}{EI_x} \leq \frac{L}{400}$$

$$= \frac{5}{384} \frac{21,5 \cdot 10^{-2} \cdot 400^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 210} + \frac{1}{48} \frac{81,9 \cdot 400^3}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 210}$$

$$= 0,41 \leq \frac{400}{400} = 1 \Rightarrow \text{Ok}$$

$$\delta_{//} = \frac{5}{384} \frac{q_{//} \cdot L_v^4}{EI_y} + \frac{1}{48} \frac{P_{//} \cdot L_v^3}{EI_y} \leq \frac{L}{400}$$

$$= \frac{5}{384} \frac{15 \cdot 10^{-2} \cdot 200^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 21,9} + \frac{1}{48} \frac{57,35 \cdot 200^3}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 21,9}$$

$$= 0,276 \leq \frac{400}{400} = 1, \Rightarrow \text{Ok}$$

Cek :

$$\delta = \sqrt{\delta_{\perp}^2 + \delta_{//}^2} = \sqrt{(0,41^2 + 0,276^2)} = 0,49$$

$$= 0,49 < L/400 = 1 \text{ cm} \Rightarrow \text{Ok.}$$

Jadi Gording dipakai Baja profil 150x50x20x2,3(Light Lip Channel)

4.1.2 Perencanaan *Sagrod dan Tierod*

Beban *Sagrod*

Diketahui jarak *Sagrod* (S_s) adalah 2 m.

1. # Berat penutup atap

Berat penutup atap yang berupa fiber dalam SKBI 1987 halaman 6 adalah 10 kg/m^2

2. # Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada atap sesuai SKBI 1987, berupa beban air hujan = $(40 - 0,8\alpha)$, dimana α adalah sudut kemiringan atap.

$$\begin{aligned} & \text{- berat penutup atap} \times \left(\frac{1}{2} \cdot L / \cos \alpha \right) \\ & = 10 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 8 / \cos 35^\circ \right) = 48,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{- beban air hujan} = (40 - 0,8 \cdot 35) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{8}{\cos 35^\circ} \right) = 58,6 \text{ kg/m}$$

- Berat gording

$$\text{(Jumlah gording satu sisi miring} \times \text{berat gording)} = 14,88 \text{ kg/m} +$$

$$\text{Total} = 122,28 \text{ kg/m}$$

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

$$= 122,28 \cdot \sin 35,2 = 140$$

▪ Dimensi *sagrod*

$$A_{\text{sagrod}} = \frac{P_{//}}{0,33 \cdot F_u}$$

$$= \frac{140}{0,33 \cdot 3700} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \text{ sagrod}$$

$$D = \sqrt{\frac{P_{II} \cdot 4}{0,33 \cdot F_u \cdot \pi}}$$

$$D_{sagrod} = \sqrt{\frac{(140 \cdot 4)}{(0,33 \cdot 3700 \cdot \pi)}} = 0,38 \text{ cm} \Rightarrow 4 \text{ mm}$$

$$D_{sagrod} \text{ pakai} = 4 + 3 = 7 \approx 7 \text{ mm}$$

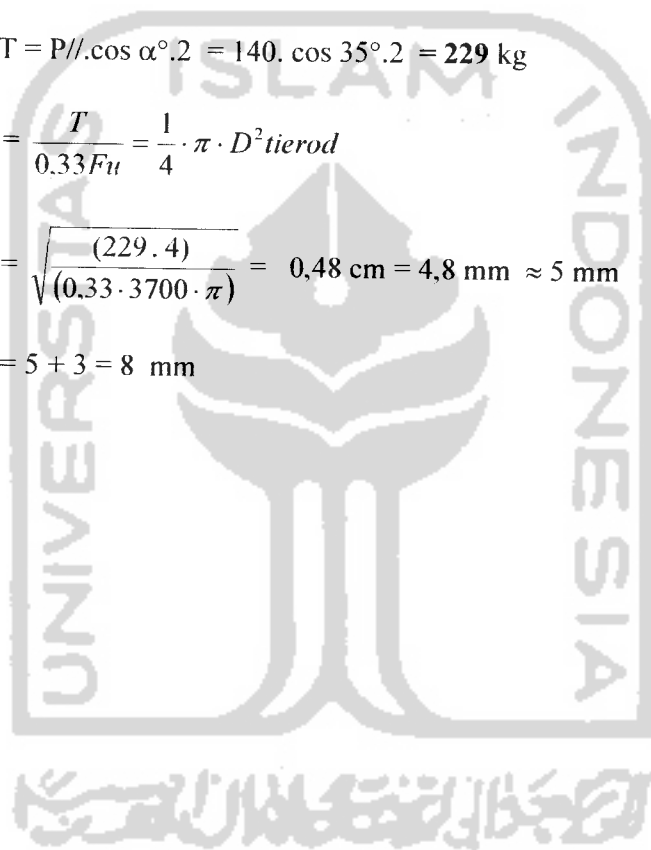
▪ Dimensi *tierod*

$$\text{Beban } \textit{tierod}; T = P_{II} \cdot \cos \alpha^\circ \cdot 2 = 140 \cdot \cos 35^\circ \cdot 2 = \mathbf{229 \text{ kg}}$$

$$A_{\textit{tierod}} = \frac{T}{0,33 F_u} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2_{\textit{tierod}}$$

$$D_{\textit{tierod}} = \sqrt{\frac{(229 \cdot 4)}{(0,33 \cdot 3700 \cdot \pi)}} = 0,48 \text{ cm} = 4,8 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

$$D_{\textit{tierod}} \text{ pakai} = 5 + 3 = 8 \text{ mm}$$



4.1.3 Perencanaan kuda-kuda

$$L = 8 \text{ m} \quad \alpha = 35^\circ$$

Gambar 4.4 Pembebanan kuda-kuda

Pembebanan pada kuda-kuda :

Beban mati

- berat gording (diambil dari profil) = 4,96 kg/m
- berat penutup atap fiber = 10 kg/m²
- beban taksiran kuda-kuda :

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

$$W = \left(10 \pm \left(\frac{8-12}{3} \right) \cdot 5 \right) \cdot 4 = 66,6 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup

Karena air hujan (air hujan = 40 kg/m², SKBI '87)

$$= (40 - 0,8\alpha) = (40 - 0,8 \times 35) = 12 \text{ kg/m}$$

Karena orang (pekerja) = 100 kg \approx 1 kN \Rightarrow terpusat

$$W_{t_2} = W_{t_3}$$

$$7,5 \times ((\frac{1}{2} \times 1,628) + (\frac{1}{2} \times 1,628)) \times 4,0 = 48,84 \text{ kg}$$

$$X = 28 ; Z = 40$$

$$W_{t_4} = 7,5 \times (\frac{1}{2} \times 1,628) \times 4,0 = 24,42 \text{ kg}$$

$$X = 14 ; Z = 20$$

o Sisi Kanan

$$W_{h_4} = -10 \times (\frac{1}{2} \times 1,628) \times 4,0 = -32,56 \text{ kg}$$

$$X = -18,6 \text{ kg} ; Z = -26,67 \text{ kg}$$

$$W_{h_5} = W_{h_6}$$

$$= -10 \times (\frac{1}{2} \times 1,628 + \frac{1}{2} \times 1,628) \times 4,0 = -65,12 \text{ Kg}$$

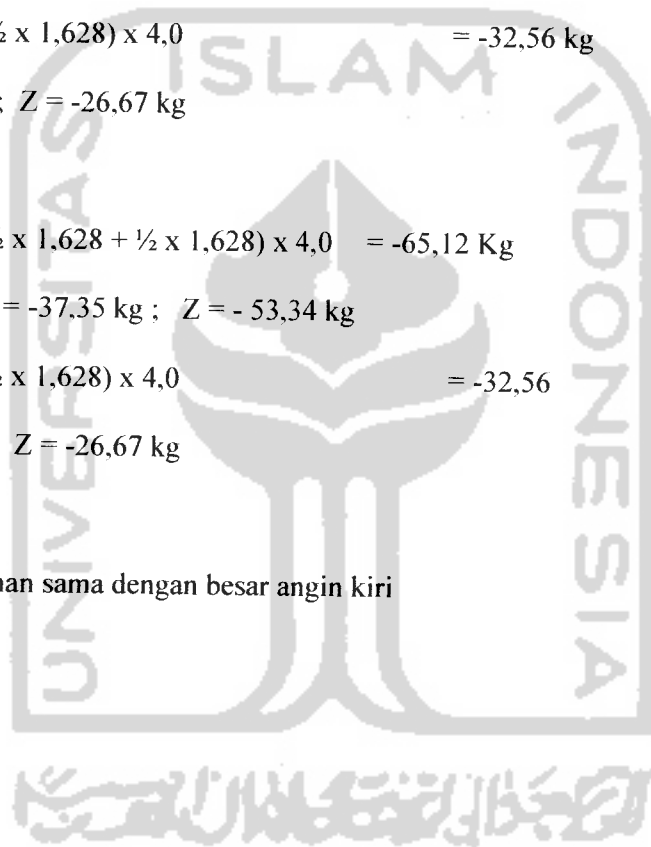
$$X = -37,35 \text{ kg} ; Z = -53,34 \text{ kg}$$

$$W_{h_7} = -10 \times (\frac{1}{2} \times 1,628) \times 4,0 = -32,56$$

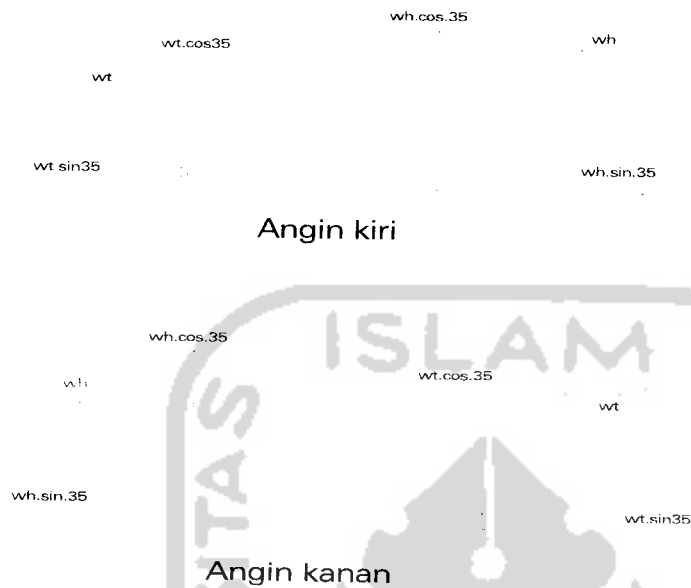
$$X = -18,6 \text{ kg} ; Z = -26,67 \text{ kg}$$

Angin kanan

Besar angin kanan sama dengan besar angin kiri



Keterangan :



Gambar 4.5. Arah angin kanan dan arah angin kiri .

4.1.3 Perencanaan Dimensi batang Profil

Batang atas

Batang Tarik

Gaya tarik maksimal = 6,526 kN \approx 652,6 kg

Panjang batang maksimal = 162,77 cm

$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ $F_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$

Syarat batang tarik

$$\frac{L}{r} \leq 240 \text{ s/d } 300 \quad \Rightarrow r \text{ min} = \frac{L}{240} = \frac{162,77}{240} = 0,678 \text{ cm}$$

Kontrol tegangan

$$\frac{P}{A_{profil}} \leq 0,6 F_y \Rightarrow \frac{1033,9}{5,34} \leq 0,6 \cdot 2400$$

$$193,6 \text{ kg/cm}^2 \leq 1440 \text{ kg/cm}^2 \dots\text{Ok}$$

$$\frac{P}{A_{efektif}} \leq 0,5 F_u \Rightarrow \frac{1033,9}{2,1} \leq 0,5 \cdot 3700$$

$$492 \text{ kg/cm}^2 \leq 1850 \text{ kg/cm}^2$$

* Batang Tekan :

- P Tekan (-) maks = 218,6 Kg

$$- L = 200 \text{ cm} \Rightarrow A_{bruto} = \frac{P}{0,6 \cdot F_y} = \frac{218,6}{0,6 \cdot 2400} = 0,15 \text{ cm}^2$$

$$- r_{min} = \frac{L}{240} = \frac{200}{240} = 0,833 \text{ cm}$$

Digunakan profil 2L 35x35x4

$$A = 2 \times 2,67 = 5,34 \text{ cm}^2$$

Dipakai $r = 1,05 \text{ cm}$

Cek Local Buckling :

$$\frac{bf}{tw} \leq \frac{76}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow (\text{Fy dalam ksi})$$

$$\frac{35}{4} \leq \frac{76}{\sqrt{34.809}} \Rightarrow 8,75 \leq 12,883 \dots\text{Ok}$$

Cek Kelangsingan :

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.200}{1,05} \leq C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{2400}}$$

$$= 190,4 > C_c = 131,35 \rightarrow \text{tekuk elastis}$$

Karena $\frac{KL}{r} > Cc$, maka digunakan rumus :

$$F_a = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \cdot \left(\frac{KL}{r}\right)^2} < 0,6 F_y = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{23 \cdot (190,4)^2} = 298,3 < 0,6 F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol kapasitas :

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

$$= 298,3 \times 5,34 = 1593 > 162 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{ok}$$

C. Batang Diagonal

- Batang Tarik

$$\text{Gaya batang Tarik (P maks)} = 216 \text{ kg}$$

Gambar 4.6. Panjang maksimum batang diagonal

$$\text{Panjang batang tarik maks} = 2,29 \text{ m} = 229 \text{ cm}$$

$$r_{\min} = \frac{L}{240} = \frac{229}{240} = 0,95 \text{ cm}$$

Luas tampang perlu

$$A_{g1} = \frac{P}{0,6 F_y} = \frac{216}{0,6 \cdot 2400} = 0,15 \text{ cm}^2$$

$$A_{g2} = \frac{P}{0,50 \cdot F_u \cdot \mu} + \left(\frac{1}{8} + \phi_{ball} \right) \cdot t_p \cdot n$$

$$- r \text{ min} = \frac{L}{240} = \frac{229}{240} = 0,95 \text{ cm}$$

$$A_{\text{eff perlu}} = \frac{P}{0,5 \cdot F_u} = \frac{356}{0,5 \cdot 3700} = 0,19 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{netto}} = \frac{A_{\text{eff perlu}}}{\mu} = \frac{0,19}{0,75} = 0,253 \text{ cm}^2$$

Digunakan profil 2L 35x35x4

$$A = 2 \times 2,67 = 5,34 \text{ cm}^2$$

Dipakai $r = 1,05 \text{ cm}$

Cek Local Buckling :

$$\frac{bf}{tw} \leq \frac{76}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow \frac{25}{4} \leq \frac{76}{\sqrt{34,809}} \Rightarrow 6,25 \leq 12,883 \dots \text{Ok}$$

Cek Kelangsingan :

$$\frac{KL}{r} = \frac{229}{1,05} \leq C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{2400}}$$

$$= 218 > 131,35 \text{ (tekuk elastis)}$$

Karena $\frac{KL}{r} > C_c$, maka digunakan rumus :

$$F_a = \frac{12 \cdot \pi^3 \cdot E}{23 \cdot (KL/r)^2}$$

$$= \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{23 \cdot (218^2)}$$

$$= 227,54 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol kapasitas :

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

$$= 227,54 \cdot 5,34 = 1215 \text{ kg}$$

Batang Vertikal

Batang tarik

$$\text{Gaya tarik maksimal} = 6,07 \text{ kN} \approx 607 \text{ kg}$$

$$\text{Panjang batang maksimal} = 280 \text{ cm}$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \quad F_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat batang tarik

$$\frac{L}{r} \leq 240 \text{ s/d } 300 \Rightarrow r \text{ min} = \frac{L}{300} = \frac{280}{300} = 0,93 \text{ cm}$$

Luas tampang perlu

$$A_{g1} = \frac{P}{0,6F_y} = \frac{607}{0,6 \times 2400} = 0,42 \text{ cm}^2$$

$$A_{g2} = \frac{T}{0,50 \cdot F_u \cdot \mu} + \left(\frac{l''}{8} + \phi_{\text{baut}} \right) \cdot t_p \cdot n$$

$$= \frac{607}{0,50 \cdot 3700 \cdot 0,75} + (1,27 + 0,3175) \cdot 0,8 \cdot 2 = 2,97 \text{ cm}^2$$

Dicoba profil 2L 35x35x4

$$A = 5,34 \text{ cm}^2 \quad w = 4,2 \text{ kg/m}$$

$$r = 1,05 \text{ cm} \geq r \text{ min} = 0,93 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } r = 1,05 \text{ cm}$$

$$A_{\text{bruto}} = 2 \times 2,67 = 5,34 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{lubang}} = \left(\frac{l''}{8} + \phi_{\text{baut}} \right) \cdot t_p \cdot n = (1,27 + 0,3175) \cdot 0,8 \cdot 2 = 2,54 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{netto}} = A_{\text{bruto}} - A_{\text{lubang}} = 5,34 - 2,54 = 2,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{efektif}} = 0,75 A_{\text{netto}} = 0,75 \cdot 2,8 = 2,1 \text{ cm}^2$$

Kontrol tegangan

$$\frac{P}{A_{\text{profil}}} \leq 0,6 F_y \Rightarrow \frac{607}{5,34} \leq 0,6 \cdot 2400$$

$$113,67 \text{ kg/cm}^2 \leq 1440 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{Ok}$$

$$\frac{P}{A_{\text{efektif}}} \leq 0,5 F_u \Rightarrow \frac{607}{2,1} \leq 0,5 \cdot 3700$$

$$289 \text{ kg/cm}^2 \leq 1850 \text{ kg/cm}^2$$

⇒ Profil yang digunakan 2L 35x35x4

Batang Tekan :

- P tekan (-) maks = 0,1985 kN ≈ 19,85

- L = 280 cm

$$\Rightarrow A_{\text{bruto}} = \frac{P}{0,6 \cdot F_y} = \frac{19,85}{0,6 \cdot 2400} = 0,0138 \text{ cm}^2$$

$$- r_{\text{min}} = \frac{L}{300} = \frac{280}{300} = 0,93 \text{ cm}$$

$$A_{\text{eff perlu}} = \frac{P}{0,5 \cdot F_u} = \frac{19,85}{0,5 \cdot 3700} = 0,01 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{netto}} = \frac{A_{\text{eff perlu}}}{\mu} = \frac{0,01}{0,75} = 0,013 \text{ cm}^2$$

Digunakan profil 2L 35x35x4

$$A = 2 \times 2,67 = 5,34 \text{ cm}^2$$

Dipakai r = 1,05 cm

Cek Local Buckling :

$$\frac{bf}{tw} \leq \frac{76}{\sqrt{F_y}} \Rightarrow \frac{35}{4} \leq \frac{76}{\sqrt{34,809}} \Rightarrow 8,75 \leq 12,883 \dots \text{Ok}$$

Cek Kelangsingan :

$$\frac{KL}{r} = \frac{280}{1,05} \leq C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{2400}}$$

$$= 266,67 > 131,35$$

Karena $\frac{KL}{r} < C_c$, terjadi tekuk elastis, maka digunakan rumus :

$$F_a = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \cdot \left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{23 \cdot (266,67^2)}$$

$$= 152 \text{ kg/cm}^2 < 0,6 F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol kapasitas :

$$P = F_a \cdot A_{total}$$

$$= 152 \cdot 5,34$$

$$= 811,68 \dots \text{kg} \dots \text{Ok.}$$

Tabel Jenis dan berat total kuda-kuda terpakai

Batang	Profil	Berat profil (kg/m)	Panjang (m)	Berat (kg)
Batang atas	2L35x35x4	5,34	9,76	52,1
Batang Bawah	2L35x35x4	5,34	8	42,72
Btg.Diagonal	2L35x35x4	5,34	10,834	57,85
Btg.Vertikal	2L 35x35x4	5,34	2,8	14,9

W Total = 167,57 kg

Kontrol Berat Kuda-kuda :

- Berat Total kuda-kuda = 167,57

- berat baut dan plat sambung = 20 % . berat total kuda-kuda = 33,5 Kg

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } (\Sigma) &= \text{berat total kuda-kuda} + \text{berta baut dan plat sambung} \\ &= 167,57 + 33,5 = 201 \text{ kg} \end{aligned}$$

Panjang bentang kuda-kuda = 8 m

 $(\Sigma/L) < \text{berat taksiran}$

$$\frac{201}{8} < 25,125 \text{ kg/m}$$

25,125 < 66,6 Kg/mOk.

4.1.7 Perencanaan Sambungan

Perhitungan sambungan dilakukan pada setengah bentang rangka kuda-kuda untuk mewakili satu bentang, diambil tebal pelat sambungan = 0,8 cm.

Mutu pelat BJ 37 :

$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \quad F_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu baut A325x Diameter baut = $\frac{1}{2}$ " = 1,27 cm

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

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

$$P_{\text{tumpu}} = t_p \cdot \varnothing_{\text{baut}} \cdot 1,2 \cdot F_u \text{ pelat} \cdot n = 0,8 \cdot 1,27 \cdot 1,2 \cdot 3700 \cdot 1$$

$$\begin{aligned} P_{\text{geser}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot F_v \cdot 2n &&= 4511 \text{ kg} \\ &= \frac{1}{4} \pi \cdot 1,27^2 \cdot 2050 \cdot 2 \cdot 1 &&= 5193,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dipakai P yang terkecil yaitu :

$$P = 4511 \text{ kg}$$

Perhitungan jumlah baut untuk masing-masing joint adalah sebagai berikut :

Rangka KK1 :

1. Joint tepi 1

Batang atas (tekan):

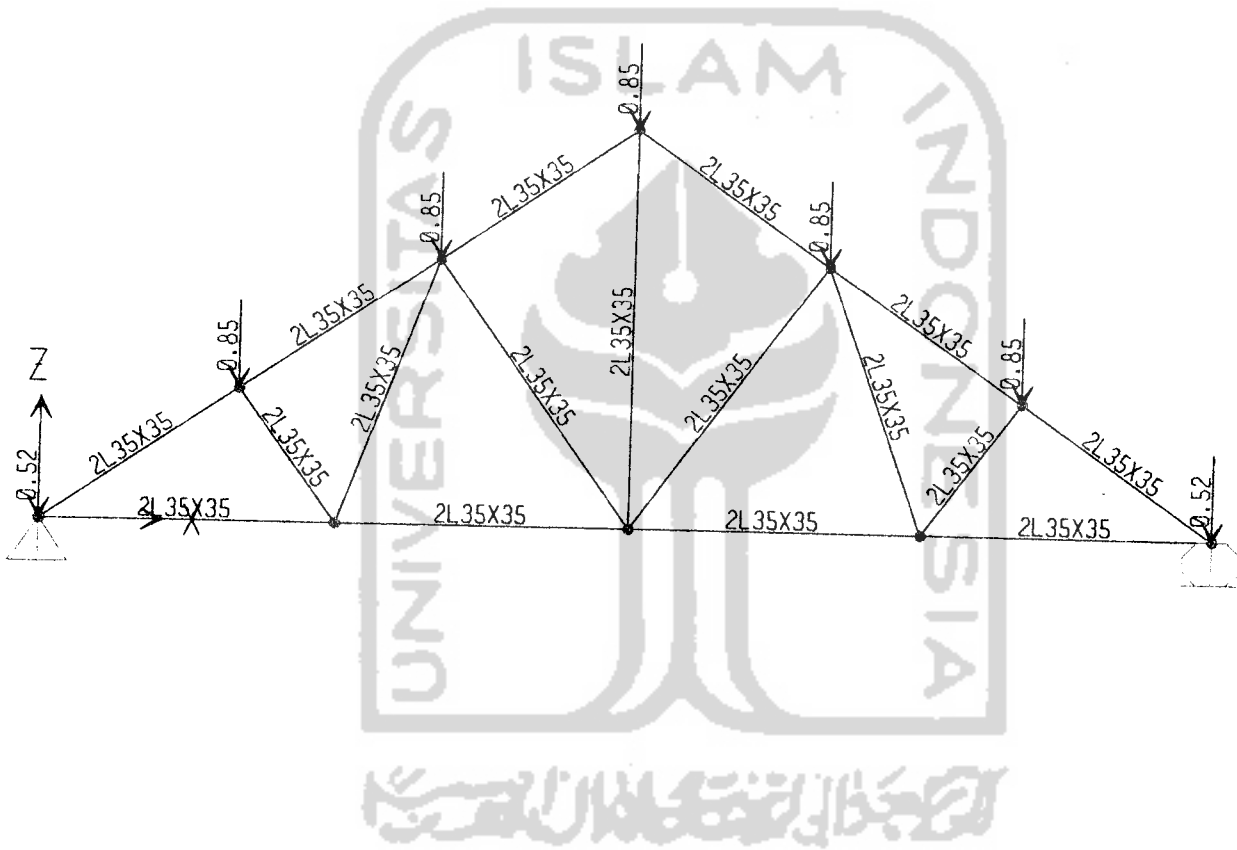
$$P = 1263$$

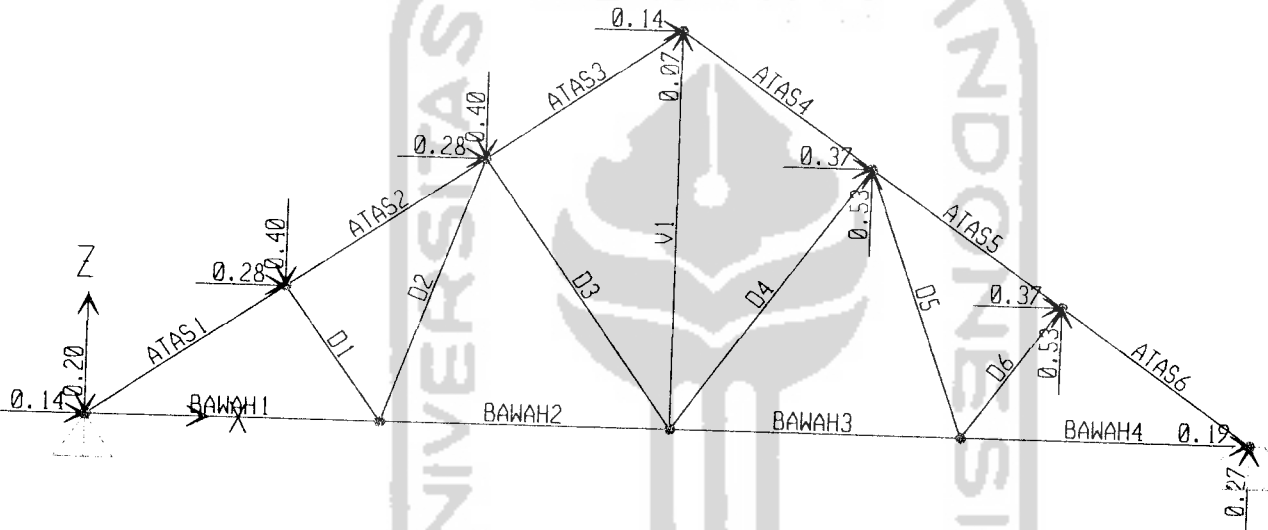
$$n = \frac{1263}{4511} = 0,27 \Rightarrow \text{dipakai jumlah minimal baut} = 2 \text{ baut}$$

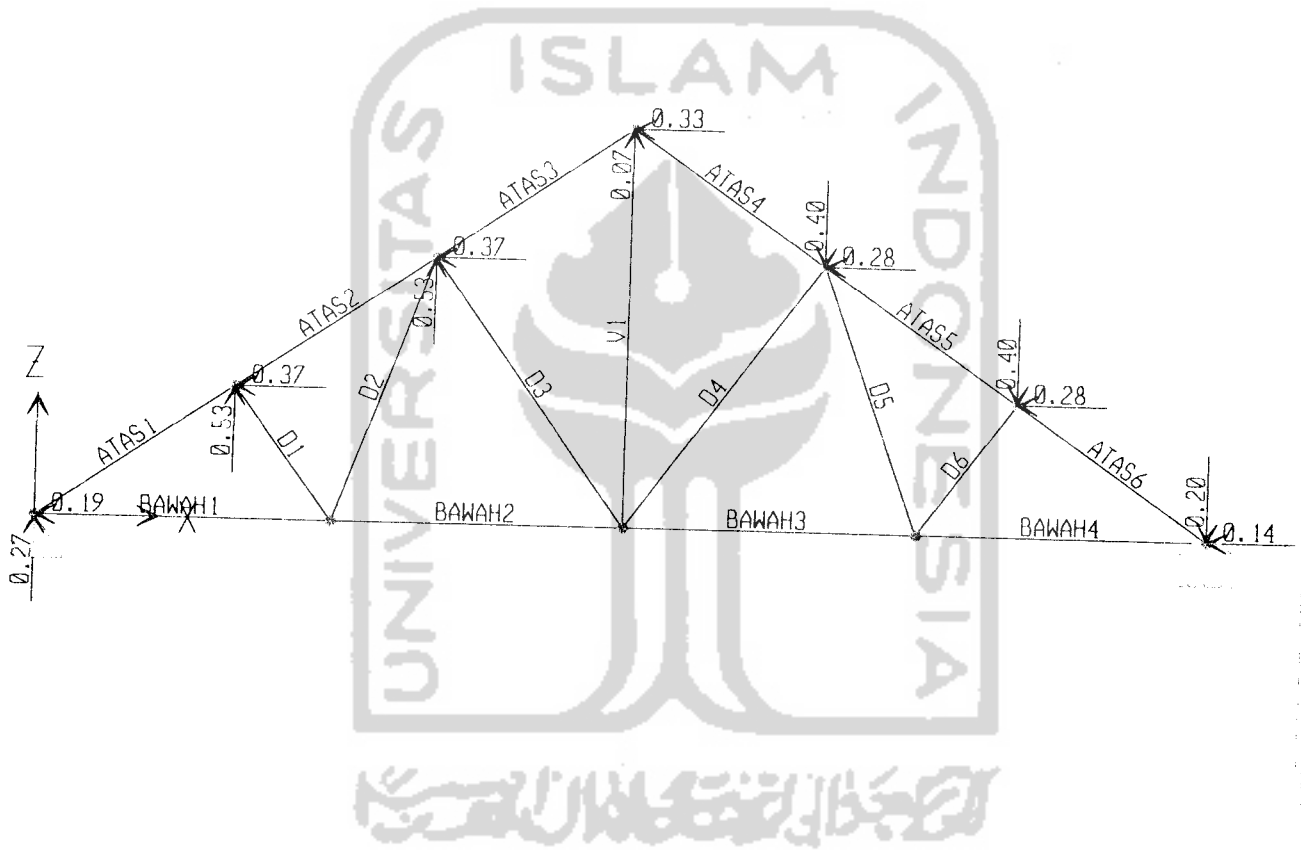
Batang bawah :

$$P = 1033$$

$$n = \frac{1033}{4511} = 0,228 \rightarrow 2 \text{ baut}$$







TABEL GAYA BATANG

BATANG	BEBAN	LETAK	P (kN)
DIAGONAL 1	BEBAN MATI	0.000	-0.756
DIAGONAL 1	BEBAN MATI	0.573	-0.775
DIAGONAL 1	BEBAN MATI	1.147	-0.794
DIAGONAL 1	BEBAN HIDUP	0.000	-0.816
DIAGONAL 1	BEBAN HIDUP	0.573	-0.816
DIAGONAL 1	BEBAN HIDUP	1.147	-0.816
DIAGONAL 1	ANGIN KIRI	0.000	-0.487
DIAGONAL 1	ANGIN KIRI	0.573	-0.487
DIAGONAL 1	ANGIN KIRI	1.147	-0.487
DIAGONAL 1	ANGIN KANAN	0.000	0.650
DIAGONAL 1	ANGIN KANAN	0.573	0.650
DIAGONAL 1	ANGIN KANAN	1.147	0.650
DIAGONAL 1	KOMBINASI 1	0.000	-2.213
DIAGONAL 1	KOMBINASI 1	0.573	-2.236
DIAGONAL 1	KOMBINASI 1	1.147	-2.259
DIAGONAL 1	KOMBINASI 2	0.000	-2.213
DIAGONAL 1	KOMBINASI 2	0.573	-2.236
DIAGONAL 1	KOMBINASI 2	1.147	-2.259
DIAGONAL 1	KOMBINASI 3	0.000	-1.185
DIAGONAL 1	KOMBINASI 3	0.573	-1.208
DIAGONAL 1	KOMBINASI 3	1.147	-1.231
DIAGONAL 2	BEBAN MATI	0.000	0.789
DIAGONAL 2	BEBAN MATI	0.991	0.827
DIAGONAL 2	BEBAN MATI	1.982	0.865
DIAGONAL 2	BEBAN HIDUP	0.000	0.704
DIAGONAL 2	BEBAN HIDUP	0.991	0.704
DIAGONAL 2	BEBAN HIDUP	1.982	0.704
DIAGONAL 2	ANGIN KIRI	0.000	0.421
DIAGONAL 2	ANGIN KIRI	0.991	0.421
DIAGONAL 2	ANGIN KIRI	1.982	0.421
DIAGONAL 2	ANGIN KANAN	0.000	-0.561
DIAGONAL 2	ANGIN KANAN	0.991	-0.561
DIAGONAL 2	ANGIN KANAN	1.982	-0.561
DIAGONAL 2	KOMBINASI 1	0.000	2.072
DIAGONAL 2	KOMBINASI 1	0.991	2.118
DIAGONAL 2	KOMBINASI 1	1.982	2.163
DIAGONAL 2	KOMBINASI 2	0.000	2.072
DIAGONAL 2	KOMBINASI 2	0.991	2.118
DIAGONAL 2	KOMBINASI 2	1.982	2.163
DIAGONAL 2	KOMBINASI 3	0.000	1.186
DIAGONAL 2	KOMBINASI 3	0.991	1.232
DIAGONAL 2	KOMBINASI 3	1.982	1.277
DIAGONAL 3	BEBAN MATI	0.000	-1.259
DIAGONAL 3	BEBAN MATI	1.147	-1.297
DIAGONAL 3	BEBAN MATI	2.294	-1.335

DIAGONAL 3	BEBAN HIDUP	0.000	-1.225
DIAGONAL 3	BEBAN HIDUP	1.147	-1.225
DIAGONAL 3	BEBAN HIDUP	2.294	-1.225
DIAGONAL 3	ANGIN KIRI	0.000	-0.732
DIAGONAL 3	ANGIN KIRI	1.147	-0.732
DIAGONAL 3	ANGIN KIRI	2.294	-0.732
DIAGONAL 3	ANGIN KANAN	0.000	0.976
DIAGONAL 3	ANGIN KANAN	1.147	0.976
DIAGONAL 3	ANGIN KANAN	2.294	0.976
DIAGONAL 3	KOMBINASI 1	0.000	-3.471
DIAGONAL 3	KOMBINASI 1	1.147	-3.516
DIAGONAL 3	KOMBINASI 1	2.294	-3.562
DIAGONAL 3	KOMBINASI 2	0.000	-3.471
DIAGONAL 3	KOMBINASI 2	1.147	-3.516
DIAGONAL 3	KOMBINASI 2	2.294	-3.562
DIAGONAL 3	KOMBINASI 3	0.000	-1.928
DIAGONAL 3	KOMBINASI 3	1.147	-1.974
DIAGONAL 3	KOMBINASI 3	2.294	-2.019
DIAGONAL 4	BEBAN MATI	0.000	-1.259
DIAGONAL 4	BEBAN MATI	1.147	-1.297
DIAGONAL 4	BEBAN MATI	2.294	-1.335
DIAGONAL 4	BEBAN HIDUP	0.000	-1.225
DIAGONAL 4	BEBAN HIDUP	1.147	-1.225
DIAGONAL 4	BEBAN HIDUP	2.294	-1.225
DIAGONAL 4	ANGIN KIRI	0.000	0.976
DIAGONAL 4	ANGIN KIRI	1.147	0.976
DIAGONAL 4	ANGIN KIRI	2.294	0.976
DIAGONAL 4	ANGIN KANAN	0.000	-0.732
DIAGONAL 4	ANGIN KANAN	1.147	-0.732
DIAGONAL 4	ANGIN KANAN	2.294	-0.732
DIAGONAL 4	KOMBINASI 1	0.000	-3.471
DIAGONAL 4	KOMBINASI 1	1.147	-3.516
DIAGONAL 4	KOMBINASI 1	2.294	-3.562
DIAGONAL 4	KOMBINASI 2	0.000	-3.471
DIAGONAL 4	KOMBINASI 2	1.147	-3.516
DIAGONAL 4	KOMBINASI 2	2.294	-3.562
DIAGONAL 4	KOMBINASI 3	0.000	-1.928
DIAGONAL 4	KOMBINASI 3	1.147	-1.974
DIAGONAL 4	KOMBINASI 3	2.294	-2.019
DIAGONAL 5	BEBAN MATI	0.000	0.865
DIAGONAL 5	BEBAN MATI	0.991	0.827
DIAGONAL 5	BEBAN MATI	1.982	0.789
DIAGONAL 5	BEBAN HIDUP	0.000	0.704
DIAGONAL 5	BEBAN HIDUP	0.991	0.704
DIAGONAL 5	BEBAN HIDUP	1.982	0.704
DIAGONAL 5	ANGIN KIRI	0.000	-0.561
DIAGONAL 5	ANGIN KIRI	0.991	-0.561
DIAGONAL 5	ANGIN KIRI	1.982	-0.561

4.2. Perencanaan Pelat Atap

4.2.1. Pembebanan Pelat Atap

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 25 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 240 \text{ Mpa} \rightarrow \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{240}{20000} = 0,0012$$

- Perhitungan beban :

Menentukan tebal pelat lantai (SK.SNI T -15-1991-03)

Diperkirakan balok tepi pelat mempunyai lebar, $b = 300 \text{ mm}$

Maka : bentang bersih pelat $l_n x = 4000 - 300 = 3700 \text{ mm}$

$$l_n y = 4000 - 300 = 3700 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{l_n x}{l_n y} = \frac{3700}{3700} = 1$$

Sehingga tebal pelat lantai tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + f_y/1500)}{36 + 9\beta} = \frac{3700(0,8 + 240/1500)}{36 + 9 \cdot 1} = 78,933 \text{ mm}$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + f_y/1500)}{36} = \frac{3700(0,8 + 240/1500)}{36} = 98,66$$

$78,933 \text{ mm} \leq h \leq 98,66 \text{ mm}$, dipakai $h = 90 \text{ mm}$ (untuk pelat atap)

1. Beban mati pelat atap :

$$\# \text{ Berat sendiri pelat (h = 9 cm)} : 0,09 \times 24 = 2,16 \text{ kN/m}^2$$

$$\# \text{ Lapisan kedap air/aspal (tebal 3 cm)} : 0,03 \times 22 = 0,66 \text{ kN/m}^2 +$$

$$\text{Beban mati total (qD)} = 2,82 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{l_y}{l_x} = 1 < 2, \text{ maka pelat dihitung sebagai pelat 2 arah}$$

Dari koefisien momen pada pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya akibat beban terbagi merata tabel 13.3.2 PBI 1971 .

Maka tumpuan tepi dianggap jepit elastis.

$$\text{Didapat : } c_{lx} = 36,0 \quad c_{tx} = 36,0$$

$$c_{ly} = 36,0 \quad c_{ty} = 36,0$$

$$M_{ux} = 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot c_{lx} = 0,001 \cdot 4,98 \cdot 4^2 \cdot 36 = 2,86 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot c_{tx} = -0,001 \cdot 4,41 \cdot 4^2 \cdot 36 = -2,86 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot c_{ly} = 0,001 \cdot 4,41 \cdot 4^2 \cdot 36 = 2,86 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot c_{ty} = -0,001 \cdot 4,41 \cdot 4^2 \cdot 36 = -2,86 \text{ kNm}$$

4.2.2 Perhitungan Tulangan Atap

▪ Perencanaan tulangan $l_x = t_x$

$$h = 90 \text{ mm}$$

$$d = h - p_b - \frac{1}{2} \varnothing_{tul} t_x = 90 - 40 - \frac{1}{2} 10 = 45 \text{ mm}$$

$$M_u = 2,86 \text{ kNm}$$

$$M_u / \varnothing = 2,86 / 0,8 = 3,575 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{3,575 \cdot 10^6}{1000 \cdot 45^2} = 1,76 \text{ Mpa}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{F_y} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600 + 240} \right)$$

$$= 0,0538$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0538 = 0,0403$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,294$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{11,294} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,294 \cdot 1,76}{240}} \right)$$

$$= 0,00766$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{perlu}} = 0,00766$$

$$\text{Luas tulangan pokok : } A_s = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,00766 \cdot 1000 \cdot 45$$

$$= 344,7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas tulangan susut : } A_{\text{sst}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 90$$

$$= 180 \text{ mm}^2 < A_s = 344,7 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan pokok $\varnothing 10$ mm dengan $A_{1\varnothing} = 78,539 \text{ mm}^2$

$$\text{Jarak tulangan : } s \leq \frac{A_{1\varnothing} \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} = \frac{78,539 \cdot 1000}{344,7}$$

$$= 227,8 \text{ mm}$$

$$s \leq 2 \cdot h = 180 \text{ mm}$$

$$s \leq 200 \text{ mm}$$

\Rightarrow Dipakai jarak (s) = 150 mm

$$A_{s \text{ ada}} = \frac{A_{1\varnothing} \cdot b}{s_{\text{terpakai}}} = \frac{78,539 \cdot 1000}{150} = 523,59 \text{ mm}^2$$

Kontrol kapasitas momen (Mn) :

$$\alpha = \frac{A_{s \text{ ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{523,59 \cdot 240}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 5,913 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= A s_{ada} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \geq \frac{Mu}{\phi} \\
 &= 523,59 \cdot 240 \cdot (45 - 5,913/2) \geq 3,575 \text{ kNm} \\
 &= 5283,3 \text{ kNm} \geq 3,575 \text{ KNm} \dots\dots\dots 0k \\
 &\Rightarrow \text{Dipakai tulangan P10 - 150}
 \end{aligned}$$

• **Perencanaan tulangan ly**

$$h = 90 \text{ mm}$$

$$d = h - p_b - \phi_{tul \text{ lx}} - \frac{1}{2} \phi_{tul \text{ ly}} = 90 - 40 - 10 - 10/2 = 35 \text{ mm}$$

$$Mu = 2,86 \text{ kNm}$$

$$\frac{Mu}{\phi} = 2,86 / 0,8 = 3,575 \text{ KNm}$$

$$R_n = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{3,575 \cdot 10^6}{1000 \cdot 35^2} = 2,918 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,294$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}}\right) = \frac{1}{11,294} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,294 \cdot 2,918}{240}}\right) \\
 &= 0,013
 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{F_y} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600 + F_y}\right) = 0,05376$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,05376 = 0,04032$$

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

$$1,33 \rho_{perlu} = 1,33 \cdot 0,01155 = 0,015365$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{perlu} = 0,013$$

▪ **Perencanaan tulangan ty**

$$h = 90 \text{ mm}$$

$$d = h - pb - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul ty} = 90 - 40 - \frac{1}{2} 10 = 45 \text{ mm}$$

$$Mu = 2,86 \text{ kNm}$$

$$Mu/\varnothing = 2,86 / 0,8 = 3,575 \text{ kNm}$$

$$Rn = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{3,575 \cdot 10^6}{1000 \cdot 45^2} = 1,765 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,294$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) =$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{11,294} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,294 \cdot 1,765}{240}} \right) = 0,00768$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c}{Fy} \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{600}{600 + Fy} \right) = 0,05376$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,05376 = 0,04032$$

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

$$\rho_{pakai} = \rho_{perlu} = 0,00768$$

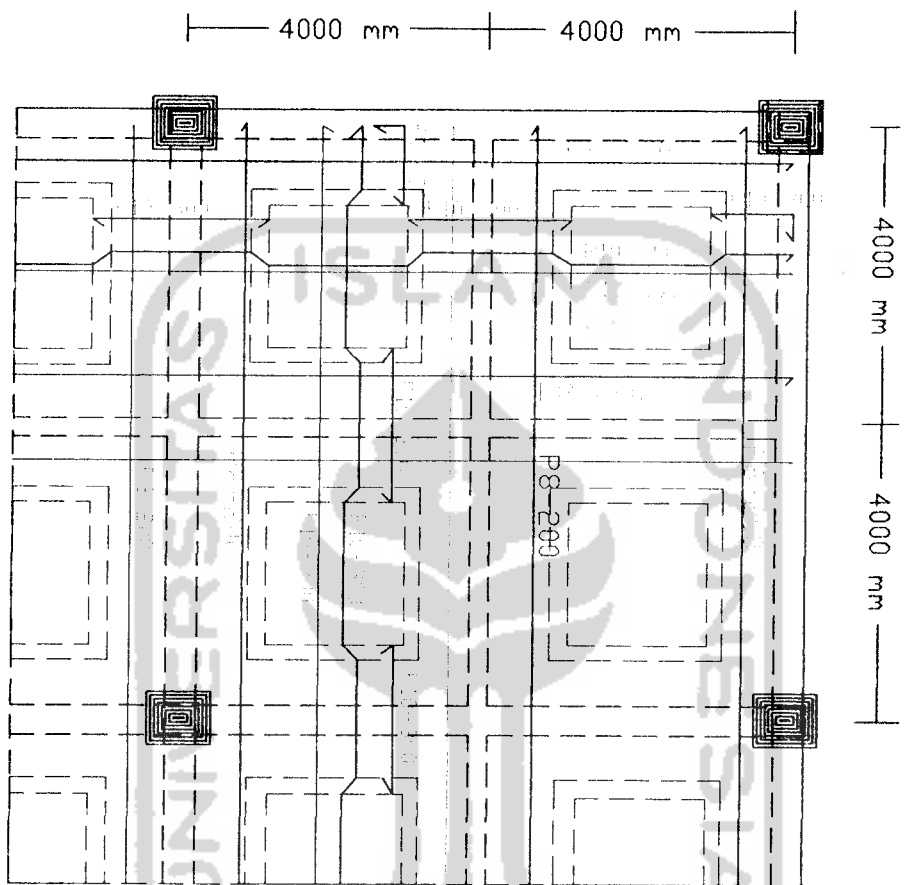
$$As_{perlu} = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d = 0,00768 \cdot 1000 \cdot 45 \geq 0,002 \cdot 1000 \cdot 90$$

$$= 345,6 \text{ mm}^2 \geq 180 \text{ mm}^2$$

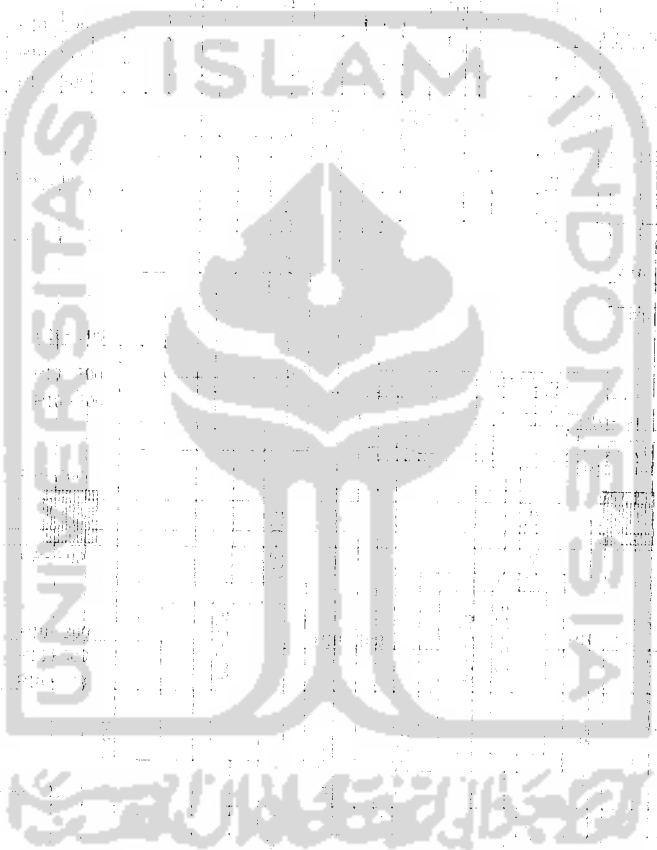
$$As_{pakai} = 345,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan pokok } \varnothing 10 \text{ mm dengan } A1\varnothing = 78,539 \text{ mm}^2$$

PENULANGAN PELAT ATAP



Keterangan:
Tulangan pokok
Lx = Tx = P10-150
Ly = Ty = P10-150
Tulangan bagi
P8-200



Keterangan :
tulangan pokok
Lx=Ly= P10-150
Tx=Ty= P10-150
Tul. bagi
P8-200

Rencana penulangan pelat atap

TABEL GAYA BATANG

BATANG	BEBAN	LETAK	P (kN)
DIAGONAL 1	BEBAN MATI	0.000	-0.756
DIAGONAL 1	BEBAN MATI	0.573	-0.775
DIAGONAL 1	BEBAN MATI	1.147	-0.794
DIAGONAL 1	BEBAN HIDUP	0.000	-0.816
DIAGONAL 1	BEBAN HIDUP	0.573	-0.816
DIAGONAL 1	BEBAN HIDUP	1.147	-0.816
DIAGONAL 1	ANGIN KIRI	0.000	-0.487
DIAGONAL 1	ANGIN KIRI	0.573	-0.487
DIAGONAL 1	ANGIN KIRI	1.147	-0.487
DIAGONAL 1	ANGIN KANAN	0.000	0.650
DIAGONAL 1	ANGIN KANAN	0.573	0.650
DIAGONAL 1	ANGIN KANAN	1.147	0.650
DIAGONAL 1	KOMBINASI 1	0.000	-2.213
DIAGONAL 1	KOMBINASI 1	0.573	-2.236
DIAGONAL 1	KOMBINASI 1	1.147	-2.259
DIAGONAL 1	KOMBINASI 2	0.000	-2.213
DIAGONAL 1	KOMBINASI 2	0.573	-2.236
DIAGONAL 1	KOMBINASI 2	1.147	-2.259
DIAGONAL 1	KOMBINASI 3	0.000	-1.185
DIAGONAL 1	KOMBINASI 3	0.573	-1.208
DIAGONAL 1	KOMBINASI 3	1.147	-1.231
DIAGONAL 2	BEBAN MATI	0.000	0.789
DIAGONAL 2	BEBAN MATI	0.991	0.827
DIAGONAL 2	BEBAN MATI	1.982	0.865
DIAGONAL 2	BEBAN HIDUP	0.000	0.704
DIAGONAL 2	BEBAN HIDUP	0.991	0.704
DIAGONAL 2	BEBAN HIDUP	1.982	0.704
DIAGONAL 2	ANGIN KIRI	0.000	0.421
DIAGONAL 2	ANGIN KIRI	0.991	0.421
DIAGONAL 2	ANGIN KIRI	1.982	0.421
DIAGONAL 2	ANGIN KANAN	0.000	-0.561
DIAGONAL 2	ANGIN KANAN	0.991	-0.561
DIAGONAL 2	ANGIN KANAN	1.982	-0.561
DIAGONAL 2	KOMBINASI 1	0.000	2.072
DIAGONAL 2	KOMBINASI 1	0.991	2.118
DIAGONAL 2	KOMBINASI 1	1.982	2.163
DIAGONAL 2	KOMBINASI 2	0.000	2.072
DIAGONAL 2	KOMBINASI 2	0.991	2.118
DIAGONAL 2	KOMBINASI 2	1.982	2.163
DIAGONAL 2	KOMBINASI 3	0.000	1.186
DIAGONAL 2	KOMBINASI 3	0.991	1.232
DIAGONAL 2	KOMBINASI 3	1.982	1.277
DIAGONAL 3	BEBAN MATI	0.000	-1.259
DIAGONAL 3	BEBAN MATI	1.147	-1.297
DIAGONAL 3	BEBAN MATI	2.294	-1.335

DIAGONAL 3	BEBAN HIDUP	0.000	-1.225
DIAGONAL 3	BEBAN HIDUP	1.147	-1.225
DIAGONAL 3	BEBAN HIDUP	2.294	-1.225
DIAGONAL 3	ANGIN KIRI	0.000	-0.732
DIAGONAL 3	ANGIN KIRI	1.147	-0.732
DIAGONAL 3	ANGIN KIRI	2.294	-0.732
DIAGONAL 3	ANGIN KANAN	0.000	0.976
DIAGONAL 3	ANGIN KANAN	1.147	0.976
DIAGONAL 3	ANGIN KANAN	2.294	0.976
DIAGONAL 3	KOMBINASI 1	0.000	-3.471
DIAGONAL 3	KOMBINASI 1	1.147	-3.516
DIAGONAL 3	KOMBINASI 1	2.294	-3.562
DIAGONAL 3	KOMBINASI 2	0.000	-3.471
DIAGONAL 3	KOMBINASI 2	1.147	-3.516
DIAGONAL 3	KOMBINASI 2	2.294	-3.562
DIAGONAL 3	KOMBINASI 3	0.000	-1.928
DIAGONAL 3	KOMBINASI 3	1.147	-1.974
DIAGONAL 3	KOMBINASI 3	2.294	-2.019
DIAGONAL 4	BEBAN MATI	0.000	-1.259
DIAGONAL 4	BEBAN MATI	1.147	-1.297
DIAGONAL 4	BEBAN MATI	2.294	-1.335
DIAGONAL 4	BEBAN HIDUP	0.000	-1.225
DIAGONAL 4	BEBAN HIDUP	1.147	-1.225
DIAGONAL 4	BEBAN HIDUP	2.294	-1.225
DIAGONAL 4	ANGIN KIRI	0.000	0.976
DIAGONAL 4	ANGIN KIRI	1.147	0.976
DIAGONAL 4	ANGIN KIRI	2.294	0.976
DIAGONAL 4	ANGIN KANAN	0.000	-0.732
DIAGONAL 4	ANGIN KANAN	1.147	-0.732
DIAGONAL 4	ANGIN KANAN	2.294	-0.732
DIAGONAL 4	KOMBINASI 1	0.000	-3.471
DIAGONAL 4	KOMBINASI 1	1.147	-3.516
DIAGONAL 4	KOMBINASI 1	2.294	-3.562
DIAGONAL 4	KOMBINASI 2	0.000	-3.471
DIAGONAL 4	KOMBINASI 2	1.147	-3.516
DIAGONAL 4	KOMBINASI 2	2.294	-3.562
DIAGONAL 4	KOMBINASI 3	0.000	-1.928
DIAGONAL 4	KOMBINASI 3	1.147	-1.974
DIAGONAL 4	KOMBINASI 3	2.294	-2.019
DIAGONAL 5	BEBAN MATI	0.000	0.865
DIAGONAL 5	BEBAN MATI	0.991	0.827
DIAGONAL 5	BEBAN MATI	1.982	0.789
DIAGONAL 5	BEBAN HIDUP	0.000	0.704
DIAGONAL 5	BEBAN HIDUP	0.991	0.704
DIAGONAL 5	BEBAN HIDUP	1.982	0.704
DIAGONAL 5	ANGIN KIRI	0.000	-0.561
DIAGONAL 5	ANGIN KIRI	0.991	-0.561
DIAGONAL 5	ANGIN KIRI	1.982	-0.561

DIAGONAL 5	ANGIN KANAN	0.000	0.421
DIAGONAL 5	ANGIN KANAN	0.991	0.421
DIAGONAL 5	ANGIN KANAN	1.982	0.421
DIAGONAL 5	KOMBINASI 1	0.000	2.163
DIAGONAL 5	KOMBINASI 1	0.991	2.118
DIAGONAL 5	KOMBINASI 1	1.982	2.072
DIAGONAL 5	KOMBINASI 2	0.000	2.163
DIAGONAL 5	KOMBINASI 2	0.991	2.118
DIAGONAL 5	KOMBINASI 2	1.982	2.072
DIAGONAL 5	KOMBINASI 3	0.000	1.277
DIAGONAL 5	KOMBINASI 3	0.991	1.232
DIAGONAL 5	KOMBINASI 3	1.982	1.186
DIAGONAL 6	BEBAN MATI	0.000	-0.794
DIAGONAL 6	BEBAN MATI	0.573	-0.775
DIAGONAL 6	BEBAN MATI	1.147	-0.756
DIAGONAL 6	BEBAN HIDUP	0.000	-0.816
DIAGONAL 6	BEBAN HIDUP	0.573	-0.816
DIAGONAL 6	BEBAN HIDUP	1.147	-0.816
DIAGONAL 6	ANGIN KIRI	0.000	0.650
DIAGONAL 6	ANGIN KIRI	0.573	0.650
DIAGONAL 6	ANGIN KIRI	1.147	0.650
DIAGONAL 6	ANGIN KANAN	0.000	-0.488
DIAGONAL 6	ANGIN KANAN	0.573	-0.488
DIAGONAL 6	ANGIN KANAN	1.147	-0.488
DIAGONAL 6	KOMBINASI 1	0.000	-2.259
DIAGONAL 6	KOMBINASI 1	0.573	-2.236
DIAGONAL 6	KOMBINASI 1	1.147	-2.213
DIAGONAL 6	KOMBINASI 2	0.000	-2.259
DIAGONAL 6	KOMBINASI 2	0.573	-2.236
DIAGONAL 6	KOMBINASI 2	1.147	-2.213
DIAGONAL 6	KOMBINASI 3	0.000	-1.231
DIAGONAL 6	KOMBINASI 3	0.573	-1.208
DIAGONAL 6	KOMBINASI 3	1.147	-1.185
VERTIKAL	BEBAN MATI	0.000	2.286
VERTIKAL	BEBAN MATI	1.400	2.343
VERTIKAL	BEBAN MATI	2.800	2.400
VERTIKAL	BEBAN HIDUP	0.000	1.995
VERTIKAL	BEBAN HIDUP	1.400	1.995
VERTIKAL	BEBAN HIDUP	2.800	1.995
VERTIKAL	ANGIN KIRI	0.000	-0.199
VERTIKAL	ANGIN KIRI	1.400	-0.199
VERTIKAL	ANGIN KIRI	2.800	-0.199
VERTIKAL	ANGIN KANAN	0.000	-0.198
VERTIKAL	ANGIN KANAN	1.400	-0.198
VERTIKAL	ANGIN KANAN	2.800	-0.198
VERTIKAL	KOMBINASI 1	0.000	5.935
VERTIKAL	KOMBINASI 1	1.400	6.003
VERTIKAL	KOMBINASI 1	2.800	6.072

VERTIKAL	KOMBINASI 2	0.000	5.935
VERTIKAL	KOMBINASI 2	1.400	6.003
VERTIKAL	KOMBINASI 2	2.800	6.072
VERTIKAL	KOMBINASI 3	0.000	3.424
VERTIKAL	KOMBINASI 3	1.400	3.492
VERTIKAL	KOMBINASI 3	2.800	3.560
ATAS 1	BEBAN MATI	0.000	-4.725
ATAS 1	BEBAN MATI	0.814	-4.706
ATAS 1	BEBAN MATI	1.628	-4.687
ATAS 1	BEBAN HIDUP	0.000	-4.355
ATAS 1	BEBAN HIDUP	0.814	-4.355
ATAS 1	BEBAN HIDUP	1.628	-4.355
ATAS 1	ANGIN KIRI	0.000	-0.038
ATAS 1	ANGIN KIRI	0.814	-0.038
ATAS 1	ANGIN KIRI	1.628	-0.038
ATAS 1	ANGIN KANAN	0.000	0.505
ATAS 1	ANGIN KANAN	0.814	0.505
ATAS 1	ANGIN KANAN	1.628	0.505
ATAS 1	KOMBINASI 1	0.000	-12.639
ATAS 1	KOMBINASI 1	0.814	-12.616
ATAS 1	KOMBINASI 1	1.628	-12.594
ATAS 1	KOMBINASI 2	0.000	-12.639
ATAS 1	KOMBINASI 2	0.814	-12.616
ATAS 1	KOMBINASI 2	1.628	-12.594
ATAS 1	KOMBINASI 3	0.000	-7.474
ATAS 1	KOMBINASI 3	0.814	-7.451
ATAS 1	KOMBINASI 3	1.628	-7.429
ATAS 2	BEBAN MATI	0.000	-4.177
ATAS 2	BEBAN MATI	0.814	-4.158
ATAS 2	BEBAN MATI	1.628	-4.139
ATAS 2	BEBAN HIDUP	0.000	-3.775
ATAS 2	BEBAN HIDUP	0.814	-3.775
ATAS 2	BEBAN HIDUP	1.628	-3.775
ATAS 2	ANGIN KIRI	0.000	-0.033
ATAS 2	ANGIN KIRI	0.814	-0.033
ATAS 2	ANGIN KIRI	1.628	-0.033
ATAS 2	ANGIN KANAN	0.000	0.499
ATAS 2	ANGIN KANAN	0.814	0.499
ATAS 2	ANGIN KANAN	1.628	0.499
ATAS 2	KOMBINASI 1	0.000	-11.052
ATAS 2	KOMBINASI 1	0.814	-11.029
ATAS 2	KOMBINASI 1	1.628	-11.006
ATAS 2	KOMBINASI 2	0.000	-11.052
ATAS 2	KOMBINASI 2	0.814	-11.029
ATAS 2	KOMBINASI 2	1.628	-11.006
ATAS 2	KOMBINASI 3	0.000	-6.527
ATAS 2	KOMBINASI 3	0.814	-6.504
ATAS 2	KOMBINASI 3	1.628	-6.481

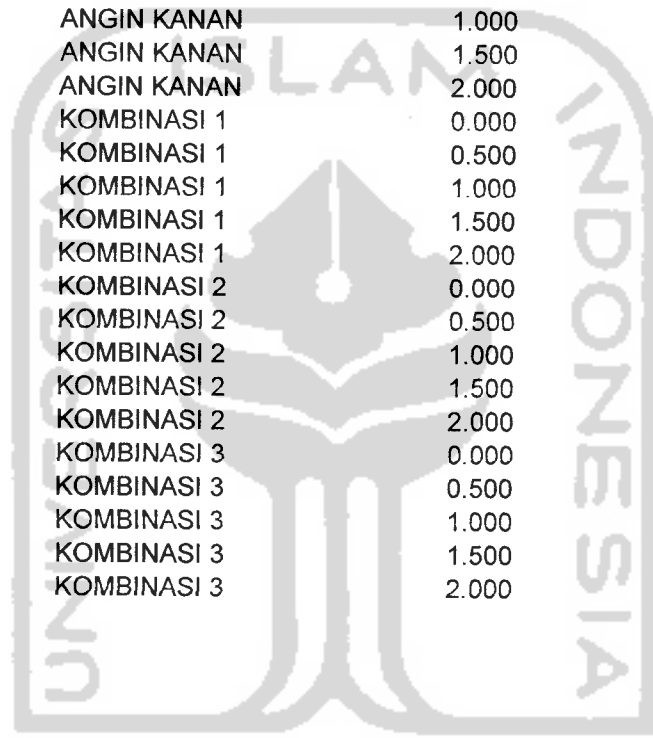
ATAS 3	BEBAN MATI	0.000	-2.916
ATAS 3	BEBAN MATI	0.814	-2.897
ATAS 3	BEBAN MATI	1.628	-2.878
ATAS 3	BEBAN HIDUP	0.000	-2.615
ATAS 3	BEBAN HIDUP	0.814	-2.615
ATAS 3	BEBAN HIDUP	1.628	-2.615
ATAS 3	ANGIN KIRI	0.000	0.317
ATAS 3	ANGIN KIRI	0.814	0.317
ATAS 3	ANGIN KIRI	1.628	0.317
ATAS 3	ANGIN KANAN	0.000	0.032
ATAS 3	ANGIN KANAN	0.814	0.032
ATAS 3	ANGIN KANAN	1.628	0.032
ATAS 3	KOMBINASI 1	0.000	-7.682
ATAS 3	KOMBINASI 1	0.814	-7.660
ATAS 3	KOMBINASI 1	1.628	-7.637
ATAS 3	KOMBINASI 2	0.000	-7.682
ATAS 3	KOMBINASI 2	0.814	-7.660
ATAS 3	KOMBINASI 2	1.628	-7.637
ATAS 3	KOMBINASI 3	0.000	-4.527
ATAS 3	KOMBINASI 3	0.814	-4.504
ATAS 3	KOMBINASI 3	1.628	-4.481
ATAS 4	BEBAN MATI	0.000	-2.878
ATAS 4	BEBAN MATI	0.814	-2.897
ATAS 4	BEBAN MATI	1.628	-2.916
ATAS 4	BEBAN HIDUP	0.000	-2.615
ATAS 4	BEBAN HIDUP	0.814	-2.615
ATAS 4	BEBAN HIDUP	1.628	-2.615
ATAS 4	ANGIN KIRI	0.000	0.146
ATAS 4	ANGIN KIRI	0.814	0.146
ATAS 4	ANGIN KIRI	1.628	0.146
ATAS 4	ANGIN KANAN	0.000	0.430
ATAS 4	ANGIN KANAN	0.814	0.430
ATAS 4	ANGIN KANAN	1.628	0.430
ATAS 4	KOMBINASI 1	0.000	-7.637
ATAS 4	KOMBINASI 1	0.814	-7.660
ATAS 4	KOMBINASI 1	1.628	-7.682
ATAS 4	KOMBINASI 2	0.000	-7.637
ATAS 4	KOMBINASI 2	0.814	-7.660
ATAS 4	KOMBINASI 2	1.628	-7.682
ATAS 4	KOMBINASI 3	0.000	-4.300
ATAS 4	KOMBINASI 3	0.814	-4.322
ATAS 4	KOMBINASI 3	1.628	-4.345
ATAS 5	BEBAN MATI	0.000	-4.139
ATAS 5	BEBAN MATI	0.814	-4.158
ATAS 5	BEBAN MATI	1.628	-4.177
ATAS 5	BEBAN HIDUP	0.000	-3.775
ATAS 5	BEBAN HIDUP	0.814	-3.775
ATAS 5	BEBAN HIDUP	1.628	-3.775

ATAS 5	ANGIN KIRI	0.000	0.613
ATAS 5	ANGIN KIRI	0.814	0.613
ATAS 5	ANGIN KIRI	1.628	0.613
ATAS 5	ANGIN KANAN	0.000	0.080
ATAS 5	ANGIN KANAN	0.814	0.080
ATAS 5	ANGIN KANAN	1.628	0.080
ATAS 5	KOMBINASI 1	0.000	-11.006
ATAS 5	KOMBINASI 1	0.814	-11.029
ATAS 5	KOMBINASI 1	1.628	-11.052
ATAS 5	KOMBINASI 2	0.000	-11.006
ATAS 5	KOMBINASI 2	0.814	-11.029
ATAS 5	KOMBINASI 2	1.628	-11.052
ATAS 5	KOMBINASI 3	0.000	-6.300
ATAS 5	KOMBINASI 3	0.814	-6.322
ATAS 5	KOMBINASI 3	1.628	-6.345
ATAS 6	BEBAN MATI	0.000	-4.687
ATAS 6	BEBAN MATI	0.814	-4.706
ATAS 6	BEBAN MATI	1.628	-4.725
ATAS 6	BEBAN HIDUP	0.000	-4.355
ATAS 6	BEBAN HIDUP	0.814	-4.355
ATAS 6	BEBAN HIDUP	1.628	-4.355
ATAS 6	ANGIN KIRI	0.000	0.620
ATAS 6	ANGIN KIRI	0.814	0.620
ATAS 6	ANGIN KIRI	1.628	0.620
ATAS 6	ANGIN KANAN	0.000	0.075
ATAS 6	ANGIN KANAN	0.814	0.075
ATAS 6	ANGIN KANAN	1.628	0.075
ATAS 6	KOMBINASI 1	0.000	-12.594
ATAS 6	KOMBINASI 1	0.814	-12.616
ATAS 6	KOMBINASI 1	1.628	-12.639
ATAS 6	KOMBINASI 2	0.000	-12.594
ATAS 6	KOMBINASI 2	0.814	-12.616
ATAS 6	KOMBINASI 2	1.628	-12.639
ATAS 6	KOMBINASI 3	0.000	-7.247
ATAS 6	KOMBINASI 3	0.814	-7.270
ATAS 6	KOMBINASI 3	1.628	-7.293
BAWAH 1	BEBAN MATI	0.000	3.860
BAWAH 1	BEBAN MATI	0.500	3.860
BAWAH 1	BEBAN MATI	1.000	3.860
BAWAH 1	BEBAN MATI	1.500	3.860
BAWAH 1	BEBAN MATI	2.000	3.860
BAWAH 1	BEBAN HIDUP	0.000	3.567
BAWAH 1	BEBAN HIDUP	0.500	3.567
BAWAH 1	BEBAN HIDUP	1.000	3.567
BAWAH 1	BEBAN HIDUP	1.500	3.567
BAWAH 1	BEBAN HIDUP	2.000	3.567
BAWAH 1	ANGIN KIRI	0.000	1.666
BAWAH 1	ANGIN KIRI	0.500	1.666

BAWAH 1	ANGIN KIRI	1.000	1.666
BAWAH 1	ANGIN KIRI	1.500	1.666
BAWAH 1	ANGIN KIRI	2.000	1.666
BAWAH 1	ANGIN KANAN	0.000	-2.186
BAWAH 1	ANGIN KANAN	0.500	-2.186
BAWAH 1	ANGIN KANAN	1.000	-2.186
BAWAH 1	ANGIN KANAN	1.500	-2.186
BAWAH 1	ANGIN KANAN	2.000	-2.186
BAWAH 1	KOMBINASI 1	0.000	10.339
BAWAH 1	KOMBINASI 1	0.500	10.339
BAWAH 1	KOMBINASI 1	1.000	10.339
BAWAH 1	KOMBINASI 1	1.500	10.339
BAWAH 1	KOMBINASI 1	2.000	10.339
BAWAH 1	KOMBINASI 2	0.000	10.339
BAWAH 1	KOMBINASI 2	0.500	10.339
BAWAH 1	KOMBINASI 2	1.000	10.339
BAWAH 1	KOMBINASI 2	1.500	10.339
BAWAH 1	KOMBINASI 2	2.000	10.339
BAWAH 1	KOMBINASI 3	0.000	6.000
BAWAH 1	KOMBINASI 3	0.500	6.000
BAWAH 1	KOMBINASI 3	1.000	6.000
BAWAH 1	KOMBINASI 3	1.500	6.000
BAWAH 1	KOMBINASI 3	2.000	6.000
BAWAH 2	BEBAN MATI	0.000	3.130
BAWAH 2	BEBAN MATI	0.500	3.130
BAWAH 2	BEBAN MATI	1.000	3.130
BAWAH 2	BEBAN MATI	1.500	3.130
BAWAH 2	BEBAN MATI	2.000	3.130
BAWAH 2	BEBAN HIDUP	0.000	2.856
BAWAH 2	BEBAN HIDUP	0.500	2.856
BAWAH 2	BEBAN HIDUP	1.000	2.856
BAWAH 2	BEBAN HIDUP	1.500	2.856
BAWAH 2	BEBAN HIDUP	2.000	2.856
BAWAH 2	ANGIN KIRI	0.000	1.241
BAWAH 2	ANGIN KIRI	0.500	1.241
BAWAH 2	ANGIN KIRI	1.000	1.241
BAWAH 2	ANGIN KIRI	1.500	1.241
BAWAH 2	ANGIN KIRI	2.000	1.241
BAWAH 2	ANGIN KANAN	0.000	-1.620
BAWAH 2	ANGIN KANAN	0.500	-1.620
BAWAH 2	ANGIN KANAN	1.000	-1.620
BAWAH 2	ANGIN KANAN	1.500	-1.620
BAWAH 2	ANGIN KANAN	2.000	-1.620
BAWAH 2	KOMBINASI 1	0.000	8.325
BAWAH 2	KOMBINASI 1	0.500	8.325
BAWAH 2	KOMBINASI 1	1.000	8.325
BAWAH 2	KOMBINASI 1	1.500	8.325
BAWAH 2	KOMBINASI 1	2.000	8.325

BAWAH 2	KOMBINASI 2	0.000	8.325
BAWAH 2	KOMBINASI 2	0.500	8.325
BAWAH 2	KOMBINASI 2	1.000	8.325
BAWAH 2	KOMBINASI 2	1.500	8.325
BAWAH 2	KOMBINASI 2	2.000	8.325
BAWAH 2	KOMBINASI 3	0.000	4.881
BAWAH 2	KOMBINASI 3	0.500	4.881
BAWAH 2	KOMBINASI 3	1.000	4.881
BAWAH 2	KOMBINASI 3	1.500	4.881
BAWAH 2	KOMBINASI 3	2.000	4.881
BAWAH 3	BEBAN MATI	0.000	3.130
BAWAH 3	BEBAN MATI	0.500	3.130
BAWAH 3	BEBAN MATI	1.000	3.130
BAWAH 3	BEBAN MATI	1.500	3.130
BAWAH 3	BEBAN MATI	2.000	3.130
BAWAH 3	BEBAN HIDUP	0.000	2.856
BAWAH 3	BEBAN HIDUP	0.500	2.856
BAWAH 3	BEBAN HIDUP	1.000	2.856
BAWAH 3	BEBAN HIDUP	1.500	2.856
BAWAH 3	BEBAN HIDUP	2.000	2.856
BAWAH 3	ANGIN KIRI	0.000	0.248
BAWAH 3	ANGIN KIRI	0.500	0.248
BAWAH 3	ANGIN KIRI	1.000	0.248
BAWAH 3	ANGIN KIRI	1.500	0.248
BAWAH 3	ANGIN KIRI	2.000	0.248
BAWAH 3	ANGIN KANAN	0.000	-0.627
BAWAH 3	ANGIN KANAN	0.500	-0.627
BAWAH 3	ANGIN KANAN	1.000	-0.627
BAWAH 3	ANGIN KANAN	1.500	-0.627
BAWAH 3	ANGIN KANAN	2.000	-0.627
BAWAH 3	KOMBINASI 1	0.000	8.325
BAWAH 3	KOMBINASI 1	0.500	8.325
BAWAH 3	KOMBINASI 1	1.000	8.325
BAWAH 3	KOMBINASI 1	1.500	8.325
BAWAH 3	KOMBINASI 1	2.000	8.325
BAWAH 3	KOMBINASI 2	0.000	8.325
BAWAH 3	KOMBINASI 2	0.500	8.325
BAWAH 3	KOMBINASI 2	1.000	8.325
BAWAH 3	KOMBINASI 2	1.500	8.325
BAWAH 3	KOMBINASI 2	2.000	8.325
BAWAH 3	KOMBINASI 3	0.000	4.881
BAWAH 3	KOMBINASI 3	0.500	4.881
BAWAH 3	KOMBINASI 3	1.000	4.881
BAWAH 3	KOMBINASI 3	1.500	4.881
BAWAH 3	KOMBINASI 3	2.000	4.881
BAWAH 4	BEBAN MATI	0.000	3.860
BAWAH 4	BEBAN MATI	0.500	3.860
BAWAH 4	BEBAN MATI	1.000	3.860

BAWAH 4	BEBAN MATI	1.500	3.860
BAWAH 4	BEBAN MATI	2.000	3.860
BAWAH 4	BEBAN HIDUP	0.000	3.567
BAWAH 4	BEBAN HIDUP	0.500	3.567
BAWAH 4	BEBAN HIDUP	1.000	3.567
BAWAH 4	BEBAN HIDUP	1.500	3.567
BAWAH 4	BEBAN HIDUP	2.000	3.567
BAWAH 4	ANGIN KIRI	0.000	-0.319
BAWAH 4	ANGIN KIRI	0.500	-0.319
BAWAH 4	ANGIN KIRI	1.000	-0.319
BAWAH 4	ANGIN KIRI	1.500	-0.319
BAWAH 4	ANGIN KIRI	2.000	-0.319
BAWAH 4	ANGIN KANAN	0.000	-0.201
BAWAH 4	ANGIN KANAN	0.500	-0.201
BAWAH 4	ANGIN KANAN	1.000	-0.201
BAWAH 4	ANGIN KANAN	1.500	-0.201
BAWAH 4	ANGIN KANAN	2.000	-0.201
BAWAH 4	KOMBINASI 1	0.000	10.339
BAWAH 4	KOMBINASI 1	0.500	10.339
BAWAH 4	KOMBINASI 1	1.000	10.339
BAWAH 4	KOMBINASI 1	1.500	10.339
BAWAH 4	KOMBINASI 1	2.000	10.339
BAWAH 4	KOMBINASI 2	0.000	10.339
BAWAH 4	KOMBINASI 2	0.500	10.339
BAWAH 4	KOMBINASI 2	1.000	10.339
BAWAH 4	KOMBINASI 2	1.500	10.339
BAWAH 4	KOMBINASI 2	2.000	10.339
BAWAH 4	KOMBINASI 3	0.000	6.000
BAWAH 4	KOMBINASI 3	0.500	6.000
BAWAH 4	KOMBINASI 3	1.000	6.000
BAWAH 4	KOMBINASI 3	1.500	6.000
BAWAH 4	KOMBINASI 3	2.000	6.000



وَمَا كُنَّا بِمُعْجِزِينَ لَكُمْ وَلَئِن كُنَّا إِلَّا فِي سَعْتٍ

4.2. Perencanaan Pelat Atap

4.2.1. Pembebanan Pelat Atap

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 25 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 240 \text{ Mpa} \rightarrow \varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{240}{20000} = 0,0012$$

- Perhitungan beban :

Menentukan tebal pelat lantai (SK.SNI T-15-1991-03)

Diperkirakan balok tepi pelat mempunyai lebar, $b = 300 \text{ mm}$

Maka : bentang bersih pelat $\ln x = 4000 - 300 = 3700 \text{ mm}$

$$\ln y = 4000 - 300 = 3700 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{\ln x}{\ln y} = \frac{3700}{3700} = 1$$

Sehingga tebal pelat lantai tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + f_y/1500)}{36 + 9\beta} = \frac{3700(0,8 + 240/1500)}{36 + 9 \cdot 1} = 78,933 \text{ mm}$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + f_y/1500)}{36} = \frac{3700(0,8 + 240/1500)}{36} = 98,66$$

$78.933 \text{ mm} \leq h \leq 98,66 \text{ mm}$, dipakai $h = 90 \text{ mm}$ (untuk pelat atap)

1. Beban mati pelat atap :

$$\# \text{ Berat sendiri pelat (} h = 9 \text{ cm)} : 0,09 \times 24 = 2,16 \text{ kN/m}^2$$

$$\# \text{ Lapisan kedap air/aspal (tebal 3 cm)} : 0,03 \times 22 = 0,66 \text{ kN/m}^2 +$$

$$\text{Beban mati total (qD)} = 2,82 \text{ kN/m}^2$$

2. Beban hidup pelat :

Pada pelat atap terdapat beban berupa beban hidup pekerja atau air hujan

(qL) sebesar $1,0 \text{ kN/m}^2 \approx 100 \text{ kg/cm}^2$ (SKBI'87 hal.7)

3. Kombinasi beban (SK SNI T-15-1991-03, pasal 3.2.2)

$$qU = 1,2 \cdot qD + 1,6 qL = 1,2 \cdot 2,82 + 1,6 \cdot 1 = \mathbf{4,98 \text{ kN/m}^2}$$

Tinggi manfaat pelat

- Digunakan tulangan pokok $\varnothing 10 \text{ mm}$ (pelat terbuka)
- Digunakan penutup beton : $P_b = 40 \text{ mm}$ (terpengaruh cuaca luar)

Tinggi manfaat tulangan pelat :

$$1. \text{ Arah lapangan - x : } dx = h - P_b - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul.y}$$

$$= 90 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 45 \text{ mm}$$

$$2. \text{ Arah lapangan - y : } dy = h - P_b - \varnothing_{tul.x} - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul.y}$$

$$= 90 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 35 \text{ mm}$$

4. Arah tumpuan - x dan - y : 45 mm

- Menghitung distribusi momen

PL.1

$$l_x = 4 \text{ m} , \quad l_y = 4 \text{ m}$$

4.3. Perencanaan Pelat Lantai

4.3.1. Pembebanan Pelat Lantai

- Fungsi bangunan untuk toko buku, perpustakaan, alat-alat kantor (SKBI 1987) beban hidup (qL) = 400 kg/m² atau = 4 kN/m²
- Spesifikasi bahan : mutu beton (f'c) = 25 Mpa

mutu baja (fy) = 240 Mpa

- Perhitungan beban :

Menentukan tebal pelat lantai (SK.SNI T -15-1991-03)

Diperkirakan balok tepi pelat mempunyai lebar, b = 300 mm

Maka : bentang bersih pelat ln x = 4000-300 = 3700 mm

$$\ln y = 4000-300 = 3700 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{\ln x}{\ln y} = \frac{3700}{3700} = 1$$

Sehingga tebal pelat lantai tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + fy/1500)}{36 + 9.\beta} = \frac{3700(0,8 + 240/1500)}{36 + 9.1} = 78,933 \text{ mm}$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$h = \frac{3700(0,8 + 240/1500)}{36} = 98,66 \text{ mm}$$

Dalam Peraturan SK SNI-15-1991-03 pasal 3.2.53, dijelaskan

Tebal minimum pelat lantai tidak boleh kurang dari : 120 mm

Diambil tebal pelat lantai (h) = 120 mm

- **Beban mati**

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat pelat beton} &= 0,12 \cdot 24 = 2,88 \text{ kN/m}^2 \\
 - \text{ Berat pasir (5cm)} &= 0,05 \cdot 18 = 0,9 \text{ kN/m}^2 \\
 - \text{ Berat spesi (3cm)} &= 0,03 \cdot 21 = 0,63 \text{ kN/m}^2 \\
 - \text{ Berat keramik (1cm)} &= 0,01 \cdot 24 = \underline{0,24 \text{ kN/m}^2} + \\
 qD &= 4,65 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- **Beban hidup (qL) :** $qL = 4 \text{ kN/m}^2$
- **Kombinasi pembebanan (SK SNI-15-1991-03, pasal 3.2.2)**

$$q_u = 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL = 1,2 \cdot 4,65 + 1,6 \cdot 4 = 11,98 \text{ kN/m}^2$$

Tinggi manfaat pelat

- Dicoba Tulangan pokok $\varnothing 10 \text{ mm}$
- Digunakan Penutup beton : $P_b = 20 \text{ mm}$

Tinggi manfaat tulangan pelat :

1. Arah lapangan – x : $dx = h - P_b - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul} \cdot y$
 $= 120 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 95 \text{ mm}$
2. Arah lapangan – y : $dx = h - P_b - \varnothing_{tul} \cdot x - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul} \cdot y$
 $= 120 - 20 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 85 \text{ mm}$
3. Arah tumpuan – x dan – y : 95 mm

- Menghitung distribusi momen

PL.1

$$l_x = 4 \text{ m} , \quad l_y = 4 \text{ m}$$

$$\frac{l_y}{l_x} = 1$$

Dari koefisien momen pada pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya akibat beban terbagi merata tabel 13.3.2 PBI 1971 .

Maka tumpuan tepi dianggap jepit elastis.

$$\text{Didapat : } c_{lx} = 36,0 \qquad c_{tx} = 36,0$$

$$c_{ly} = 36,0 \qquad c_{ty} = 36,0$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot c_{lx} = 0,001 \cdot 11,98 \cdot 4^2 \cdot 36 = 6,9 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot c_{tx} = -0,001 \cdot 11,98 \cdot 4^2 \cdot 36 = -6,9 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot c_{ly} = 0,001 \cdot 11,98 \cdot 4^2 \cdot 36 = 6,9 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot c_{ty} = -0,001 \cdot 11,98 \cdot 4^2 \cdot 36 = -6,9 \text{ kNm}$$

4.3.2 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

- Perencanaan tulangan $l_x = t_x$

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$d = h - p_b - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul } t_x = 120 - 20 - \frac{1}{2} 10 = 95 \text{ mm}$$

$$M_u = 6,9 \text{ kNm}$$

$$M_u / \varnothing = 6,9 / 0,8 = 8,625 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{8,625 \cdot 10^6}{1000 \cdot 95^2} = 0,955 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,294$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{11,294} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,294 \cdot 0,955}{240}} \right)$$

$$= 0,004072$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c}{F_y} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 25}{25} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600 + 240} \right)$$

$$= 0,05376$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,05376 = 0,04032$$

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

$$1,33 \rho_{perlu} = 1,33 \cdot 0,004072 = 0,00541$$

$$1,33 \cdot \rho_{perlu} < \rho_{min}$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,00583$$

Luas tulangan pokok :

$$A_s = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d = 0,0058 \cdot 1000 \cdot 95 = 551$$

$$A_s \text{ perlu pakai} = 551 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

Luas tulangan susut :

$$A_{sst} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

Tulangan pokok :

Dipakai tulangan pokok $\varnothing 10$ mm dengan $A_{1\varnothing} = 78,539 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan : } s &\leq \frac{A_1 \cdot b}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{78,539 \cdot 1000}{551} \\ &= 142,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menurut PBI 1971 halaman 87, pada pelat (lantai) ditempat-tempat momen tumpuan maksimum dan momen lapangan maksimum maka jarak p.k.p antara batang-batang tulangan tidak boleh lebih dari 20 cm atau 2 kali tebal pelat, jadi:

$$s \leq 2 \cdot h = 240 \text{ mm}$$

$$s \leq 200 \text{ mm}$$

⇒ Dipakai jarak (s) = 140 mm

Dipakai tulangan pokok P10-140

$$A_s \text{ ada} = \frac{A_{1\varnothing} \cdot b}{s_{terpakai}} = \frac{78,539 \cdot 1000}{140} = 560 \text{ mm}^2 > 551 \text{ mm}^2$$

Tulangan susut :

Dipakai tulangan P8 → $A_{1\varnothing} = 50,3 \text{ mm}^2$

$$S \leq \frac{A_{lg} \cdot 1000}{A_{sv}} = \frac{50,3 \cdot 1000}{240} = 209,33 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan susut : P8-200

Kontrol kapasitas momen (Mn) :

$$a = \frac{A_{s_{ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{560 \cdot 240}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 6,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= A_{s_{ada}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \geq \frac{Mu}{\phi} \\ &= 560 \cdot 240 \cdot (95 - 6,3 / 2) \geq 8,832 \text{ KN/m} \\ &= 12,34 \text{ KNm} \geq 8,832 \text{ KNm} \dots \dots \dots 0k \end{aligned}$$

⇒ Dipakai tulangan P10 – 140

• **Perencanaan tulangan ly**

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$d = h - p_b - \varnothing_{tul \text{ lx}} - \frac{1}{2} \varnothing_{tul \text{ ly}} = 120 - 20 - 10 - 10/2 = 85 \text{ mm}$$

$$Mu = 6,9 \text{ KNm}$$

$$Mu/\varnothing = 6,9 / 0,8 = 8,625 \text{ KNm}$$

$$Rn = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{8,625 \cdot 10^6}{1000 \cdot 85^2} = 1,193 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,294$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{11,294} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,294 \cdot 1,193}{240}} \right) \\ &= 0,00513 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c}{F_y} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) = 0,05376$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,05376 = 0,04032$$

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

$$1,33 \rho_{perlu} = 1,33 \cdot 0,00513 = 0,00683$$

$$\rho_{pakai} = 1,33 \cdot \rho_{perlu} = 1,33 \cdot 0,00513 = 0,00683$$

$$\begin{aligned} As_{perlu} &= \rho_{pakai} \cdot b \cdot d = 0,00683 \cdot 1000 \cdot 85 \geq 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 \\ &= 580,56 \text{ mm}^2 \geq 240 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$As_{perlu \text{ pakai}} = 580,56 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan pokok } \varnothing 10 \text{ mm dengan } A1\varnothing = 78,539 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan : } s \leq \frac{A_1 \cdot b}{As_{perlu}} = \frac{78,539 \cdot 1000}{580,56} = 135,28 \text{ mm}$$

$$\leq 2 \cdot h = 240 \text{ mm}$$

$$\leq 200 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \text{Dipakai jarak (s)} = 130 \text{ mm}$$

$$As_{ada} = \frac{A_1 \cdot b}{s_{terpakai}} = \frac{78,539 \cdot 1000}{130} = 604,14 \text{ mm}^2$$

Kontrol kapasitas momen (Mn) :

$$a = \frac{As_{ada} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{604,14 \cdot 240}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 6,823 \text{ mm}$$

$$Mn = As_{ada} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \geq \frac{Mu}{\phi}$$

$$= 11,829 \text{ kNm} \geq 8,625 \text{ kNm} \dots \dots \dots \text{ok}$$

⇒ Dipakai tulangan P10 – 130

▪ **Perencanaan tulangan ty**

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$d = h - p_b - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul ty} = 120 - 20 - \frac{1}{2} 10 = 95 \text{ mm}$$

$$M_u = 6,9 \text{ KNm}$$

$$M_u / \phi = 6,9 / 0,8 = 8,625 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{8,625 \cdot 10^6}{1000 \cdot 95^2} = 0,955 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,294$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = 0,004072$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{F_y} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) = 0,05376$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,05376 = 0,04032$$

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

$$1,33 \rho_{\text{perlu}} = 1,33 \cdot 0,004072 = 0,00541$$

$$1,33 \cdot \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{min}} = 0,0058$$

Luas tulangan pokok :

$$A_s = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,0058 \cdot 1000 \cdot 95 = 551$$

$$A_s \text{ perlu pakai} = 551 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Dipakai tulangan pokok $\varnothing 10$ mm dengan $A_{1\varnothing} = 78,539 \text{ mm}^2$

$$\text{Jarak tulangan : } s \leq \frac{A_1 \cdot b}{A_{s_{perlu}}} = 142,5 \text{ mm}$$

$$\leq 2 \cdot h = 240 \text{ mm}$$

$$\leq 200 \text{ mm}$$

\Rightarrow Dipakai jarak (s) = 140 mm

$$A_{s \text{ ada}} = \frac{A_{1\varnothing} \cdot b}{s_{terpakai}} = \frac{78,539 \cdot 1000}{140} = 560 \text{ mm}^2 > 551 \text{ mm}^2$$

Kontrol kapasitas momen (Mn) :

$$a = \frac{A_{s \text{ ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{560 \cdot 240}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000} = 6,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= A_{s \text{ ada}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \geq \frac{Mu}{\phi} \\ &= 560 \cdot 240 \cdot (95 - 6,3 / 2) \geq 8,832 \text{ kNm} \\ &= 12,34 \text{ KNm} \geq 8,832 \text{ kNm} \dots \dots \dots 0k \end{aligned}$$

\Rightarrow Dipakai tulangan P10 – 140

Perencanaan tulangan bagi

$$A_{s \text{ bagi}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan bagi $\varnothing 8$ mm,

sehingga luas tampang 1 tulangan polos :

$$A_{1\varnothing} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan pokok :

$$S \leq \frac{A_{1\varnothing} \cdot b}{A_{s \text{ bagi}}} = \frac{50,24 \cdot 1000}{240} = 209,333 \text{ mm}$$

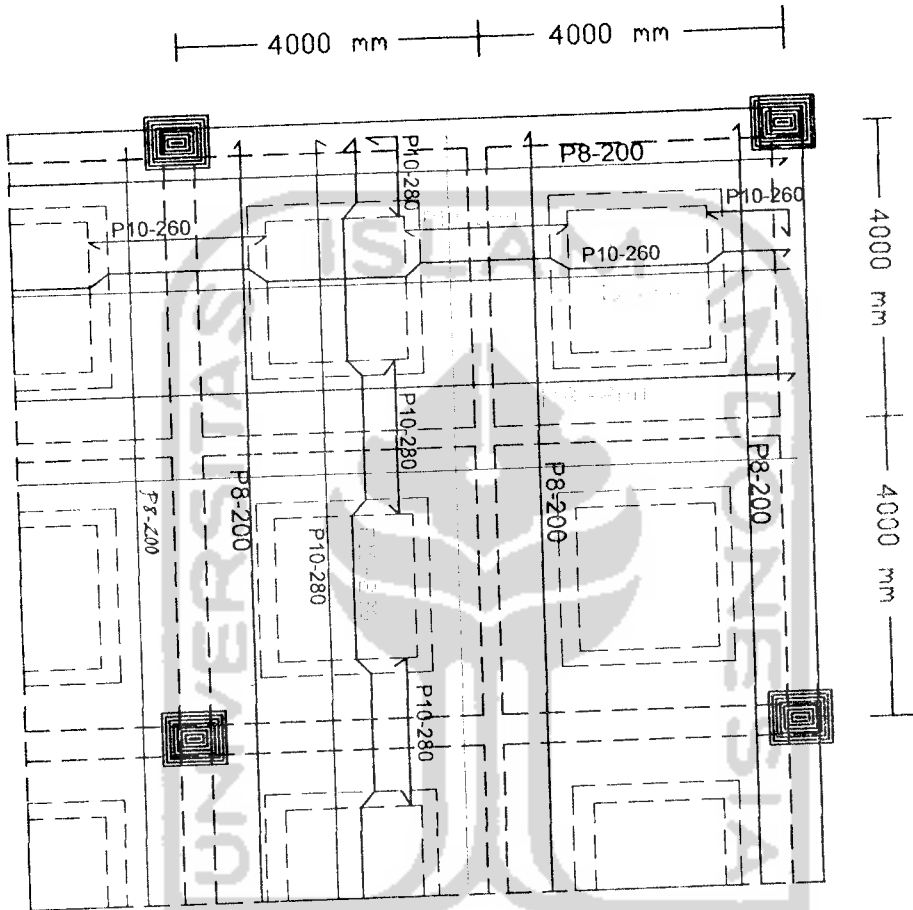
Menurut PBI 1971, jarak p.k.p antara tulangan pembagi yang dipasang tegak lurus pada tulangan pokok tidak boleh lebih dari 25 cm, jadi :

$$s \leq 250 \text{ mm}$$

⇒ Dipakai tulangan bagi = P8- 200

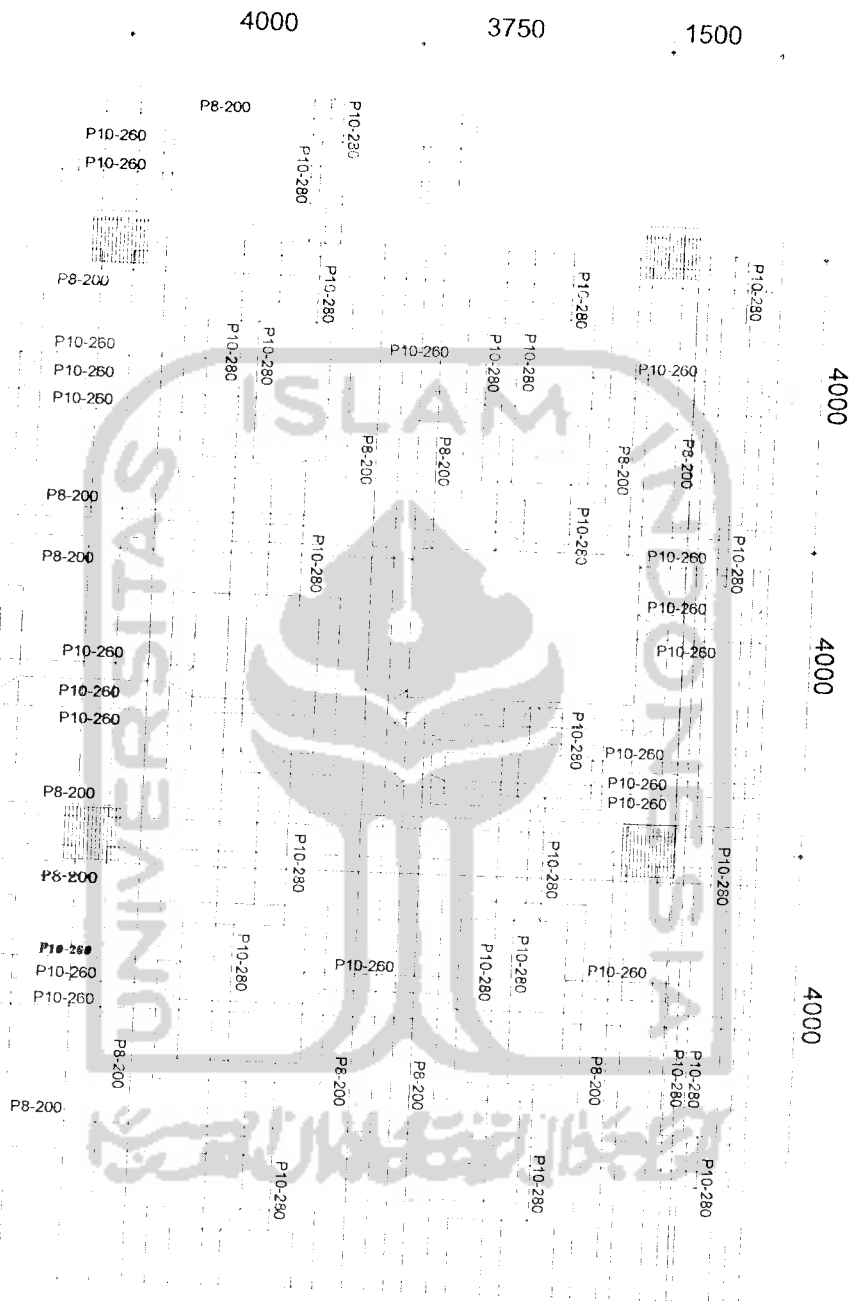


PENULANGAN PELAT LANTAI

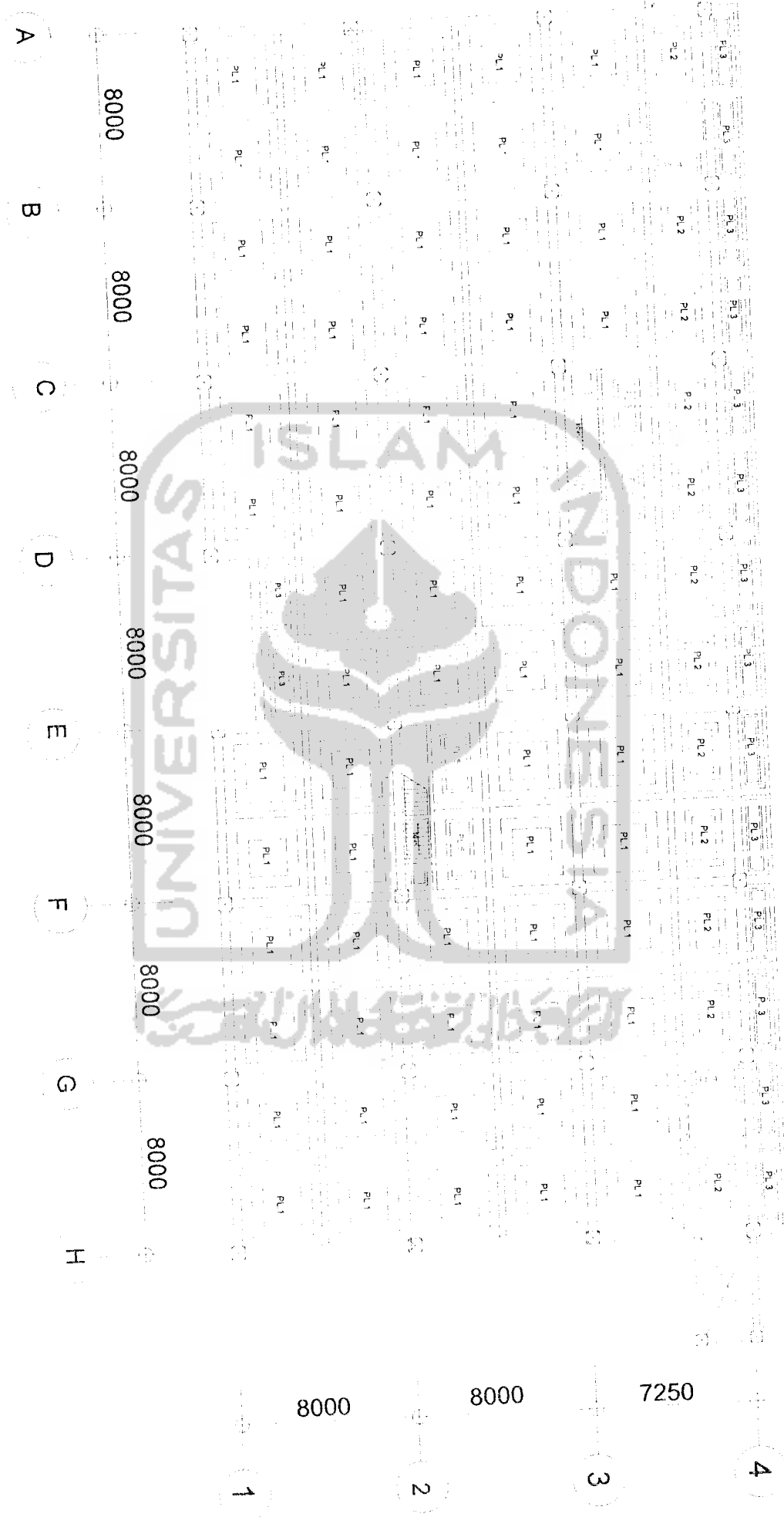


Keterangan:
Tulangan pokok
Lx=Tx=P10-140
Ly=Ty=P10-130
Tulangan bagi
P8-200

Rencana penulangan pelat lantai



Keterangan :
 tulangan pokok
 $Lx=Tx= P10-140$
 $Ly=Ty= P10-130$
 Tul. bagi
 P8-200



TIPE PELAT LANTAI 1

SKALA 1:250

4

3

2

1

7250

8000

8000

8000

8000

8000

8000

8000

8000

8000

A

B

C

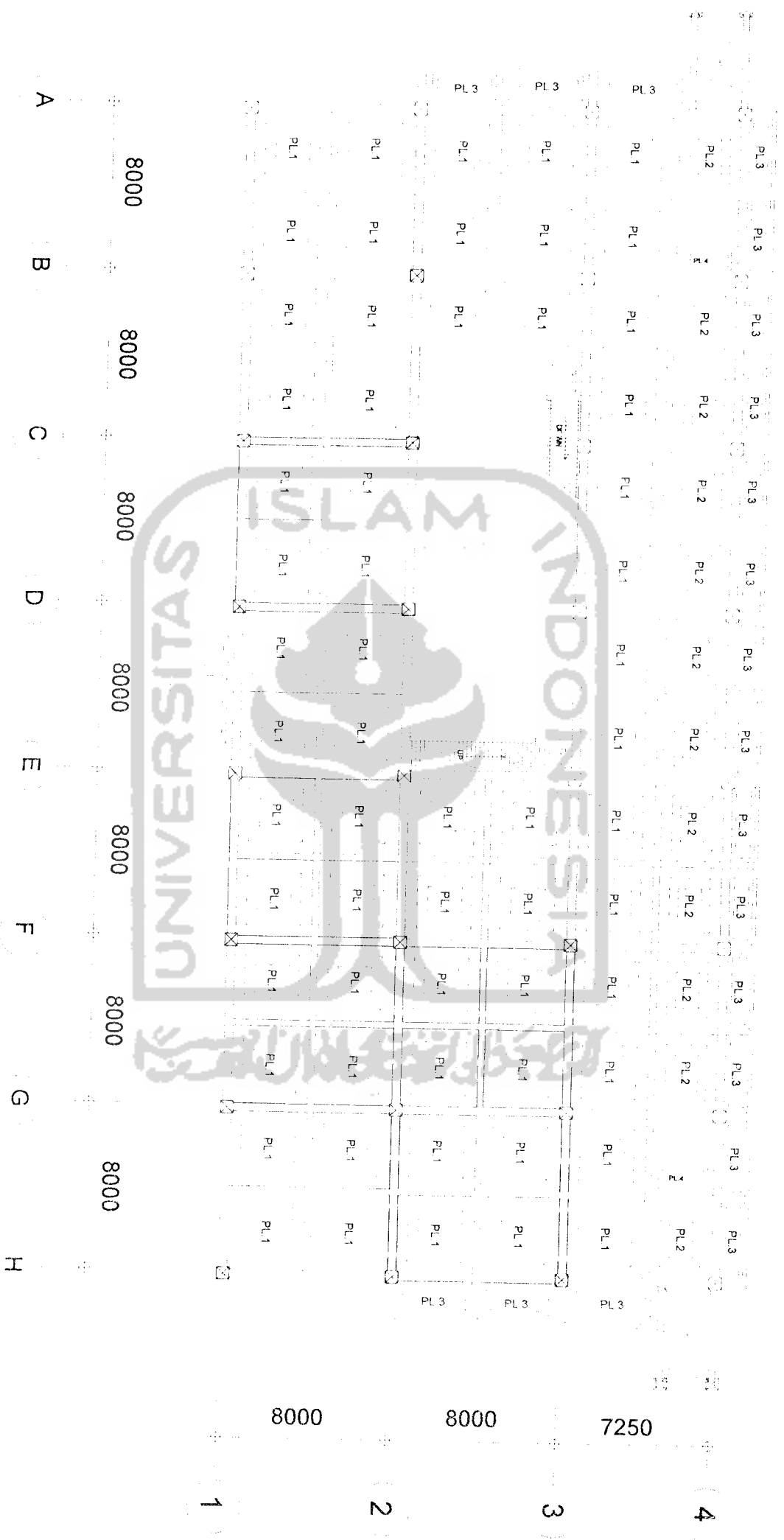
D

E

F

G

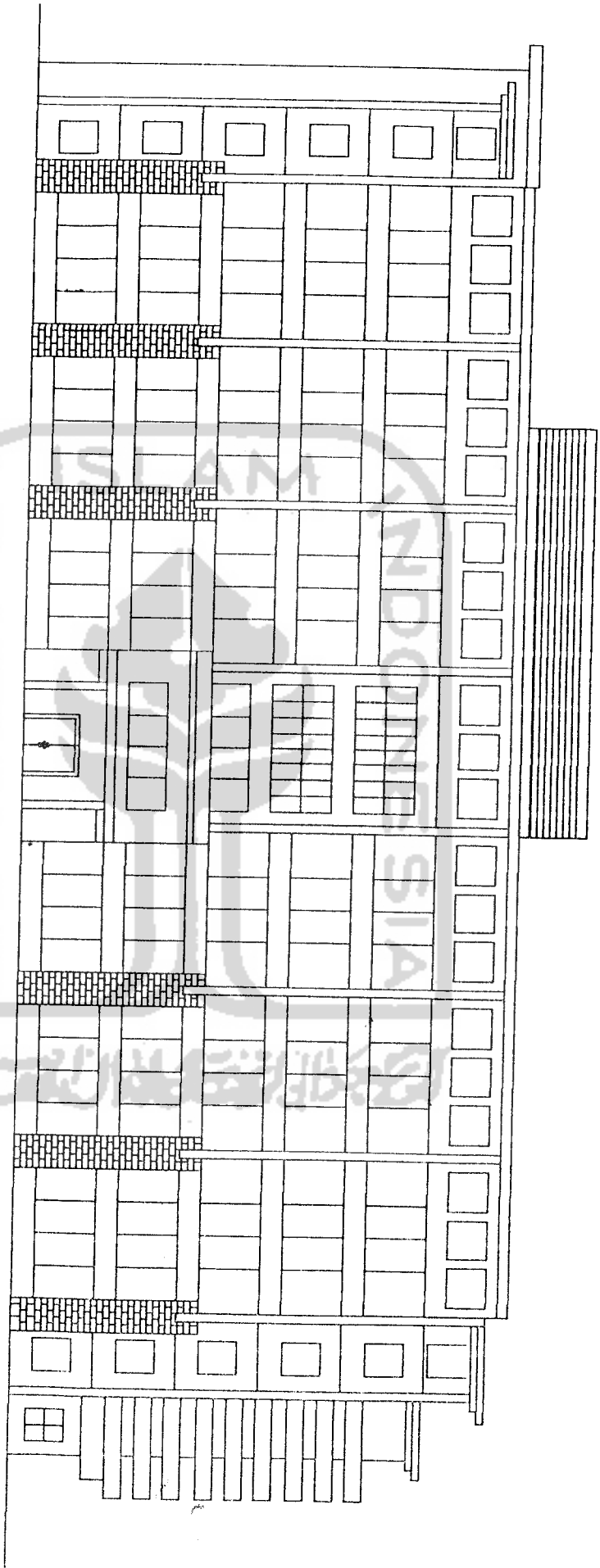
H

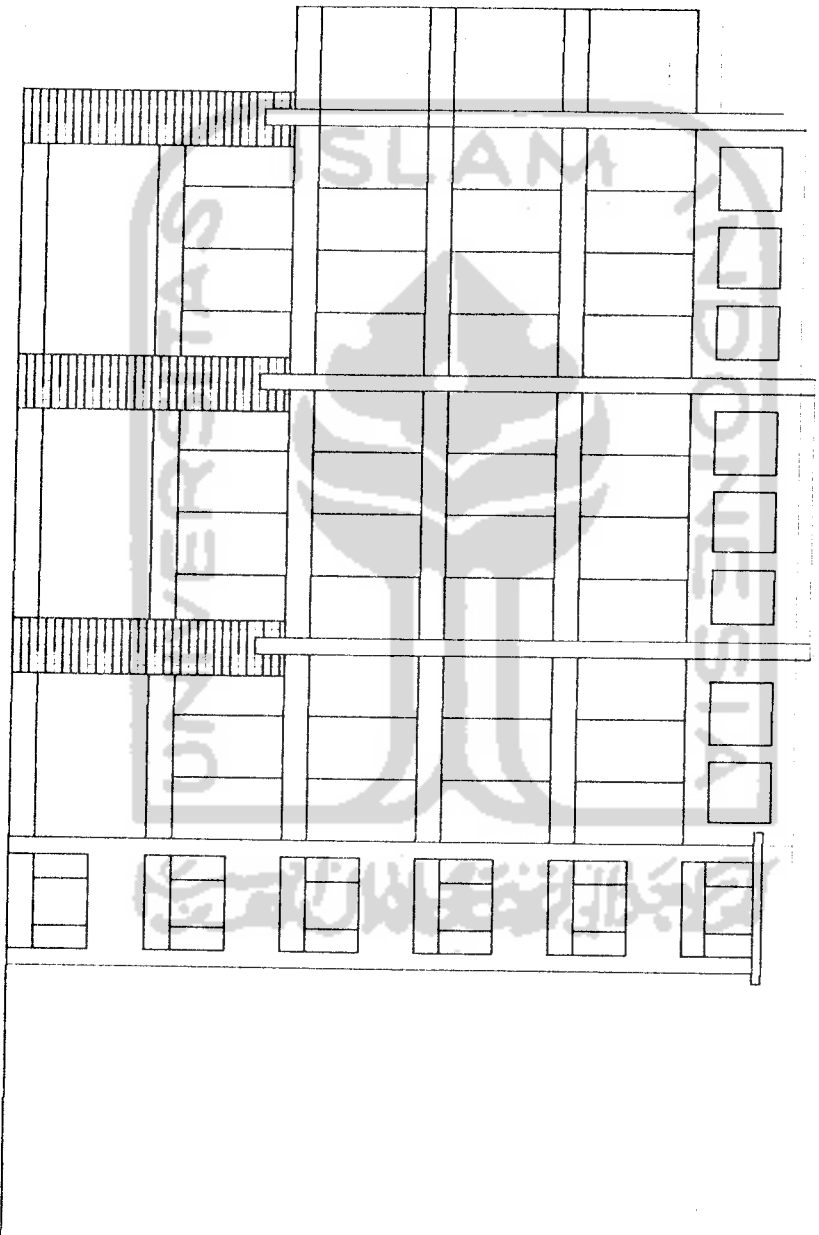


TIPE PELAT LANTAI 2-6

SKALA 1 : 250

TAMPAK DEPAN





TAMPAK SAMPING KANAN

4.4 Perencanaan Balok Anak Atap

4.4.1 Perhitungan balok anak atap



$$\frac{1}{2}b = \frac{1}{2} \cdot 4 = 2 \text{ m} \qquad h = \frac{2}{3}l = \frac{2}{3} \cdot 2 = 1,33 \text{ m}$$

Gambar 4.7 Tipe Pembebanan pada balok anak

4.4.2 Data material

- berat jenis (bj) beton = 24 kN/m³
- beban mati (qD) pelat atap = 2,82 kN/m²
- beban hidup (qL) pelat lantai = 1 kN/m²
- perkiraan ukuran balok anak :

$$L = 4 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

$$h \approx \frac{1}{12}L = \frac{1}{12} \cdot 400 = 33,33 \text{ cm} \rightarrow 35 \text{ cm}$$

$$b \approx \frac{1}{2}h = \frac{1}{2} \cdot 35 = 17,5 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ cm}$$

sehingga dicoba ukuran balok = 0,35 m x 0,2 m

4.4.3 Perhitungan

a) Pembebanan

- beban pelat = $h \cdot q_D \cdot n$
 $= 1,33 \cdot 2,82 \cdot 2 = 7,5 \text{ kN/m}$
 - berat balok anak = $b_{\text{blk}} \cdot (h_{\text{blk}} - t_{\text{pelat}}) \cdot b_j$
 $= 0,2 \cdot (0,35 - 0,09) \cdot 24 = 1,104 \text{ kN/m}^2$
- $q_D \text{ balok anak} = 7,5 + 1,104 = 8,604 \text{ kN/m}^2$
 $q_L \text{ balok anak} = h \cdot q_L \cdot n = 1,33 \cdot 1,2 = 2,66 \text{ kN/m}^2$
 $q_U \text{ balok anak} = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$
 $= 1,2 \cdot 8,604 + 1,6 \cdot 2,66 = 14,58 \text{ kN/m}^2$

b) Perhitungan Momen

Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI) 1971 Bab 13 bagian 7 point g disebutkan bahwa momen yang terjadi pada balok yang terletak atas 4 atau lebih tumpuan dan terjepit elastis atau menerus pada tumpuan – tumpuan tengah dan terjepit elastis pada tumpuan-tumpuan ujung adalah sebagai berikut :

Gambar 4.8. Koefisien momen

Maka :

$$\text{- Momen tumpuan ujung} = -\frac{1}{24}qL_1^2$$

$$M_1 = -\frac{1}{24}q_u J^2 = -\frac{1}{24} \cdot 14,58.4^2 = -9,72 \text{ kNm}$$

$$\text{- Momen lapangan ujung} = \frac{1}{12}qL_1^2$$

$$M_2^+ = \frac{1}{12}q_u J^2 = \frac{1}{12} \cdot 14,58.4^2 = 19,44 \text{ kNm}$$

$$\text{- Momen tumpuan kedua} = -\frac{1}{12}qL_1^2$$

$$M_3 = -\frac{1}{12}q_u J^2 = -\frac{1}{12} \cdot 14,58.4^2 = -19,44 \text{ kNm}$$

$$\text{- Momen lapangan berikutnya} = +\frac{1}{14}qL_1^2$$

$$M_4^+ = \frac{1}{14}q_u J^2 = \frac{1}{14} \cdot 14,58.4^2 = 16,66 \text{ kNm}$$

$$\text{- Momen tumpuan berikutnya} = -\frac{1}{12}qL_1^2$$

$$M_5 = -\frac{1}{12}q_u J^2 = -\frac{1}{12} \cdot 14,58.4^2 = 19,44 \text{ kNm}$$

Maka untuk perencanaan digunakan momen yang paling besar : $(\frac{1}{12})$

c) Penulangan Balok

Data : $f'_c = 30 \text{ MPa}$

- f_y ulir (baja) = 400 MPa

Untuk $f'_c \leq 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85$

$$f'_c > 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30) \geq 0,65$$

β_1 = konstanta yang merupakan fungsi dari kuat tekan beton

Perhitungan :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0325$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{pakai} = 0,5 \cdot \rho_{maks} = 0,5 \cdot 0,0244 = 0,0122$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,68$$

$$R_n = \rho_{pakai} \cdot f_y \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho_{pakai} \cdot m) = 0,0122 \cdot 400 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,0122 \cdot 15,68) \\ = 4,413 \text{ MPa}$$

$$\frac{M_2^+}{\phi} = \frac{19,44}{0,8} = 24,3 \text{ kN/m}$$

$$b \cdot d^2 = \frac{Mu / \phi}{R_n} = \frac{24,3 \cdot 10^6}{4,413} = 5.506.458,192 \text{ mm}^2$$

diambil $b = 200 \text{ mm}$, maka :

$$d_{perlu} = \sqrt{\frac{5.506.458,192}{200}} = 165,9 \text{ mm} \approx$$

$$h = d_{perlu} + 100 = 165,9 + 100 = 265,9 \text{ mm} \rightarrow 300 \text{ mm}$$

diambil $d_s = 80$

$$\text{Tinggi efektif } d = h - d_s = 300 - 80 = 220 > d_{perlu} = 165,9 \text{ mm}$$

Karena $d_{pakai} > d_{perlu}$, maka direncanakan sebagai tulangan sebelah

Ukuran balok yang dipakai = 0,20 m x 0,30 m

1. Penulangan untuk momen tumpuan (M_3^-)

$$M_3^- = \frac{19,44}{0,8} = 24,3 \text{ kNm}$$

$$Rn_{\text{baru}} = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{24,3 \cdot 10^6}{200 \cdot 220^2} = 2,51 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{Rn_{\text{baru}}}{Rn} \rho_{\text{pakai}} = \frac{2,51}{4,413} \cdot 0,0122 = 0,00694 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$< \rho_{\text{maks}} = 0,0228$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{baru}} = 0,00694$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,00694 \cdot 200 \cdot 220 = 305,36 \text{ mm}^2$$

$$A_{1\text{Ø}16} = 201,1 \text{ mm}^2$$

dipakai 2 Ø 16, maka :

Gambar 4.9 Penampang Melintang Balok Anak Tumpuan

$$A_{s\text{tul}} = 2 \times 201,1 = 402,2 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} = 305,36 \text{ mm}^2$$

$$jbd = \frac{b - 2 \cdot pb - 2 \cdot \phi_{\text{sengkang}} - n \cdot \phi_{\text{tul}}}{(n - 1)} = \frac{200 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 2 \cdot 16}{2 - 1}$$

$$= 72 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

$$d = h - (\frac{\phi}{2} + \phi_{\text{sengkang}} + pb) = 300 - (8 + 8 + 40) = 244$$

Kontrol Mn :

$$a = \frac{A s_{\text{pakai}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{402,2 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200} = 31,545 \text{ mm}$$

$$M_n = A s_{\text{pakai}} \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) = 402,2 \cdot 400 \cdot (244 - \frac{31,545}{2})$$

$$= 36,717 \text{ kNm} > \frac{M_u}{\phi} = 24,3 \text{ kNm} \dots\dots(\text{OK})$$

2. Penulangan untuk momen lapangan (Mlu)

$$M_3 = \frac{19,44}{0,8} = 24,3 \text{ kNm}$$

$$Rn_{\text{baru}} = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{24,3 \cdot 10^6}{200 \cdot 220^2} = 2,51 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{Rn_{\text{baru}}}{Rn} \rho_{\text{pakai}} = \frac{2,51}{4,413} \cdot 0,0122 = 0,00694 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$< \rho_{\text{maks}} = 0,0228$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{baru}} = 0,00694$$

$$A s_{\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,00694 \cdot 200 \cdot 220 = 305,36 \text{ mm}^2$$

$$A 1 \phi 16 = 201,1 \text{ mm}^2$$

dipakai 2 ϕ 16, maka :

Gambar 4.10 Penampang Melintang Balok Anak Lapangan

$$A_{Stul} = 2 \times 201,1 = 402,2 \text{ mm}^2 > A_{Sperlu} = 305,36 \text{ mm}^2$$

$$Jbd = \frac{b - 2 \cdot pb - 2 \cdot \phi_{sengkang} - n \cdot \phi_{tul}}{(n-1)} = \frac{200 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 2 \cdot 16}{2-1}$$

$$= 72 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

$$d = h - (\phi/2 + \phi_{sengkang} + pb) = 300 - (8 + 8 + 40) = 244$$

Kontrol Mn :

$$a = \frac{A_{spakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{402,2 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200} = 31,545 \text{ mm}$$

$$Mn = A_{spakai} \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) = 402,2 \cdot 400 (244 - \frac{31,545}{2})$$

$$= 36,717 \text{ kNm} > \frac{Mu}{\Phi} = 24,3 \text{ kNm} \dots\dots(\text{OK})$$

4.4.4 Penulangan Geser Balok Anak Atap

4.4.4.1 Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak Atap

Data : $q_u = 14,58 \text{ kN/m}$

$$q_L = 2,66 \text{ kN/m}$$

$$L = 4 \text{ m}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

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

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$d = 244 \text{ mm}$$

- Gaya geser maksimum tumpuan :

$$V_H = 0,5 \cdot q_u \cdot L = 0,5 \cdot 14,58 \cdot 4 = 29,16 \text{ kN}$$

- Gaya geser pada tampang kritis, sejarak $d = 244 \text{ mm}$ dari muka tumpuan, diperkirakan lebar balok induk 300 mm

$$V_u = \frac{2 - (0,15 + 0,244)}{2} \cdot 29,16 = 23,4 \text{ kN}$$

Kekuatan geser beton (V_c) :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot (\sqrt{f'_c}) \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot (\sqrt{30}) \cdot 200 \cdot 244 = 44,55 \text{ kN}$$

Untuk geser faktor reduksi kekuatan $\phi = 0,6$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 44,55 = 26,73 \text{ kN}$$

$$\phi \frac{1}{2} V_c = 1/2 \cdot 26,73 = 13,365 \text{ kN}$$

$$\phi 3V_c = 3 \cdot 26,73 = 80,19 \text{ kN}$$

$$\phi 5V_c = 5 \cdot 26,73 = 133,65 \text{ kN}$$

$$\phi \frac{1}{2} V_c = 13,365 \text{ kN} < V_u = 23,4 \text{ kN} < \phi V_c = 26,73 \text{ kN}$$

⇒ perlu tulangan geser minimum

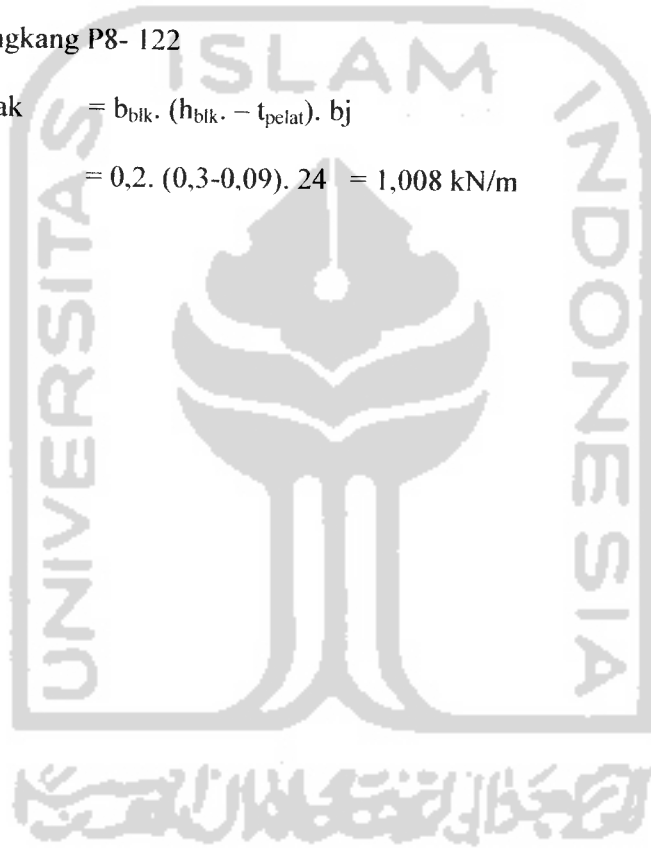
$$S = \frac{3A_v \cdot f_y}{h_u} = \frac{3 \cdot 100,53 \cdot 400}{200} = 603,18 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \text{Spasi sengkang} : s \leq \frac{d}{2} = \frac{244}{2} = 122 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

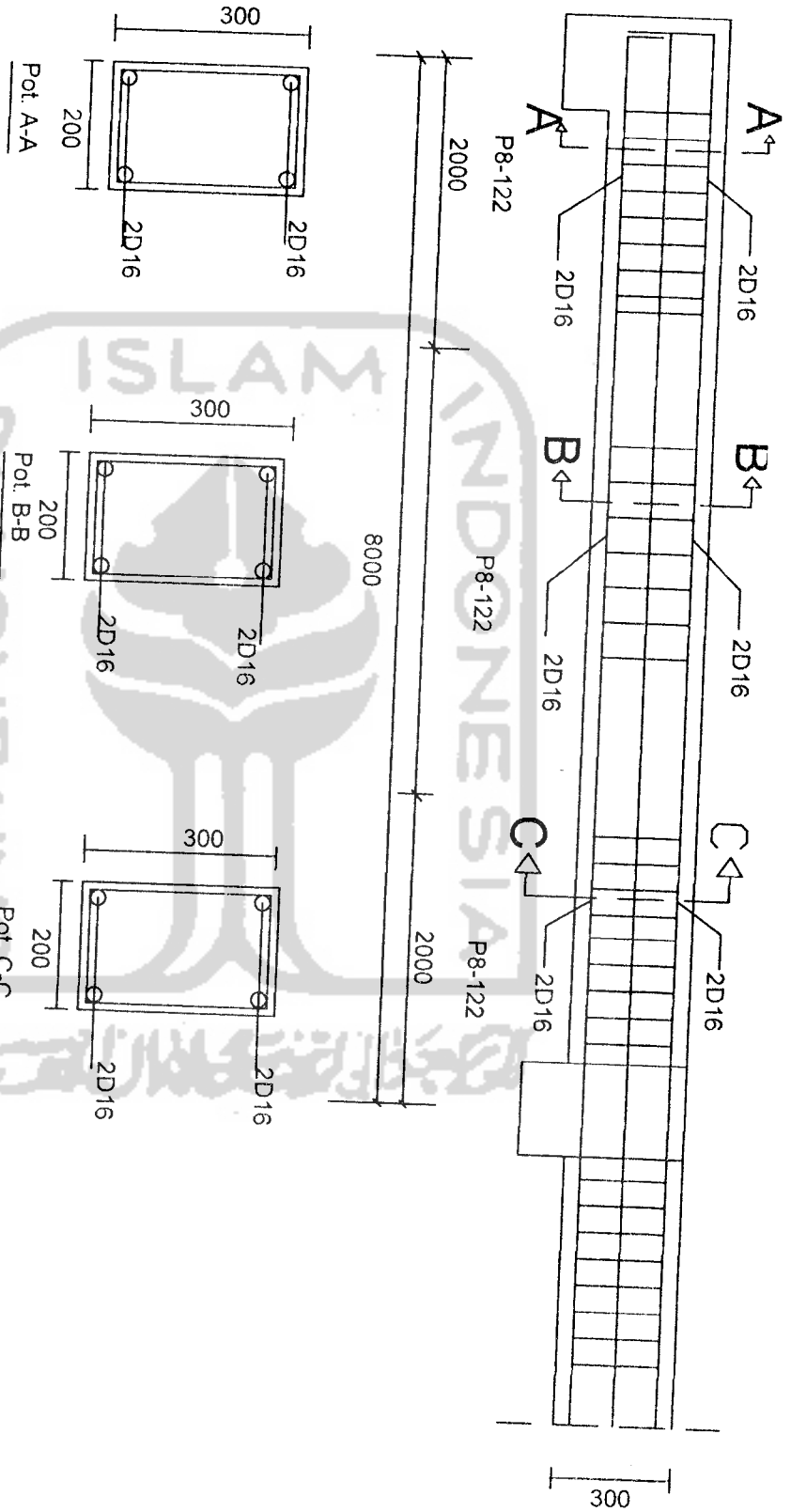
Jarak sengkang maksimum 122 mm

Digunakan sengkang P8- 122

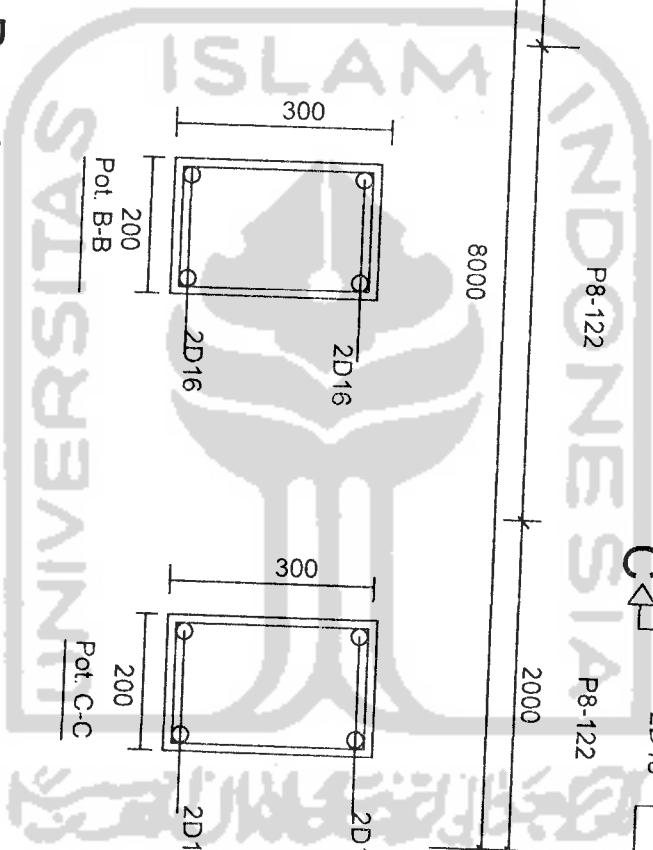
$$\begin{aligned} \text{berat balok anak} &= b_{\text{blk}} \cdot (h_{\text{blk}} - t_{\text{pelat}}) \cdot b_j \\ &= 0,2 \cdot (0,3 - 0,09) \cdot 24 = 1,008 \text{ kN/m} \end{aligned}$$







Detail Penulangan Balok Anak Atap



4.5 Perencanaan Balok C-C Atap

Distribusi beban akibat pelat lantai berbentuk segitiga, dan karena balok anak menumpu pada balok C- C, maka beban akibat balok anak berupa beban titik.

Gambar 4.7 Tipe Pembebanan pada balok

Akibat pelat lantai $q_U\text{-pelat} = 4,98 \text{ kN/m}^2$

$$R = \frac{1}{2} \cdot 4,2 \cdot 4,98 = 19,92 \text{ kN}$$

$$M_{\text{maks}} = 19,92 \cdot 4 - \frac{1}{2} \cdot 4,2 \cdot 4,98 \cdot 2 = 39,84 \text{ kNm}$$

$$q_U\text{- eki} = \frac{1}{3} \cdot q_U \cdot L_x = \frac{1}{3} \cdot 4,98 \cdot 8 = 13,28 \text{ kN/m}$$

4.5.1 Perhitungan

Ditaksir ukuran balok 300/600

- beban pelat $= 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot q_U \cdot L_x = \frac{2}{3} \cdot 4,98 \cdot 8 = 26,56 \text{ kN/m'}$

$$\text{berat balok} = b_{\text{blk}} \cdot (h_{\text{blk}} - t_{\text{pelat}}) \cdot b_j$$

$$1,2 \cdot [0,3 \cdot (0,6 - 0,09) \cdot 24] = 4,404 \text{ kN/m' } +$$

$$q_U = 30,96 \text{ kN/m'}$$

Akibat balok anak : $P_u = 2 \cdot 24,3 = 48,6 \text{ kN}$

Karena beban yang bekerja merupakan beban tersusun, beban merata dan beban titik, maka menurut PBI 1971 :

$$M^0 = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 + \frac{1}{4} \cdot P_u \cdot L = \frac{1}{8} \cdot 30,96 \cdot 8^2 + \frac{1}{4} \cdot 48,6 \cdot 8 = 344,88 \text{ kNm}$$

$$M^+ = \frac{4}{5} \cdot M^0 = \frac{4}{5} \cdot 344,88 = 275,9 \text{ kNm}$$

$$M^- = \frac{1}{2} \cdot M^0 = \frac{1}{2} \cdot 344,88 = 172,44 \text{ kNm}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L + \frac{1}{2} \cdot P_u = \frac{1}{2} \cdot 30,96 \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 48,6 = 135,99 \text{ kN}$$

Digunakan ukuran balok :

$$b = 300 \text{ mm} ; h = 600 \text{ mm}$$

$$\text{diambil } d_s = 80 \text{ mm dan } d' = 65 \text{ mm}$$

$$\text{tinggi efektif } d = h - d_s = 600 - 80 = 520 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Lentur

$$M_U^- = 172,44 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_U^-}{\phi} = \frac{172,44}{0,8} = 215,55 \text{ kNm}$$

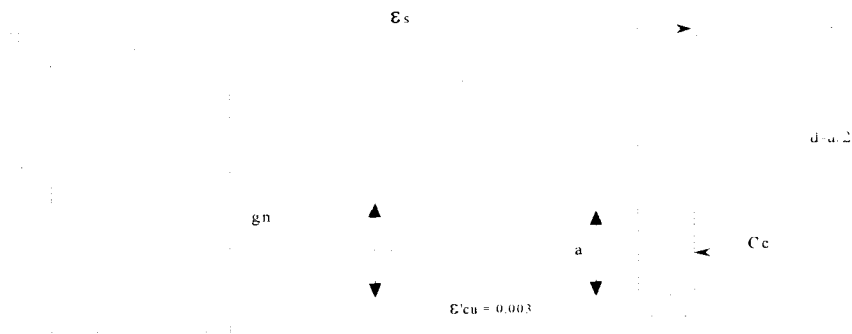
$$\text{Gaya tekan : } C = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a = 0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot a \text{ N} = 7650 a \text{ N}$$

$$\text{Momen Nominal} = M_n = C \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$213,55 \cdot 10^6 = 7650 \cdot a \cdot \left(520 - \frac{a}{2} \right)$$

$$a^2 - 1040 \cdot a + 55830,06536 = 0 \rightarrow a = 56,7831 \text{ mm}$$

$$x = 56,7831 / 0,85 = 66,8 \text{ mm}$$



maka gaya tekan : $C = 7650.56,7831 = 434390,71 \text{ N}$

Keseimbangan gaya dalam $T = C = 434390,71 \text{ N}$

Anggap baja tulangan tarik sudah leleh, maka ;

$$\text{Luas tulangan tarik : } A_s = \frac{T}{f_s} = \frac{434390,71}{400} = 1086 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 4D20 = $1256,8 \text{ mm}^2 > 1086 \text{ mm}^2$

$$jbd = \frac{b - 2 \cdot pb - 2 \cdot \phi_{sengkang} - n \cdot \phi_{tul}}{(n-1)} = \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 4 \cdot 20}{4-1}$$

= $40 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow$ memenuhi syarat

$$ds = 40 + 10 + 20/2 = 60 \text{ mm} < 80 \text{ mm}$$

Periksa rasio tulangan : $\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1256,8}{300 \cdot 540} = 0,00748$

$\rightarrow \rho_{\text{maks}} = 0,0244 > \rho > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \rightarrow \text{Ok}$

Periksa regangan baja tulangan :

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{20000} = 0,02$$

$$\varepsilon_s = \frac{d-x}{x} \cdot \varepsilon'_{cu} = \frac{540-66,8}{66,8} \cdot 0,003 = 0,02125 > \varepsilon_y = 0,02$$

\rightarrow tulangan tarik sudah leleh

$$M^- = 172,44 \text{ kNm (balok tampang T)}$$

$$M_n = \frac{Mu^-}{\phi} = \frac{172,44}{0,8} = 215,55 \text{ kNm}$$

$$\text{Lebar flens : } b_E \leq \frac{L}{4} = \frac{8000}{4} = 2000 \text{ mm}$$

$$b_E \leq b_w + 16 \cdot h_f = 300 + 16 \cdot 120 = 2220 \text{ mm}$$

$$b_E \leq b_w + b_0 = 300 + (4000-300) = 4000 \text{ mm}$$

\rightarrow digunakan $b_E = 1000 \text{ mm}$

$$\text{Diambil } d_s = 80 \text{ mm maka } d = 600 - 80 = 520 \text{ mm}$$

Periksa kekuatan penampang untuk $a = h_f$

$$\text{Gaya dalam } C = 0,85 \cdot f_c' \cdot b_E \cdot a = 0,85 \cdot 30 \cdot 1000 \cdot 120$$

$$= 3060000 \text{ N}$$

Momen nominal :

$$M_n = C \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 3060000 \cdot \left(520 - \frac{120}{2} \right) \cdot 10^{-6}$$

$$= 1407,6 \text{ kNm} > 215,55 \text{ kNm}$$

→ berarti $a < hf$. balok tampang T persegi

$$\text{Momen nominal : } Mn = C \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 215,55 \cdot 10^6 = 0,85 \cdot 30 \cdot 1000 \cdot a \cdot \left(520 - \frac{a}{2} \right)$$

$$a^2 - 520 \cdot a + 8453 = 0 \rightarrow a = 16,7983 < hf \text{ dan}$$

$$x = a/\beta_1 = 16,7983/0,85 = 19,76 \text{ mm}$$

$$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot b_E \cdot a = 0,85 \cdot 30 \cdot 1000 \cdot 16,7983 = 428356,65 \text{ N}$$

Keseimbangan gaya-gaya dalam $C = T$ dan anggap tulangan tarik sudah leleh,
maka luas tulangan tarik :

$$A_s = \frac{T}{f_y} = \frac{428356,65}{400} = 1070,89 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 4D20 = 1256,8 mm² > 1030,89 mm²

$$jbd = \frac{b - 2 \cdot pb - 2 \cdot \phi_{sengkang} - n \cdot \phi_{tul}}{(n-1)} = \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 4 \cdot 20}{4-1}$$

$$= 40 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{memenuhi syarat}$$

$$ds = 40 + 10 + 20/2 = 60 \text{ mm} < 80 \text{ mm}$$

$$\text{Periksa rasio tulangan} : \rho = \frac{A_s}{h.d} = \frac{1256,8}{300.540} = 0,00748$$

$$\rightarrow \rho_{\text{maks}} = 0,0244 > \rho > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \rightarrow \text{Ok}$$

Periksa regangan baja tulangan :

$$\varepsilon_s = \frac{d-x}{x} \cdot \varepsilon'_{cu} = \frac{540-19,76}{19,76} \cdot 0,003 = 0,07898 > \varepsilon_y = 0,02$$

→ tulangan tarik sudah leleh

4.5.2 Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser maksimum yang bekerja pada tumpuan :

$$V_u = 135,99 \text{ kN}$$

Gaya geser pada tengah bentang balok

$$V_{u_{\text{tengah}}} = 48,6/2 = 24,3 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{V_{u_{\text{tengah}}}}{\phi} = \frac{24,3}{0,6} = 40,5 \text{ kN}$$

Gaya geser pada tampang kritis, sejarak $d = 540$ mm dari muka tumpuan dan diperkirakan ukuran kolom 300/600

$$V_u = \frac{4000 - (300 + 540)}{4000} \cdot (135,99 - 40,5) + 40,5 = 115,9 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{115,9}{0,6} = 193 \text{ kN}$$

Kekuatan geser beton (V_c):

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot (\sqrt{f'c}) \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot (\sqrt{30}) \cdot 300 \cdot 540 \cdot 10^{-3} = 147,885 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} \cdot V_c = \frac{1}{2} \cdot 147,885 = 73,9 \text{ kN} \quad ; \quad 3 \cdot V_c = 3 \cdot 147,885 = 443,655 \text{ kN}$$

$$V_c = 147,885 \text{ kN} < \frac{V_u}{\phi} = 193 \text{ kN} < 3V_c = 443,655 \text{ kN} \Rightarrow \text{perlu tulangan geser}$$

$$\text{Digunakan sengkang tertutup } P_{10}, s \leq \frac{d}{2} = 270 \text{ mm}$$

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \cdot 300 \cdot 540 = 54000 \text{ N} = 54 \text{ kN}$$

Mencari koordinat titik – titik penting

Titik dimana gaya geser = V_c

$$x_1 = \frac{147,885}{193} \cdot 4300 = 3,3 \text{ m,}$$

Titik dimana gaya geser = $\frac{1}{2} \cdot V_c$

$$x_2 = \frac{73,9}{193} \cdot 4300 = 1,65 \text{ m}$$

Daerah I :

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = 193 - 147,885 = 45,115 \text{ kN}$$

$$V_{s_{\min}} = 54 \text{ kN}$$

Digunakan sengkang P10 mm, maka $A_v = 2.1/4.\pi.10^2 = 157 \text{ mm}^2$

Jarak sengkang:

$$S \leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157 \cdot 400 \cdot 540}{54} \cdot 10^{-3} = 628 \text{ mm}$$

$$\leq d/2 = 540/2 = 270 \text{ mm}$$

$$\leq 600$$

Jadi dipakai tulangan sengkang P10-200

Daerah II:

Daerah tulangan geser minimum

Digunakan sengkang P10 mm, maka : $A_v = 2.1/4.\Phi.10^2 = 157 \text{ mm}^2$

$$S \leq \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b \cdot \mu} = \frac{3 \cdot 157 \cdot 400}{300} = 628 \text{ mm}$$

$$\leq 540/2 = 270 \text{ mm}$$

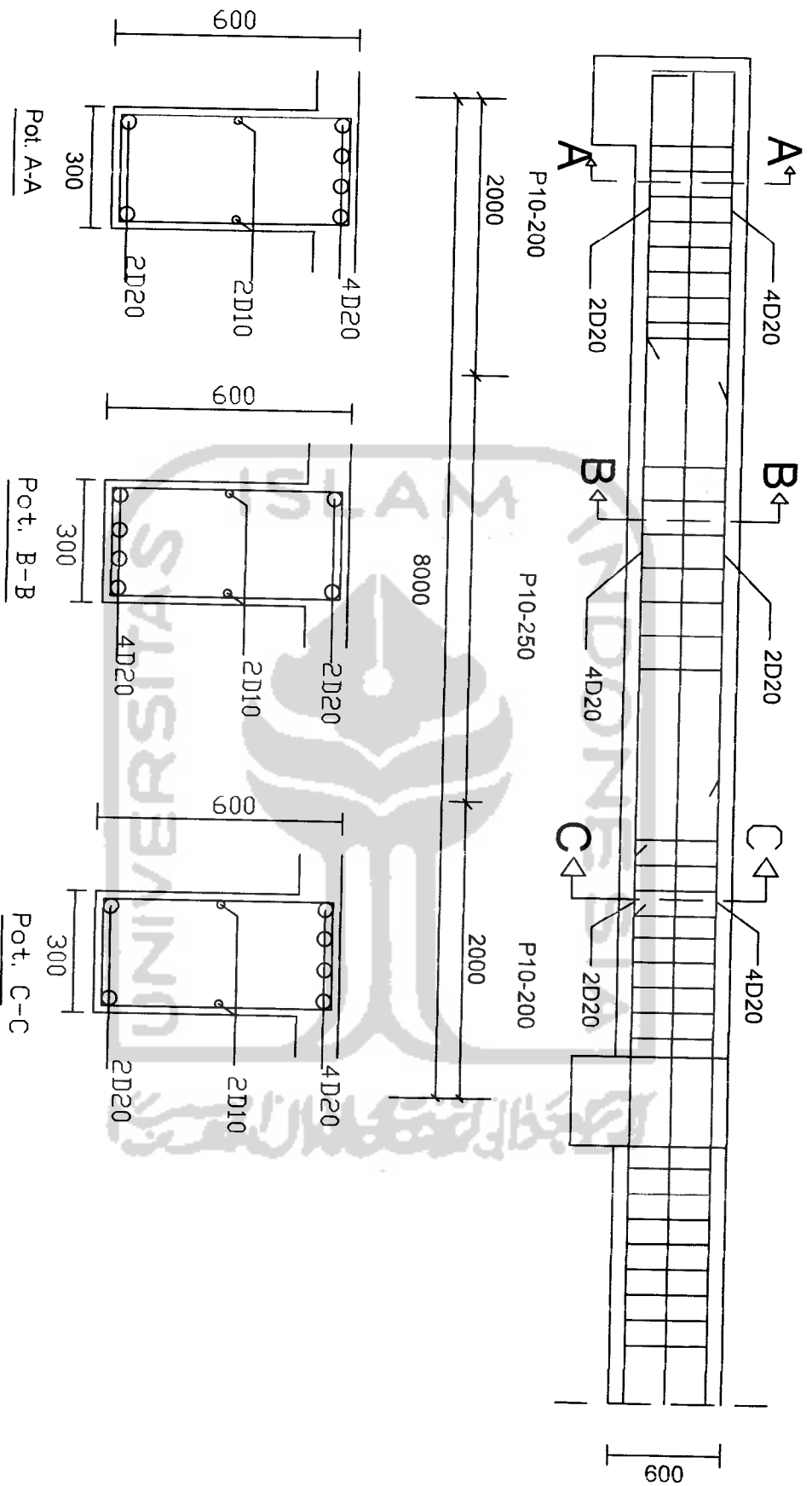
$$\leq 600 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan sengkang P10-250



Diagram gaya geser

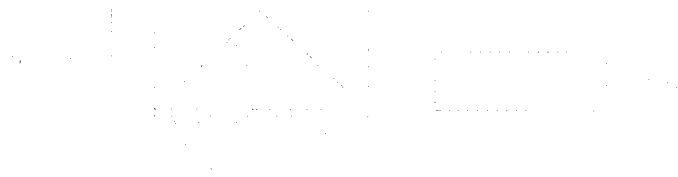
وَمَا كُنَّا بِمُعْجِزِينَ لَكُمْ وَلَئِن كُنَّا إِلَّا فِي سَعْتٍ



Detail Penulangan Balok C-C Atap

4.6 Perencanaan Balok Anak Lantai

4.6.1 Perhitungan balok anak B1



$$\frac{1}{2}b = \frac{1}{2} \cdot 4 = 2 \text{ m} \qquad h = \frac{2}{3}l = \frac{2}{3} \cdot 2 = 1,33 \text{ m}$$

Gambar 4.7 Tipe Pembebanan pada balok anak

4.6.1.1 Data material

- berat jenis (γ) beton = 24 KN/m³
- beban mati (q_D) pelat lantai = 4,65 KN/m²
- beban hidup (q_L) pelat lantai = 4 KN/m²
- perkiraan ukuran balok anak :

$$L = 4 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

$$h \approx \frac{1}{12}L = \frac{1}{12} \cdot 400 = 33,33 \text{ cm} \rightarrow 35 \text{ cm}$$

$$b \approx \frac{1}{2}h = \frac{1}{2} \cdot 35 = 17,5 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ cm}$$

sehingga dicoba ukuran balok = 0,35 m x 0,2 m

4.6.1.2 Perhitungan

a) Pembebanan

- beban pelat = $h \cdot q_D \cdot n$
 $= 1,33 \cdot 4,65 \cdot 2 = 12,369 \text{ kN/m}$
 - berat balok = $b_{\text{blk}} \cdot (h_{\text{blk}} - t_{\text{pelat}}) \cdot b_j$
 $= 0,2 \cdot (0,35 - 0,12) \cdot 24 = 1,058 \text{ kN/m}$
- $q_D \text{ balok anak} = 12,369 + 1,058 = 13,427 \text{ kN/m}$
 $q_L \text{ balok anak} = h \cdot q_L \cdot n = 1,33 \cdot 4,2 = 10,64 \text{ kN/m}$
 $q_U \text{ balok anak} = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$
 $= 1,2 \cdot 13,427 + 1,6 \cdot 10,64 = 33,1 \text{ kN/m}$

b) Perhitungan Momen

Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971 Bab 13 bagian 7 point g disebutkan bahwa momen yang terjadi pada balok yang terletak atas 4 atau lebih tumpuan dan terjepit elastis atau menerus pada tumpuan – tumpuan tengah dan terjepit elastis pada tumpuan-tumpuan ujung adalah sebagai berikut :

Gambar 4.8. Koefisien momen

Maka :

$$\text{- Momen tumpuan ujung} = -\frac{1}{24}qL_1^2$$

$$M_1^- = -\frac{1}{24} \cdot q_u \cdot J^2 = -\frac{1}{24} \cdot 33,1 \cdot 1,4^2 = -22,06 \text{ kNm}$$

$$\text{- Momen lapangan ujung} = \frac{1}{12}qL_1^2$$

$$M_2^+ = \frac{1}{12} \cdot q_u \cdot J^2 = \frac{1}{12} \cdot 33,1 \cdot 1,4^2 = 44,1 \text{ kNm}$$

$$\text{- Momen tumpuan kedua} = -\frac{1}{12}qL_1^2$$

$$M_3^- = -\frac{1}{12} \cdot q_u \cdot J^2 = -\frac{1}{12} \cdot 33,1 \cdot 1,4^2 = -44,1 \text{ kNm}$$

$$\text{- Momen lapangan berikutnya} = +\frac{1}{14}qL_1^2$$

$$M_4^+ = \frac{1}{14} \cdot q_u \cdot J^2 = \frac{1}{14} \cdot 33,1 \cdot 1,4^2 = 37,8 \text{ kNm}$$

$$\text{- Momen tumpuan berikutnya} = -\frac{1}{12}qL_1^2$$

$$M_5^- = -\frac{1}{12} \cdot q_u \cdot J^2 = -\frac{1}{12} \cdot 33,1 \cdot 1,4^2 = -44,1 \text{ kNm}$$

Maka untuk perencanaan digunakan momen yang paling besar : $(\frac{1}{12})$

c) Penulangan Balok

Data : $f'_c = 30 \text{ MPa}$

- f_y ulir (baja) = 400 MPa

Untuk $f'_c \leq 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85$

$$f'_c > 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30) \geq 0,65$$

β_1 = konstanta yang merupakan fungsi dari kuat tekan beton

Perhitungan :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0325$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{pakai} = 0,5 \cdot \rho_{maks} = 0,5 \cdot 0,0244 = 0,0122$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,68$$

$$R_n = \rho_{pakai} \cdot f_y \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho_{pakai} \cdot m) = 0,0122 \cdot 400 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,0122 \cdot 15,68) \\ = 4,413 \text{ MPa}$$

$$\frac{M_2^+}{\phi} = \frac{44,1}{0,8} = 55,1 \text{ kN/m}$$

$$b \cdot d^2 = \frac{Mu / \phi}{R_n} = \frac{55,1 \cdot 10^6}{4,413} = 12.485.158 \text{ mm}^2$$

diambil $b = 200 \text{ mm}$, maka :

$$d_{perlu} = \sqrt{\frac{12.485.158}{200}} = 249,8 \text{ mm}$$

$$h = d_{perlu} + 100 = 249,8 + 100 = 349,8 \text{ mm} \rightarrow 350 \text{ mm}$$

$$d_{pakai} = h - p_b - \text{Øsengkang} - 0,5 \cdot \text{Øtul.pokok}$$

$$= 350 - 40 - 10 - 0,5 \cdot 20 = 290 \text{ mm} > d_{perlu} = 237 \text{ mm}$$

Karena $d_{pakai} > d_{perlu}$, maka direncanakan sebagai tulangan sebelah

Ukuran balok yang dipakai = 0,20 m x 0,35m

1. Penulangan untuk momen tumpuan (M_3)

$$M_3 = \frac{44,1}{0,8} = 55,1 \text{ kNm}$$

$$Rn_{\text{baru}} = \frac{Mu/\phi}{b.d^2} = \frac{55,1 \cdot 10^6}{200 \cdot 290^2} = 3,27 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{Rn_{\text{baru}}}{Rn} \rho_{\text{pakai}} = \frac{3,27}{4,413} \cdot 0,0122 = 0,009 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$< \rho_{\text{maks}} = 0,0228$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{baru}} = 0,009$$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,009 \cdot 200 \cdot 290 = 522 \text{ mm}^2$$

$$A_{1\text{Ø}20} = 314,2 \text{ mm}^2$$

dipakai 2 Ø 20, maka :

Gambar 4.9 Penampang Melintang Balok Anak Tumpuan

$$A_{S\text{tul}} = 2 \times 314,2 = 628,4 \text{ mm}^2 > A_{S\text{perlu}} = 522 \text{ mm}^2$$

$$jbd = \frac{b - 2.pb - 2.\phi.sengkang - n.\phi.tul}{(n-1)} = \frac{200 - 2.40 - 2.10 - 2.20}{2-1}$$

$$= 60 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol Mn :

$$a = \frac{A_{s_{pakai}} \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{628,4 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200} = 49,286 \text{ mm}$$

$$Mn = A_{s_{pakai}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 628,4 \cdot 400 \left(290 - \frac{49,286}{2} \right)$$

$$= 66,7 \text{ kNm} > \frac{Mu}{\phi} = 55,1 \text{ kNm} \dots\dots(\text{OK})$$

2. Penulangan untuk momen lapangan (Mlu)

$$\frac{Mu_2}{\phi} = \frac{44,1}{0,8} = 55,1 \text{ kNm}$$

$$Rn_{baru} = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{53,1 \cdot 10^6}{200 \cdot 290^2} = 3,27 \text{ MPa}$$

$$\rho_{baru} = \frac{Rn_{baru}}{Rn} \rho_{pakai} = \frac{3,27}{4,413} \cdot 0,0122 = 0,009 > \rho_{min} = 0,0035$$

$$< \rho_{maks} = 0,0228$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{baru} = 0,009$$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d = 0,009 \cdot 200 \cdot 290 = 522 \text{ mm}^2$$

$$A1 \text{ } \phi 20 = 314,2 \text{ mm}^2$$

dipakai 2 ϕ 20, maka :

Gambar 4.10 Penampang Melintang Balok Anak Lapangan

$$A_{s_{tul}} = 2 \times 314,2 = 628,4 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} = 549,5 \text{ mm}^2$$

$$jbd = \frac{b - 2 \cdot pb - 2 \cdot \phi_{sengkang} - n \cdot \phi_{tul}}{(n-1)} = \frac{200 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 20}{2-1}$$

$$= 60 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

$$d = h - (\phi_{i/2} + \phi_{sengkang} + pb) = 350 - (10 + 10 + 40) = 290$$

Kontrol Mn :

$$a = \frac{A_{s_{pakai}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_{c,b}} = \frac{628,4 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200} = 49,286 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{pakai}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 628,4 \cdot 400 \left(290 - \frac{49,286}{2} \right)$$

$$= 66,7 \text{ kNm} > \frac{Mu}{\phi} = 55,1 \text{ kNm} \dots\dots(\text{OK})$$

4.6.2 Penulangan Geser Balok Anak Lantai

4.6.2.1 Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak B1

Data : $q_u = 33,1 \text{ kN/m}$

$$qL = 10,64 \text{ kN/m}$$

$$L = 4 \text{ m}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

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

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$d = 290 \text{ mm}$$

- Gaya geser maksimum tumpuan :

$$V_u = 0,5 \cdot q_u \cdot L = 0,5 \cdot 33,1 \cdot 4 = 66,2 \text{ kN}$$

- Gaya geser pada tampang kritis, sejarak $d = 290 \text{ mm}$ dari muka tumpuan, diperkirakan lebar balok induk 300 mm

$$V_u = \frac{2 - (0,15 + 0,29)}{2} \cdot 66,2 = 51,64 \text{ kN}$$

Kekuatan geser beton (V_c):

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot (\sqrt{f'_c}) \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot (\sqrt{30}) \cdot 200 \cdot 290 = 53 \text{ kN}$$

Umtuk geser factor reduksi kekuatan $\phi = 0,6$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 53 = 31,8 \text{ kN}$$

$$\phi \frac{1}{2} V_c = \frac{1}{2} \cdot 31,8 = 15,9 \text{ kN}$$

$$\phi 3V_c = 3 \cdot 31,8 = 95,4 \text{ kN}$$

$$\phi 5V_c = 5 \cdot 31,8 = 159 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 31,8 \text{ kN} < V_u = 51,64 \text{ kN} < \phi 5V_c = 159 \text{ kN} \Rightarrow \text{perlu tulangan geser}$$

$$V_u = 51,64 \text{ kN} < \phi 3V_c = 95,4 \text{ kN}$$

→ Berarti jarak sengkang maksimum :

$$d/2 = 290/2 = 145 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum 145 mm

Letak titik dengan gaya geser ϕV_c dari tengah bentang :

$$x_1 = \frac{31,8}{66,2} \cdot 2150 = 1033 \text{ mm}$$

Letak titik dengan gaya geser $\frac{1}{2} V_c$ dari tengah bentang :

$$x_2 = \frac{15,9}{66,2} \cdot 2150 = 516,4 \text{ mm}$$

Gambar 4. Diagram tegangan geser balok anak

Koordinat titik – titik penting :

- Titik dimana nilai $V_u = \phi (3V_c) = 95,4 \text{ kN}$

$$X_1 = \frac{95,4}{66,2} \cdot 2000 =$$

Daerah I :

$$V_u = 51,64 \text{ kN} \rightarrow$$

$$V_s = V_u - \phi V_c = 51,64 - 31,8 = 19,84$$

Digunakan sengkang P10 mm, maka $A_v = 2 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 = 157 \text{ mm}^2$

Jarak sengkang:

$$S \leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157 \cdot 400 \cdot 290}{19,84} \cdot 10^{-3} = 917,9 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = d/2 = 290/2 = 145 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan sengkang P10-140

Daerah II: (tulangan geser minimum)

$$V_s = V_u - \phi V_c = 51,64 - 31,8 = 19,84$$

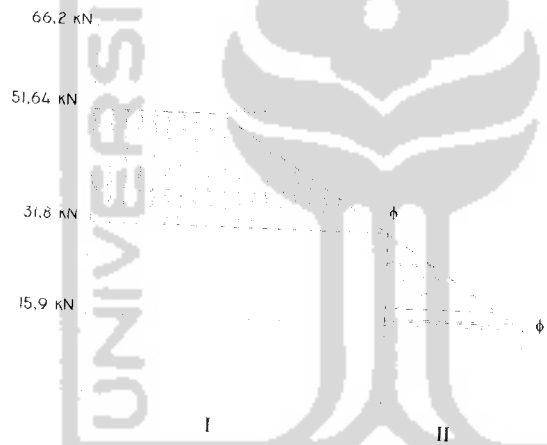
Digunakan sengkang P10 mm, maka : $A_v = 2.1/4.\Phi.10^2 = 157 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{3A_v.f_y}{h_u} = \frac{3.157.290}{200} = 682,95 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan sengkang P10-240

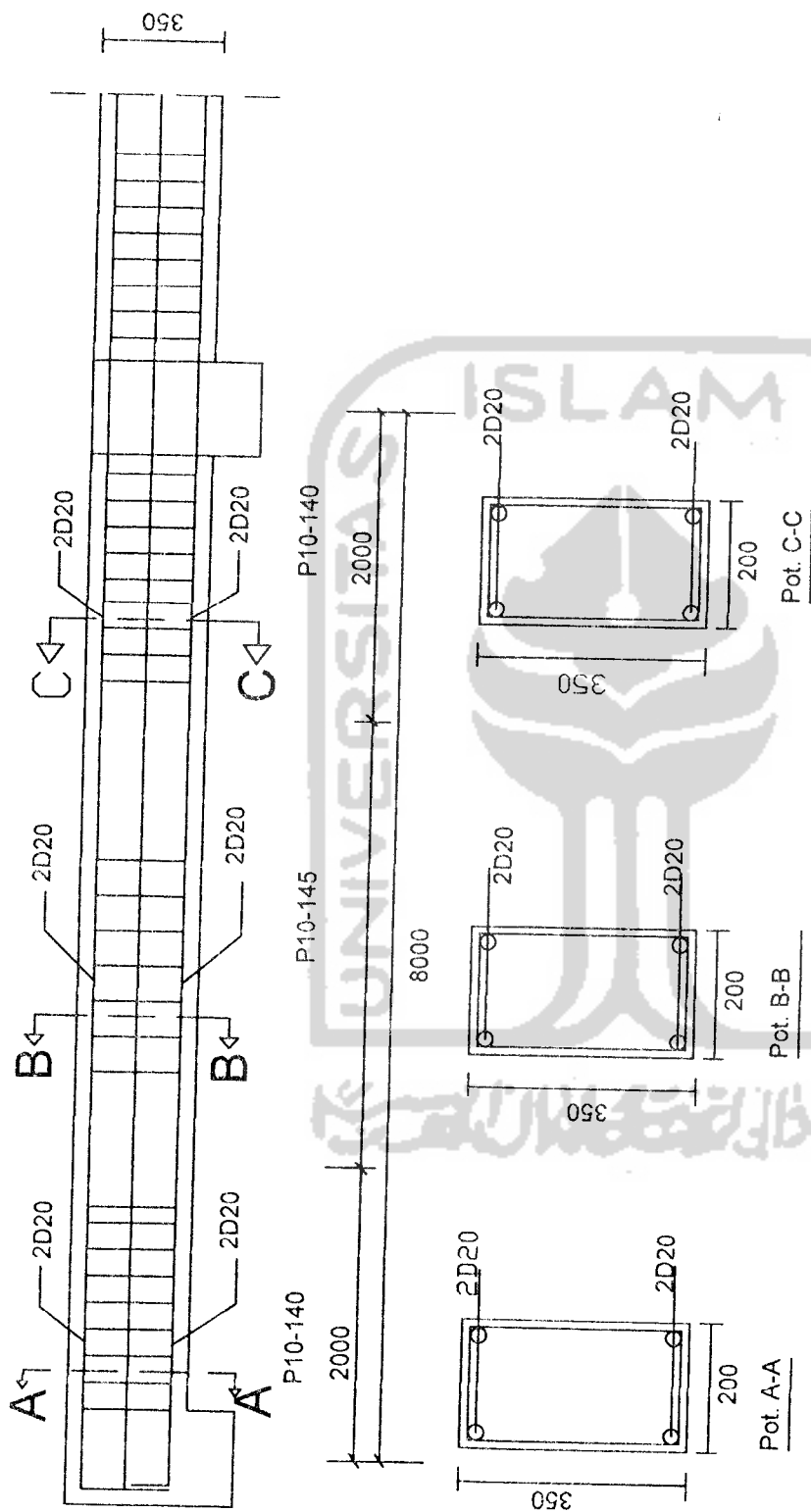
$$S_{\text{maks}} = d/2 = 290/2 = 145 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan sengkang P10-145



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA





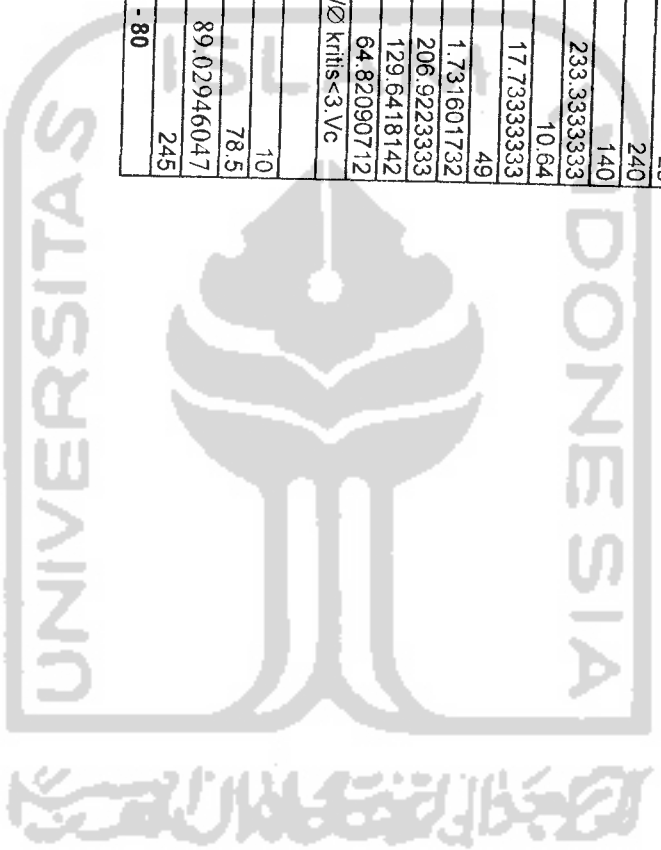
Detail Penulangan Balok Anak Lantai

Tabel 4.. Perencanaan Balok Anak 1 (BA1)

	Tumpuan	Lapangan	Tump. kedua	Lap. kedua	Tump. berikutnya
Mu (kNm)	100.568	201.136	201.136	172.402	201.136
ϕ	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Mu/ ϕ (kNm)	125.71	251.42	251.42	215.5025	251.42
f _c (Mpa)	28	28	28	28	28
f _y (Mpa)	400	400	400	400	400
β_1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
m	16.80672269	16.80672269	16.8067227	16.806723	16.80672269
p _b	0.030345	0.030345	0.030345	0.030345	0.030345
p _{maks}	0.02275875	0.02275875	0.02275875	0.0227588	0.02275875
p _{min}	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035
p _{pakai}	0.011379375	0.011379375	0.01137938	0.0113794	0.011379375
R _n (Mpa)	4.116488906	4.116488906	4.11648891	4.1164889	4.116488906
b.d ² perlu	30538160.76	61076321.53	61076321.5	52351046	61076321.53
b (mm)	350	350	350	350	350
d _{perlu} (mm)	295.3843054	417.7364909	417.736491	386.74852	417.7364909
h (mm)	550	550	550	550	550
d _{pakai} (mm)	490	490	490	490	490
d pakai > d _{perlu}					
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
R _n baru (Mpa)	1.495924317	2.991848634	2.99184863	2.5644374	2.991848634
p baru	0.004135243	0.008270487	0.00827049	0.007089	0.008270487
1.33. pbaru	0.005499874	0.010999748	0.01099975	0.0094283	0.010999748
p _{pakai}	0.00413	0.0082704	0.0082704	0.007088	0.0082704
As _{perlu} (mm ²)	708.295	1418.3736	1418.3736	1215.592	1418.3736
ϕ tul (mm)	20	20	20	20	20
A1 ϕ tul. (mm ²)	314	314	314	314	314
n _{perlu}	2.255716561	4.517113376	4.51711338	3.8713121	4.517113376
n _{pakai}	3	5	5	4	5
As _{ada} (mm ²)	942	1570	1570	1256	1570
s > 25 (mm)	95	37.5	37.5	56.666667	37.5
a (mm)	45.23409364	75.39015606	75.3901561	60.312125	75.39015606
M _n (kNm)	176.1098968	284.047491	284.047491	231.02559	284.047491
Kontrol	ok	ok	ok	ok	ok

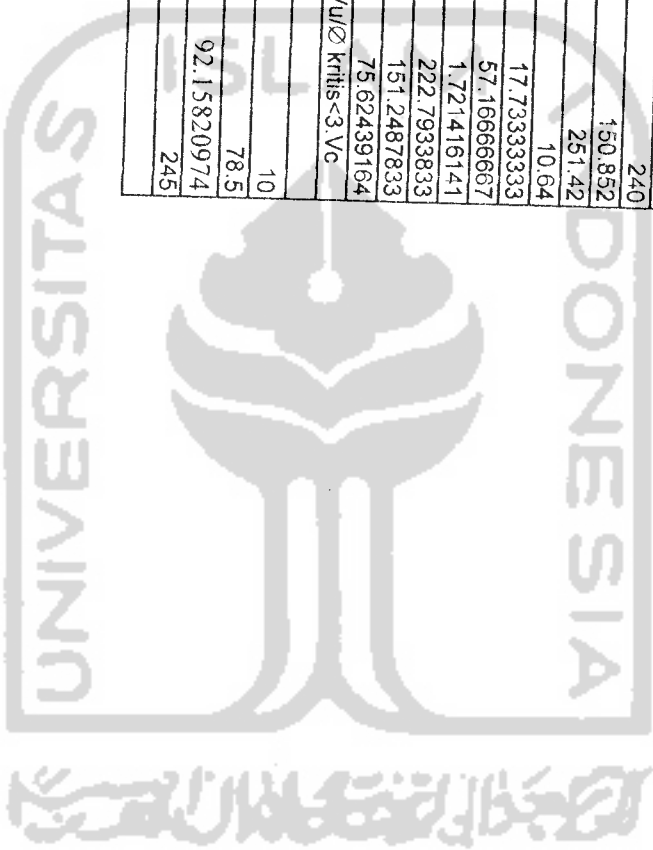
Perencanaan Tulangan Geser

qU		35
ql		10.64
L (m)		8
b (mm)		300
h (mm)		550
d (mm)		490
fc (Mpa)		28
fy (Mpa)		240
Vu (kN)		140
Vu/Ø (kN)		233.3333333
Vu/Ø bentang		10.64
Vu/Ø tengah (kN)		17.73333333
Vs min		49
x		1.731601732
Vu/Ø kritis (kN)		206.9223333
Vc (kN)		129.6418142
0.5 Vc (kN)		64.82090712
Kondisi	Vc+Vsmin < Vu/Ø kritis < 3 Vc	
Sengkang minimum		
Ø sengkang (mm)		10
Av (mm ²)		78.5
s (mm)		89.02946047
d/2 (mm)		245
Penulangan		P10 - 80



Perencanaan Tulangan Geser

qU	37.713
qL	10.64
L (m)	8
b (mm)	350
h (mm)	550
d (mm)	490
f _c (Mpa)	28
f _y (Mpa)	240
Vu (kN)	150.852
Vu/Ø (kN)	251.42
Vu tengah bentang	10.64
Vu/Ø tengah (kN)	17.73333333
Vs min	57.16666667
x	1.721416141
Vu/Ø kritis (kN)	222.7933833
Vc (kN)	151.2487833
0.5 Vc (kN)	75.62439164
Kondisi	(Vc+Vsmin < Vu/Ø kritis < 3 Vc
Sengkang minimum	
Ø sengkang (mm)	10
Av (mm ²)	78.5
s (mm)	92.15820974
d/2 (mm)	245
Penulangan	P10 - 90



Tabel 4.. Perencanaan Balok Anak 3 (BA3)

	Tumpuan	Lapangan
Mu (kNm)	140	203.64
ϕ	0.8	0.8
Mu/φ (kNm)	175	254.55
f _c (Mpa)	28	28
f _y (Mpa)	400	400
β ₁	0.85	0.85
m	16.80672269	16.80672269
ρ _b	0.030345	0.030345
ρ _{maks}	0.02275875	0.02275875
ρ _{min}	0.0035	0.0035
ρ _{pakai}	0.011379375	0.011379375
R _n (Mpa)	4.116488906	4.116488906
b.d ² perlu	42511957.15	61836678.25
b (mm)	350	350
d _{perlu} (mm)	348.5150423	420.3287089
h (mm)	550	550
d _{pakai} (mm)	490	490
	d pakai > d _{perlu}	
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
R _n baru (Mpa)	2.082465639	3.02909502
ρ baru	0.005756643	0.008373449
1.33. ρ _{baru}	0.007656335	0.011136687
ρ _{pakai}	0.005756	0.008373
As _{perlu} (mm ²)	987.154	1435.9695
∅ _{tul} (mm)	22	22
A1∅ _{tul} (mm ²)	379.94	379.94
n _{perlu}	2.598183924	3.779463863
jumlah tul. Pakai	3	4
As _{ada} (mm ²)	1139.82	1519.76
s > 25 (mm)	92	54
a (mm)	54.7332533	72.97767107
M _n (kNm)	210.9275086	275.6912509
Kontrol	ok	ok

Perencanaan Tulangan Geser

q _u	37.5
q _L	10
L (m)	7.25
b (mm)	350
h (mm)	550
d (mm)	490
f _c (Mpa)	28
f _y (Mpa)	240
V _u (kN)	135.9375
V _u / ∅ (kN)	226.5625
V _u tengah b	9.0625
V _u / ∅ tengah	15.10416667
V _s min	57.16666667
x	1.553571429
V _u / ∅ kritis (	197.9791667
V _c (kN)	151.2487833
0.5 V _c (kN)	75.62439164
Kondisi	(V _c +V _s min < V _u / ∅ kritis < 3.V _c)
Sengkang minimum	
∅ sengkang	10
Av (mm ²)	78.5
s (mm)	122.5752811
d/2 (mm)	245
Penulangan	P10 - 120

Tabel 4.. Perencanaan Balok Anak 4 (BA4)

	Tumpuan	Lapangan
Mu (kNm)	15.6	22.7
ϕ	0.8	0.8
Mu/ ϕ (kNm)	19.5	28.375
f_c (Mpa)	28	28
f_y (Mpa)	400	400
β_1	0.85	0.85
m	16.80672269	16.80672269
pb	0.030345	0.030345
pmaks	0.02275875	0.02275875
pmih	0.0035	0.0035
ppakai	0.011379375	0.011379375
Rn (Mpa)	4.116488906	4.116488906
b.d ² perlu	4737046.654	6893010.195
b (mm)	250	250
dperlu (mm)	137.6524123	166.0483086
h (mm)	300	300
dpakai (mm)	240	240
d pakai > dperlu		
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
Rn baru (Mpa)	1.354166667	1.970486111
ρ baru	0.003743377	0.005447094
1.33. ρ baru	0.004973692	0.007244634
ppakai	0.003743377	0.005447094
Asperlu (mm ²)	224.60262	326.82564
\emptyset tul (mm)	20	20
A1 \emptyset tul (mm ²)	314	314
n perlu	0.715294968	1.040845987
Intl tul. Pakai	2	2
As ada (mm ²)	628	628
s > 25 (mm)	110	110
a (mm)	42.21848739	42.21848739
Mn (kNm)	54.98535798	54.98535798
Kontrol	ok	ok

Perencanaan Tulangan Geser	
qU	10
ql	3
L (m)	4.75
b (mm)	250
h (mm)	300
d (mm)	240
f_c (Mpa)	28
f_y (Mpa)	240
Vu (kN)	23.75
Vu/ \emptyset (kN)	39.58333333
Vu tengah b	1.78125
Vu/ \emptyset tengah	2.96875
Vs min	20
x	1.027027027
Vu/ \emptyset kritis (	35.88333333
Vc (kN)	52.91502622
0,5 Vc (kN)	26.45751311
Kondisi:	Vc+Vsmin < Vu/ \emptyset kritis < 3.Vc
Sengkang minimum	
\emptyset sengkang	10
Av (mm ²)	78.5
s (mm)	-339.1617282
d/2(mm)	120
Penulangan	P10 - 300

Tabel 4.. Perencanaan Balok Anak 5 (BA5)

	Tumpuan	Lapangan
Mu (kNm)	68	98.9
ϕ	0.8	0.8
Mu/ ϕ (kNm)	85	123.625
f_c (Mpa)	28	28
f_y (Mpa)	400	400
β_1	0.85	0.85
m	16.80672269	16.80672269
pb	0.030345	0.030345
pmaks	0.02275875	0.02275875
pmn	0.0035	0.0035
ppakai	0.011379375	0.011379375
Rn (Mpa)	4.116488906	4.116488906
b.d ² perlu	20648664.9	30031661.16
b (mm)	250	250
dperlu (mm)	287.3928663	346.5929091
h (mm)	450	450
dpakai (mm)	390	390
Perencanaan	Tul. Sebelah	
Rn baru (Mpa)	2.235371466	3.251150559
ρ baru	0.006179327	0.008987286
1.33. pbaru	0.008218505	0.01195309
ppakai	0.006179327	0.008987286
Asperlu (mm ²)	602.4843825	876.260385
ϕ tul (mm)	20	20
A1 ϕ tul. (mm ²)	314	314
n perlu	1.918740072	2.790638169
Jml tul. Pakai	2	3
As ada (mm ²)	628	942
s > 25 (mm)	110	45
a (mm)	42.21848739	63.32773109
Mn (kNm)	92.66535798	135.0210555
Kontrol	ok	ok

Perencanaan Tulangan Geser	
qu	17.5
ql	6
L (m)	8
b (mm)	250
h (mm)	450
d (mm)	390
f_c (Mpa)	28
f_y (Mpa)	240
Vu (kN)	70
Vu/ ϕ (kN)	116.6666667
Vu tengah b	6
Vu/ ϕ tengah	10
Vs min	32.5
x	1.75
Vu/ ϕ kritis (	106.2666667
Vc (kN)	85.98691761
0.5 Vc (kN)	42.9934588
Kondisi	(Vc+Vsmin<Vu/ ϕ)
Sengkang minimum	
ϕ sengkang	10
Av (mm ²)	78.5
s (mm)	239.4934843
d/2 (mm)	195
Penulangan	P10 - 230

Tabel 4.. Perencanaan Balok Anak 6 (BA6)

	Tumpuan	Lapangan
Mu (kNm)	16,59	24,14
ϕ	0,8	0,8
Mu ϕ (kNm)	20,7375	30,175
f _c (Mpa)	28	28
f _y (Mpa)	400	400
β_1	0,85	0,85
m	16,80672269	16,80672269
ρ_b	0,030345	0,030345
ρ_{maks}	0,02275875	0,02275875
ρ_{min}	0,0035	0,0035
ρ_{pakai}	0,011379375	0,011379375
R _n (Mpa)	4,116488906	4,116488906
b d ² perlu	5037666,923	7330276,04
b (mm)	200	200
dperlu (mm)	158,7083319	191,4455019
h (mm)	300	300
d _{pakai} (mm)	240	240
Perencanaan	d _{pakai} > d _{perlu}	
	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
R _n baru (Mpa)	1,800130208	2,619357639
ρ baru	0,004976172	0,007240795
1,33: ρ baru	0,006618309	0,009630258
d _{pakai}	0,004976172	0,007240795
Asperlu (mm ²)	238,856256	347,55816
ϕ tul (mm)	20	20
A1 ϕ tul. (mm ²)	314	314
n perlu	0,760688713	1,106873121
limi tul. Pakai	2	2
As ada (mm ²)	628	628
s > 25 (mm)	60	60
a (mm)	52,77310924	52,77310924
M _n (kNm)	53,65969748	53,65969748
Kontrol	ok	ok

Perencanaan Tulangan Geser	
q _u	50,2
q _L	15
L (m)	1,5
b (mm)	200
h (mm)	300
d (mm)	240
f _c (Mpa)	28
f _y (Mpa)	240
V _u (kN)	37,65
V _u / ϕ (kN)	62,75
V _u tengah b	2,8125
V _u / ϕ tenga	4,6875
V _s min	16
x	0,324219591
V _u / ϕ kritis (	44,17
V _c (kN)	42,33202098
0,5 V _c (kN)	21,16601049
Kondisi:	(V _c +V _{smin} <V _u / ϕ kritis<3.V _c
Sengkang minimum	
ϕ sengkang	10
Av (mm ²)	78,5
s (mm)	221,4518878
d/2(mm)	120
Penuangan	P10 - 200

Tabel 4.. Perencanaan Balok Anak 8 (BA8)

Mu (kNm)	Tumpuan	9.9	Lapangan	14.4
ϕ		0.8		0.8
Mu/ ϕ (kNm)		12.375		18
f_c (Mpa)		28		28
f_y (Mpa)		400		400
β_1		0.85		0.85
m		16.80672269		16.80672269
pb		0.030345		0.030345
pmaks		0.02275875		0.02275875
pmiin		0.0035		0.0035
ppakai		0.011379375		0.011379375
Rn (Mpa)		4.116488906		4.116488906
b.d ν 2 perlu		3006202.684		4372658.45
b (mm)		200		200
dperlu (mm)		122.6010335		147.8624099
h (mm)		250		250
dpakai (mm)		190		190
d pakai > dperlu				
Perencanaan	Tul. Sebelah		Tul. Sebelah	
Rn baru (Mpa)		1.71398892		2.493074792
p baru		0.004738048		0.006891706
1.33. pbaru		0.006301604		0.00916597
ppakai		0.004738048		0.0068917
Asperlu (mm ²)		180.045824		261.8846
ϕ tul (mm)		20		20
A1 ϕ tul. (mm ²)		314		314
n perlu		0.573394344		0.834027389
limi tul. Pakai		2		2
As ada (mm ²)		628		628
s > 25 (mm)		60		60
a (mm)		52.77310924		52.77310924
Mn (kNm)		41.09969748		41.09969748
Kontrol	ok			ok

qU	15
qL	5
L (m)	3.25
b (mm)	200
h (mm)	250
d (mm)	190
f_c (Mpa)	28
f_y (Mpa)	240
Vu (kN)	24.375
Vu/ ϕ (kN)	40.625
Vu tengah b	2.03125
Vu/ ϕ tengah	3.385416667
Vs min	12.66666667
x	0.709090909
Vu/ ϕ kritis (	36.27083333
Vc (kN)	33.51284994
0.5 Vc (kN)	16.75642497
Kondisi	(Vc+Vsmin < Vu/ ϕ kritis < 3. Vc
Sengkang minimum	
ϕ sengkang	10
Av (mm ²)	78.5
s (mm)	503.3077157
d/2 (mm)	95
Penulangan	P10 - 300

Tabel 4.. Perencanaan Balok Anak 9 (BA9)

Mu (kNm)	Tumpuan	Lapangan
ϕ	80	185
Mu/ ϕ (kNm)	0.8	0.8
f'c (Mpa)	100	145
fy (Mpa)	28	28
b1	400	400
m	0.85	0.85
pb	16.80672269	16.80672269
omaks	0.030345	0.030345
omin	0.02275875	0.02275875
opakai	0.0035	0.0035
Rn (Mpa)	0.011379375	0.011379375
b d ² perlu	4.116488906	4.116488906
b (mm)	24292546.94	35224193.07
dperlu (mm)	250	250
h (mm)	311.7213303	375.3621881
dpakai (mm)	500	500
	440	440
Perencanaan	d pakai > dperlu	
Rn baru (Mpa)	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
p baru	2.066115702	2.995867769
1.33. pbaru	0.005711446	0.008281597
opakai	0.007596224	0.011014524
Asperlu (mm ²)	0.00571	0.00828
ϕ tul (mm)	628.1	910.8
A1 ϕ tul. (mm ²)	20	20
n perlu	314	314
lmi tul. Pakai	2.000318471	2.900636943
As ada (mm ²)	2	3
s > 25 (mm)	628	942
a (mm)	110	45
Mn (kNm)	42.21848739	63.32773109
Kontrol	105.225358	153.8610555
	ok	ok

Perencanaan Tulangan Geser	
qU	20
ql	6
L (m)	8
b (mm)	250
h (mm)	500
d (mm)	440
f'c (Mpa)	28
fy (Mpa)	240
Vu (kN)	80
Vu/ ϕ (kN)	133.3333333
Vu tengah b	6
Vu/ ϕ tengah	10
Vs min	36.66666667
x	1.72972973
Vu/ ϕ kritis (	119.7666667
Vc (kN)	97.01088141
0.5 Vc (kN)	48.5054407
Kondisi	(Vc+Vsmin < Vu/ ϕ kritis < 3 Vc
Sengkang minimum	
ϕ sengkang	10
Av (mm ²)	78.5
s (mm)	228.2224784
d/2 (mm)	220
Penulangan	P10 - 200

Tabel 4.. Perencanaan Balok Anak 12 (BA12)

	Tumpuan	Lapangan
Mu (kNm)	135	135
ϕ	0.8	0.8
Mu/ ϕ (kNm)	168.75	168.75
f _c (Mpa)	28	28
f _y (Mpa)	400	400
β_1	0.85	0.85
m	16.80672269	16.80672269
ρ_b	0.030345	0.030345
ρ_{maks}	0.02275875	0.02275875
ρ_{min}	0.0035	0.0035
ρ_{pakai}	0.011379375	0.011379375
Rn (Mpa)	4.116488906	4.116488906
b.d ² perlu	40993672.97	40993672.97
b (mm)	300	300
dperlu (mm)	369.6560247	369.6560247
h (mm)	500	500
d _{pakai} (mm)	440	440
d pakai > dperlu		
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
Rn baru (Mpa)	2.905475207	2.905475207
ρ baru	0.008031721	0.008031721
1.33. ρ baru	0.010682189	0.010682189
ρ_{pakai}	0.0080317	0.0080317
Asperlu (mm ²)	1060.1844	1060.1844
ϕ tul (mm)	22	22
A1 ϕ tul (mm ²)	379.94	379.94
n perlu	2.790399537	2.790399537
Jml tul. Pakai	3	3
As ada (mm ²)	1139.82	1139.82
s > 25 (mm)	67	67
a (mm)	63.85546218	63.85546218
Mn (kNm)	186.0515734	186.0515734
Kontrol	ok	ok

Perencanaan Tulangan Geser	
qU	30
qL	10
L (m)	3
b (mm)	300
h (mm)	500
d (mm)	440
f _c (Mpa)	28
f _y (Mpa)	240
Vu (kN)	45
Vu/ ϕ (kN)	75
Vu tengah b	3.75
Vu/ ϕ tengah	6.25
Vs min	44
x	0.654545455
Vu/ ϕ kritis (	54.83333333
Vc (kN)	116.4130577
0.5 Vc (kN)	58.20652884
Kondisi	Vc+Vsmin < Vu/ ϕ kritis < 3.Vc
Sengkang minimum	
ϕ sengkang	10
Av (mm ²)	78.5
s (mm)	-200.1687502
d/2 (mm)	220
Penulangan	P10 - 200

Tabel 4.. Perencanaan Balok Anak 13 (BA13)

	Tumpuan	Lapangan
Mu (kNm)	75.42	109
ϕ	0.8	0.8
Mu/ ϕ (kNm)	94.275	136.25
fc (Mpa)	28	28
fy (Mpa)	400	400
β_1	0.85	0.85
m	16.80672269	16.80672269
pb	0.030345	0.030345
pmaks	0.02275875	0.02275875
pmn	0.0035	0.0035
ppakai	0.011379375	0.011379375
Rn (Mpa)	4.116488906	4.116488906
b.d ² perlu	22901798.63	33098595.21
b (mm)	300	300
dperlu (mm)	276.295727	332.1575691
h (mm)	550	550
dpakai (mm)	490	490
	d pakai > dperlu	
Perencanaan	Tul. Sebelah	Tul. Sebelah
Rn baru (Mpa)	1.308829654	1.891572956
p baru	0.00361805	0.005228951
1.33. pbaru	0.004812007	0.006954505
ppakai	0.00361805	0.00361805
Asperlu (mm ²)	531.85335	531.85335
ϕ tul (mm)	22	22
A1 ϕ tul. (mm ²)	379.94	379.94
n perlu	1.399835106	1.399835106
lml tul. Pakai	2	2
As ada (mm ²)	759.88	759.88
s > 25 (mm)	156	156
a (mm)	42.57030812	42.57030812
Mn (kNm)	142.4668149	142.4668149
Kontrol	ok	ok

Perencanaan Tulangan Geser	
qU	25
qL	8
L (m)	8
b (mm)	300
h (mm)	550
d (mm)	490
fc (Mpa)	28
fy (Mpa)	240
Vu (kN)	100
Vu/ ϕ (kN)	166.6666667
Vu tengah b	8
Vu/ ϕ tengah	13.33333333
Vs min	49
x	1.739130435
Vu/ ϕ kritis (	147.8833333
Vc (kN)	129.6418142
0.5 Vc (kN)	64.82090712
Kondisi	(Vc+Vsmin < Vu/ ϕ kritis < 3.Vc
Sengkang minimum	
ϕ sengkang	10
Av (mm ²)	78.5
s (mm)	249.3352274
d/2(mm)	245
Penulangan	P10 - 240

4.7 Perencanaan Struktur Portal dengan Daktilitas Penuh

Pada perencanaan ulang gedung *Gama Book Plaza*, untuk perencanaan portal dianalisis dengan SAP2000 dengan analisis struktur tiga (3) Dimensi.

Beban yang bekerja pada struktur adalah sebagai berikut :

1. Beban mati

- Perhitungan pembebanan pelat atap untuk beban mati per m^2

a. Berat sendiri pelat ($h = 9 \text{ cm}$) : $0,09 \times 24 = 2,16 \text{ kN/m}^2$

b. Lapisan kedap air/aspal ($t=3 \text{ cm}$) : $0,03 \times 22 = 0,66 \text{ kN/m}^2 +$

$$\text{Beban mati pelat atap (qD plat atap)} = 2,82 \text{ kN/m}^2$$

- Perhitungan pembebanan pelat lantai untuk beban mati per m^2

a. Berat sendiri pelat : $0,12 \times 24 = 2,88 \text{ KN/m}^2$

b. Pasir (tebal 5 cm) : $0,05 \times 16 = 0,80 \text{ kN/m}^2$

c. Spesi (tebal 3 cm) : $0,03 \times 21 = 0,63 \text{ kN/m}^2$

d. Keramik (tebal 1 cm) : $0,01 \times 24 = 0,24 \text{ kN/m}^2 +$

$$\text{qD} = 4,55 \text{ kN/m}^2$$

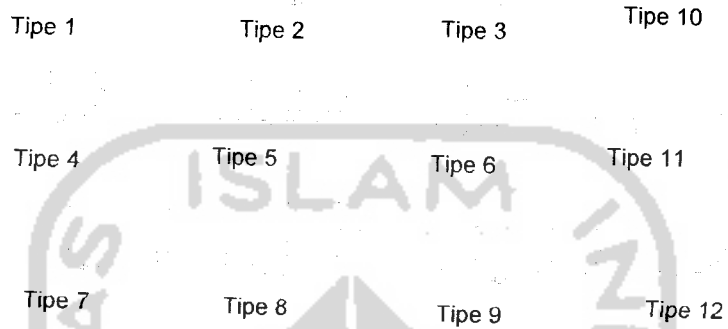
2. Beban hidup

Beban hidup pelat lantai untuk toko buku = 4 kN/m^2

Beban hidup ruang pelengkap = $2,5 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup pekerja atap = $1,0 \text{ KN/m}^2$

Pemodelan jenis beban pada SAP 2000 :



Gambar 4.12 Tipe pembebanan

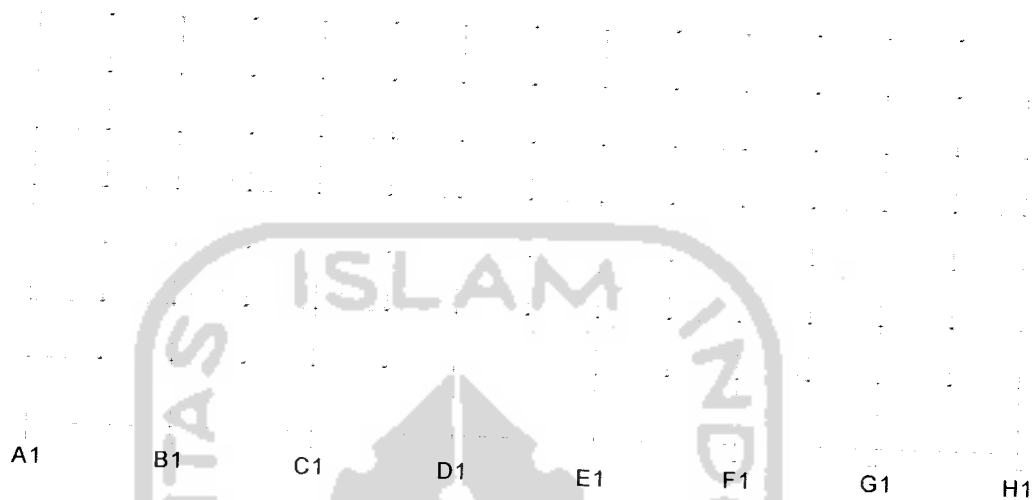
$$h = t - \frac{4}{3} \cdot \frac{t^3}{L^2}$$

$$h = \frac{2}{3} \cdot t$$



4.7.1 Perhitungan Beban akibat Gravitasi

4.7.1.1 Portal As-1



Gambar 4.13 Rencana beban gravitasi portal As 1

A. Beban mati

1. Beban merata lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

$$\text{Balok A1-B1} = \text{B1-C1} = \text{C1-D1} = \text{E1-F1} = \text{F1-G1} = \text{G1-H1}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1)} = 2/3 \cdot t \cdot q_D$$

$$= 2/3 \times 2 \text{ m} \times 4,55 \text{ kN/m}^2 = 6,07 \text{ kN/m}$$

Balok induk rencana 400 x 700 mm

$$\text{- Dinding} = \text{tinggi dinding} \cdot q_D \text{ kN/m}$$

$$= 2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ kN/m}^2 = 6,25 \text{ KN/m}$$

$$\text{- Berat sendiri balok} = 0,4 \text{ m} \times (0,7-0,12) \text{ m} \times 24 = 5,57 \text{ KN/m} +$$

$$q_D = 17,89 \text{ KN/m}$$

2. Beban merata Lantai 2, 3, 4, 5, 6

Balok D1-E1

$$\begin{aligned}
 - \text{Pelat lantai (Tipe 1)} &= (2/3 \cdot 2 \cdot 4,55) &&= 6,07 \text{ kN/m} \\
 - \text{Pelat lantai (Tipe 8)} &= 2/3 \cdot 1,33 \cdot 4,55 &&= 4,03 \text{ kN/m} \\
 - \text{Dinding} &= 1 \cdot 2,5 \text{ kN/m} &&= 2,5 \text{ kN/m} \\
 - \text{Berat sendiri balok} &= 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 &&= 5,57 \text{ kN/m} + \\
 &&&\hline
 &&&qD = 18,08 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup

$$- \text{Pelat lantai (Tipe 8)} = 2/3 \cdot 1,33 \cdot 2,5 = 2,21 \text{ kN/m}$$

3. Beban terpusat lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

$$\begin{aligned}
 - \text{Balok anak (BA1)} &= (\text{Volume balok} \times B_j) + \text{beban mati pelat} \\
 &= ((0,2 \cdot (0,35-0,12) \cdot 4) \cdot 24) + (6,07 \cdot 4 \cdot 2) \\
 &= 52,9 \text{ kN} \\
 - \text{Balok anak (BA12)} &= ((0,2 \cdot (0,35-0,12) \cdot 3) \cdot 24) + (4,03 \cdot 3 \cdot 2) \\
 &= 27,49 \text{ kN} \\
 - \text{Balok anak (BA11)} &= ((0,2 \cdot (0,35-0,12) \cdot 5) \cdot 24) + (4,03 \cdot 5) + (2,21 \cdot 5) \\
 &= 25,67 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4. Beban pelat atap

-Beban merata atap

$$\text{Pelat atap} = (2/3 \cdot 2 \cdot 2,82) = 3,76 \text{ kN}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,3 \cdot (0,6-0,09) \cdot 24 = 3,672 \text{ kN} +$$

$$7,43 \text{ kN}$$

5. Beban terpusat atap

- Balok anak = (Volume balok x Bj) + beban mati pelat + beban

hidup pelat

$$= ((0,2. (0,3-0,09). 4) .24) + (2,82. 4.) +(1.4)$$

$$= 19.312 \text{ kN}$$

B. Beban hidup

1. Beban merata lantai 1

Balok A1-B1 = B1-C1 = C1-D1 = D1-E1 = E1-F1 = F1-G1 = G1-H1

- Lantai ruang pameran = $(2/3 \cdot t \cdot qL) \cdot 2$ beban segitiga

$$= 2/3 \times 2 \times 4 \cdot 2 = 10,67 \text{ kN/m}$$

2. Beban merata lantai 2

Balok A1-B1 = B1-C1 = C1-D1 = D1-E1 = E1-F1 = F1-G1 = G1-H1

- Lantai restoran = $(2/3 \times 2 \times 2,5) \cdot 2$ beban segitiga

$$= 6,67 \text{ kN/m}$$

3. Beban merata lantai 3,4

Balok A1-B1 = B1-C1 = C1-D1 = D1-E1 = E1-F1 = F1-G1 = G1-H1

- Lantai toko buku = $(2/3 \times 2 \times 4) \cdot 2$ beban segitiga = 10,67 kN/m

4. Beban merata lantai 5

Balok A1-B1 = B1-C1 = C1-D1 = D1-E1 = E1-F1 = F1-G1 = G1-H1

- Lantai toko alat-alat pendidikan dan kantor

$$= (2/3 \times 2 \times 2,5) \cdot 2 \text{ beban segitiga} = 6,67 \text{ kN/m}$$

5. Beban merata lantai 6

Balok A1-B1 = B1-C1 = C1-D1 = D1-E1 = E1-F1 = F1-G1 = G1-H

- Lantai Perpustakaan = $(2/3 \times 2 \times 4) \cdot 2$ beban segitiga = 10,67 kN /m

6. Beban terpusat lantai 1,2,3,4,5,6

- Balok anak (BA1) = Beban hidup pelat

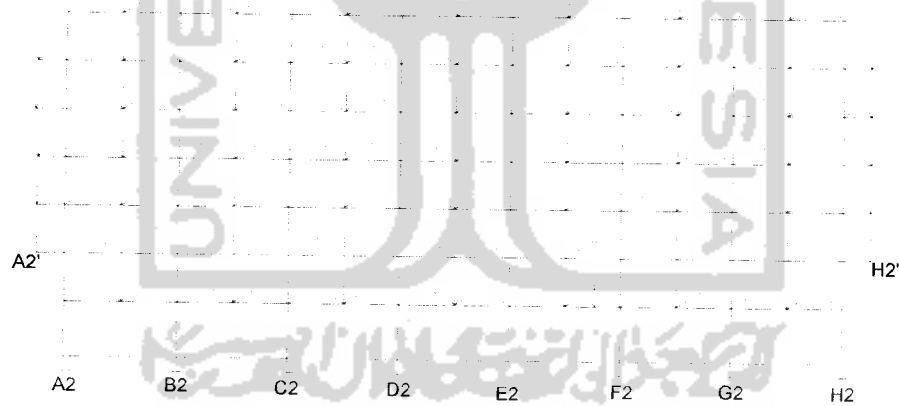
$$= (5,33 \cdot 4 \cdot 2) = 42,64 \text{ kN}$$

- Balok anak (BA12) = $(2,21 \cdot 3 \cdot 2) = 13,26 \text{ kN}$

- Balok anak (BA11) = $(2,21 \cdot 5) = 11,05$

4.7.1.2 Portal As 2

A. Beban mati



Gambar 4.14 Rencana beban gravitasi portal As 2

1. Beban merata lantai 1

Balok A2-B2 = B2-C2 = C2-D2 = D2-E2 = F2-G2 = G2-H2

$$\begin{aligned}
 - \text{Pelat lantai (tipe 1)} &= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4,55) = 12,4 \text{ kN/m} \\
 - \text{Berat sendiri balok} &= (0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,568 \text{ kN/m} + \\
 &= 18,368 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Balok E2-F2

$$\begin{aligned}
 - \text{Pelat lantai (tipe 12) (tangga bordes)} &= 2/3 \cdot 0,75 \cdot 4,55 = 2,32 \text{ kN/m} \\
 - \text{Pelat lantai (tipe 1)} &= 2/3 \cdot 2 \cdot 4,55 = 6,20 \text{ kN/m} \\
 - \text{Berat sendiri balok} &= 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} + \\
 &= 14,09 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

2. Beban merata lantai 2, 3, 4, 5, 6

Balok A2-B2 = E2-F2 = F2-G2 = G2-H2

$$- \text{Pelat lantai (tipe 1)} = 2(2/3 \cdot 2 \cdot 4,55) = 12,14 \text{ kN/m}$$

Balok B2-C2

$$- \text{Pelat lantai (tipe 1)} = 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4,55) = 12,14 \text{ kN/m}$$

$$- \text{Pelat lantai (tipe 1)} = 2/3 \cdot 2 \cdot 4,55 = 6,07 \text{ kN/m}$$

Balok C2-D2 = D2-E2

$$- \text{Pelat lantai (tipe 1)} = 2/3 \cdot 2 \cdot 4,55 = 6,2 \text{ kN/m}$$

Balok A2- A2' = H2-H2'

$$- \text{Pelat lantai (tipe 4)} = 2/3 \cdot 1 \cdot 4,55 = 3,1 \text{ kN/m}$$

$$- \text{Berat sendiri balok} = 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,568 \text{ kN/m}$$

3. Beban terpusat Lantai 1 ,2,3,4,5,6

$$\begin{aligned}
 - \text{Balok anak (BA1)} &= ((0,35 \cdot (0,55-0,12) \cdot 4) \cdot 24) + (6,07 \cdot 4 \cdot 2) \\
 &= 63 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$- \text{Balok anak (BA6)} = ((0,2 \cdot (0,4-0,12) \cdot 1,5) \cdot 24) + (2,324 \cdot 1,5) +$$

$$(1,25 \cdot 1,5) + 118,09/2 = 66,43 \text{ kN}$$

4. Beban pelat atap

- Beban merata atap

$$\text{Pelat atap} = (2/3 \cdot 2 \cdot 2,82) = 3,76 \text{ kN}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,3 \cdot (0,6 - 0,09) \cdot 24 = \underline{3,672 \text{ kN}} +$$

$$7,43 \text{ kN}$$

5. Beban terpusat pelat atap

- Balok anak = (Volume balok x B_j) + beban mati pelat

$$= ((0,2 \cdot (0,3 - 0,09) \cdot 4) \cdot 24) + (2,82 \cdot 4 \cdot 2) = 26,9 \text{ kN}$$

6. Beban kuda-kuda penutup void

Beban yang diterima kolom pendek dari kuda-kuda penutup void

$$\text{Berat KK1} = \text{Reaksi dari kuda-kuda} = 9,54 \text{ kN}$$

B. Beban hidup

1. Beban merata lantai 1

$$\text{Balok A2-B2} = \text{B2-C2} = \text{C2-D2} = \text{D2-E2} = \text{F2-G2} = \text{G2-H2}$$

$$\text{- Lantai ruang pameran} = 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m}$$

$$\text{Balok E2-F2}$$

$$\text{- Lantai ruang pameran} = 2/3 \cdot 2 \cdot 4 = 5,33 \text{ kN/m}$$

2. Beban merata lantai 2

$$\text{Balok A2-B2} = \text{E2-F2} = \text{F2-G2} = \text{G2-H2}$$

$$\text{- Lantai restoran} = (2/3 \cdot 2 \times 2,5) \cdot 2 \text{ beban segitiga}$$

$$= 6,67 \text{ kN/m}$$

Balok B2-C2

$$\begin{aligned}
 \text{- Lantai restoran} &= 2/3 \cdot 2 \cdot 2,5 = 3,33 \text{ kN/m} \\
 &= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m} + \\
 &= 10 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{- Beban terbagi rata} = 10/2 = 5 \text{ kN/m}$$

Balok C2-D2 = D2-E2

$$\text{- Lantai restoran} = 2/3 \cdot 2 \cdot 2,5 = 3,33 \text{ kN/m}$$

3. Beban merata lantai 3,4

Balok A2-B2 = E2-F2 = F2-G2 = G2-H2

$$\text{- Pelat lantai toko buku} = 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m}$$

Balok B2-C2

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat lantai toko buku} &= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m} \\
 \text{- Pelat lantai toko buku} &= 2/3 \cdot 2 \cdot 4 = 5,33 \text{ kN/m} + \\
 &= 16 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Beban terbagi merata} = 8 \text{ kN/m}$$

Balok C2-D2 = D2-E2

$$\text{- Pelat lantai toko buku} = 2/3 \cdot 2 \cdot 4 = 5,333 \text{ kN/m}$$

4. Beban merata lantai 5

Balok A2-B2 = E2-F2 = F2-G2 = G2-H2

$$\text{- Lantai toko alat-alat sekolah dan kantor}$$

$$= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m}$$

Balok B2-C2

- Lantai toko alat-alat sekolah dan kantor = $2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m}$
- Lantai toko alat-alat sekolah dan kantor = $2/3 \cdot 2 \cdot 2,5 = 3,33 \text{ kN/m} +$
= 10 kN/m

Beban terbagi rata = $10/2 = 5 \text{ kN/m}$

Balok C2-D2 = D2-E2

- Lantai toko alat-alat pendidikan dan kantor
= $2/3 \cdot 2 \cdot 2,5 = 3,33 \text{ kN/m}$

5. Beban merata lantai 6

Balok A2-B2 = E2-F2 = F2-G2 = G2-H2

- Lantai perpustakaan = $2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 10,666 \text{ kN/m}$

Balok B2-C2

- Lantai perpustakaan = $2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m}$
- Lantai perpustakaan = $2/3 \cdot 2 \cdot 4 = 5,333 \text{ kN/m} +$
= 16 kN/m

Beban terbagi rata = $16/2 = 8 \text{ kN/m}$

Balok C2-D2 = D2-E2

- Lantai perpustakaan = $2/3 \cdot 2 \cdot 4 = 5,33 \text{ kN/m}$

Balok A2- A2' = H2-H2'

- Pelat lantai ruang pelengkap = $2/3 \cdot 1 \cdot 3 = 2 \text{ kN/m}$

6. Beban terpusat Lantai 1,2,3,4,5,6

- Balok anak (BA1) = $(5,33 \cdot 4 \cdot 2) = 105,65 \text{ kN}$

2. Beban merata lantai 2, 3, 4, 5, 6

Balok A3-B3 = E3-F3 = F3-G3 = G3 -H3

- Pelat lantai (tipe1) = $2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4,55)$ = 12,4 kN/m
- Berat sendiri balok = $0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} +$
= 17,97 kN/m

Balok = C3- D3 = D3-E3

- Pelat lantai (tipe 1) = $2/3 \cdot 2 \cdot 4,55$ = 6,07 kN/m
- Pelat lantai (tipe 12) = $2/3 \cdot 0,75 \cdot 4,55$ = 2,32 kN/m
- Berat sendiri balok = $0,4 \times 0,7 \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} +$
= 17,97 kN/m

Balok B3-C3

- Pelat lantai (tipe1) = $2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4,55)$ = 12,4 kN/m
- Pelat lantai (tipe 12) = $2/3 \cdot 0,75 \cdot 4,55$ = 2,32 kN/m
- Berat sendiri balok = $0,4 \times 0,7 \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} +$
= 20,29 kN/m

Balok A3-A3' = H3-H3'

- Pelat lantai (tipe 4) = $2/3 \cdot 1 \cdot 4,65$ = 4,65 kN/m
- Berat sendiri balok = $0,4 \times 0,7 \times 24 = 5,568 \text{ kN/m} +$
= 10,22 kN/m

3. Beban terpusat lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

- Balok anak (BA1) = $((0,35 \cdot (0,55-0,12) \cdot 4) \cdot 24) + (6,2 \cdot 4 \cdot 2)$
 $+ (5,33 \cdot 4 \cdot 2) = 106,68 \text{ kN}$
- Balok anak (BA6) = $((0,2 \cdot (0,4-0,12) \cdot 1,5) \cdot 24) + (2,32 \cdot 1,5) +$

$$(1,25 \cdot 1,5) = 7,377 \text{ kN}$$

- Balok anak (BA14) = berat sendiri balok + beban mati pelat + beban hidup pelat + beban tangga (reaksi tangga)

$$(0,25 \cdot (0,5-0,12) \cdot 5) \cdot 24 + (6,07 \cdot 4) + (5,53 \cdot 4)$$

$$+ (118,09/2) = 11,4 + 24,28 + 22,12 = \mathbf{57,8 \text{ kN}}$$

- Balok anak (BA5) = $(0,25 \cdot 0,5-0,12) \cdot 4 \cdot 24 + (4,26 \cdot 4) + (2,29 \cdot 4)$

$$= 9,12 + 17,04 + 9,16 = \mathbf{35,32 \text{ kN}}$$

4. Beban pelat atap

- Beban merata atap

$$\text{Pelat atap} = (2/3 \cdot 2 \cdot 2,82) = 3,76 \text{ kN}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,3 \cdot (0,6-0,09) \cdot 24 = \mathbf{3,672 \text{ kN} + 7,43 \text{ kN}}$$

5. Beban terpusat pelat atap

- Balok anak = (Volume balok x Bj) + beban mati pelat + beban hidup pelat

$$= ((0,2 \cdot (0,3-0,09) \cdot 4) \cdot 24) + (2,82 \cdot 4 \cdot 2) + (1 \cdot 4 \cdot 2)$$

$$= \mathbf{34,59 \text{ kN}}$$

6. Beban kuda-kuda penutup void

Beban yang diterima kolom pendek dari kuda-kuda penutup void

$$\text{Berat KK1} = \text{Reaksi dari kuda-kuda} = \mathbf{9,54 \text{ kN}}$$

B. Beban hidup**1. Beban merata lantai 1**

Balok A3- B3 = B3- C3 = D3- E3 = E3-F3 = F3-G3 = G3-H3

- lantai ruang pameran = $2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m}$

Balok C3-D3

- lantai ruang pameran = $2/3 \cdot 2 \cdot 4 = 5,33 \text{ kN/m}$

2. Beban merata lantai 2

Balok A3-B3 = E3-F3 = F3-G3 = G3 -H3

- lantai restoran = $2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m}$

Balok = C3- D3 = D3-E3

- lantai restoran = $2/3 \cdot 2 \cdot 2,5 = 3,33 \text{ kN/m}$

Balok B3-C3

- Pelat lantai (tipe 1) = $2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m}$

- Pelat lantai (tipe 12) = $2/3 \cdot 0,75 \cdot 2,5 = 1,25 \text{ kN/m}$

Balok A3-A3' = H3-H3' = G3-H3

- lantai gudang = $2/3 \cdot 1 \cdot 4 = 2,67 \text{ kN/m}$

3. Beban merata lantai 3, 4

Balok A3-B3 = B3-C3 = E3-F3 = F3-G3

- lantai toko buku = $2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m}$

Balok = C3- D3 = D3-E3

- lantai toko buku = $(2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 5,33 \text{ kN/m}$

Balok A3-A3' = H3-H3' = G3-H3

- lantai gudang = $2/3 \cdot 1 \cdot 4 = 2,67 \text{ kN/m}$

4. Beban merata lantai 5

Balok A3-B3 = B3-C3 = E3-F3 = F3-G3

- lantai alat-alat sekolah dan kantor = $2 \cdot (2/3 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m}$

Balok = C3- D3 = D3-E3

- Lantai alat-alat sekolah dan kantor = $2 \cdot (2/3 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m}$

Balok A3-A3' = H3-H3'

- Lantai gudang = $2/3 \cdot 1,4 = 1,333 \text{ kN/m}$

5. Beban merata lantai 6

Balok A3-B3 = B3-C3 = E3-F3 = F3-G3 = G3-H3

- lantai perpustakaan dan ruang baca = $2 \cdot (2/3 \cdot 2,4) = 10,67 \text{ kN/m}$

Balok = C3- D3 = D3-E3

- Lantai perpustakaan dan ruang baca = $(2/3 \cdot 2,4) = 10,67 \text{ kN/m}$

Balok A3-A3' = H3-H3' = G3-H3

- Lantai gudang = $2/3 \cdot 1,4 = 2,67 \text{ kN/m}$

Balok A3-A3' = H3-H3' = G3-H3

- Lantai gudang = $2/3 \cdot 1,4 = 2,67 \text{ kN/m}$

6. Beban terpusat lantai 1,2,3,4,5,6

Balok A3- B3 = B3- C3 = C3-D3 = D3- E3 = E3-F3 = F3-G3 = G3-H3

- Balok anak (BA1) = $((0,35 \cdot (0,55-0,12) \cdot 4) \cdot 24) + (6,2 \cdot 4 \cdot 2)$

$$+ (5,33 \cdot 4 \cdot 2) = 105,65 \text{ kN}$$

- Balok anak (BA6) = $((0,2 \cdot (0,4-0,12) \cdot 1,5) \cdot 24) + (2,324 \cdot 1,5) +$

$$(1,25 \cdot 1,5) + 118,09/2 = 66,43 \text{ kN}$$

Balok A3-A3' = H3-H3'

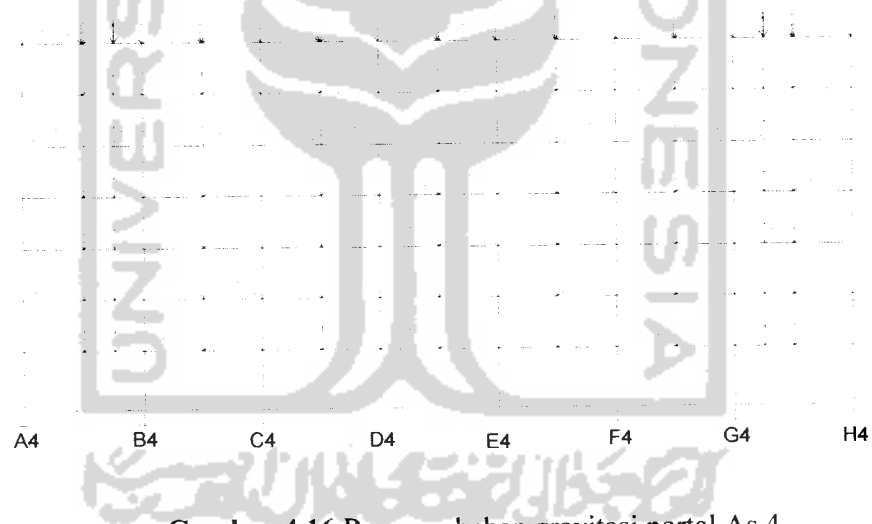
$$\begin{aligned} \text{- Balok anak (BA5)} &= (0,25 \cdot 0,5 - 0,12) \cdot 4 \cdot 24 + (2,13 \cdot 4) + (1,15 \cdot 4) \\ &= 9,12 + 8,52 + 4,6 = 22,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

7. Beban terpusat pelat atap

- Balok anak = (Volume balok x Bj) + beban mati pelat + beban hidup pelat

$$\begin{aligned} &= (0,2 \cdot (0,3 - 0,09) \cdot 4) \cdot 24 + (2,82 \cdot 4 \cdot 2) + (1 \cdot 4 \cdot 2) \\ &= 34,59 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.7.1.4 Portal As 4



Gambar 4.16 Rencana beban gravitasi portal As 4

A. Beban mati

1. Beban merata lantai 1,2,3,4,5,6

Balok A4-B4 = G4-H4

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat lantai (tipe 2)} &= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{t^3}{L^2}\right)\right) \cdot t \cdot qD \quad (\text{beban trapesium}) \\
 &= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1,625^3}{4^2}\right)\right) \cdot 1,625 \cdot 4,55 = 4,86 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat lantai (tipe 10)} &= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4^2}\right)\right) \cdot 1,4,55 = 4,62 \text{ kN} + \\
 &= 9,48 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 6)} = \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{0,9^3}{1,8^2}\right)\right) \cdot 0,9 \cdot 4,55 = 2,93 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat lantai (tipe 2)} &= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1,625^3}{4^2}\right)\right) \cdot 1,625 \cdot 4,55 = 4,86 \text{ kN} + \\
 &= 7,79 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{- Berat sendiri balok} \quad 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban terbagi rata} = (7,79+9,48)/2 + 5,57 = 14,21 \text{ kN/m}$$

Balok B4-C4 = C4-D4 = D4-E4 = E4-F4 = F4-G4

$$\text{- Pelat lantai (tipe 2)} = \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1,625^3}{4^2}\right)\right) \cdot 1,625 \cdot 4,55 = 4,858 \text{ kN}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 10)} = \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4^2}\right)\right) \cdot 1,4,55 = 4,624 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Berat sendiri balok} \quad 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 &= 5,568 \text{ kN/m} + \\
 &= 15,05 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

2. Beban terpusat lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

$$\text{- Balok anak (BA3)} = ((0,3 \cdot (0,6-0,12) \cdot 3,25) \cdot 24) + (6,2 \cdot 4 \cdot 2)$$

$$= 80,83$$

$$\text{- Balok anak (BA8)} = ((0,25 \cdot (0,5-0,12) \cdot 3,25) \cdot 24) + (3,7 \cdot 3,25 \cdot 1)$$

$$= 19,4 \text{ kN}$$

3. Beban pelat atap

- Beban merata plat atap

$$\text{Pelat atap} = (2/3 \cdot 2 \cdot 2,82) = 3,76 \text{ kN}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,3 \cdot (0,6-0,09) \cdot 24 = 3,672 \text{ kN} +$$

$$7,43 \text{ kN}$$

4. Beban terpusat atap

- Balok anak = (Volume balok x Bj) + beban mati pelat + beban hidup pelat

$$= ((0,2 \cdot (0,3-0,09) \cdot 4) \cdot 24) + (2,82 \cdot 4) + (1,4)$$

$$= 19,312 \text{ kN}$$

B. Beban hidup

1. Beban merata lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

Balok A4-B4 = B4-C4 = C4-D4 = D4-E4 = E4-F4 = F4-G4 = G4-H4

$$\text{- Pelat lantai (tipe 2)} = \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1,625^3}{4^2} \right) \right) \cdot 1,625 \cdot 2,5 = 2,54 \text{ kN}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 10)} = \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4^2} \right) \right) \cdot 1,25 = 2,29 \text{ kN/m} +$$

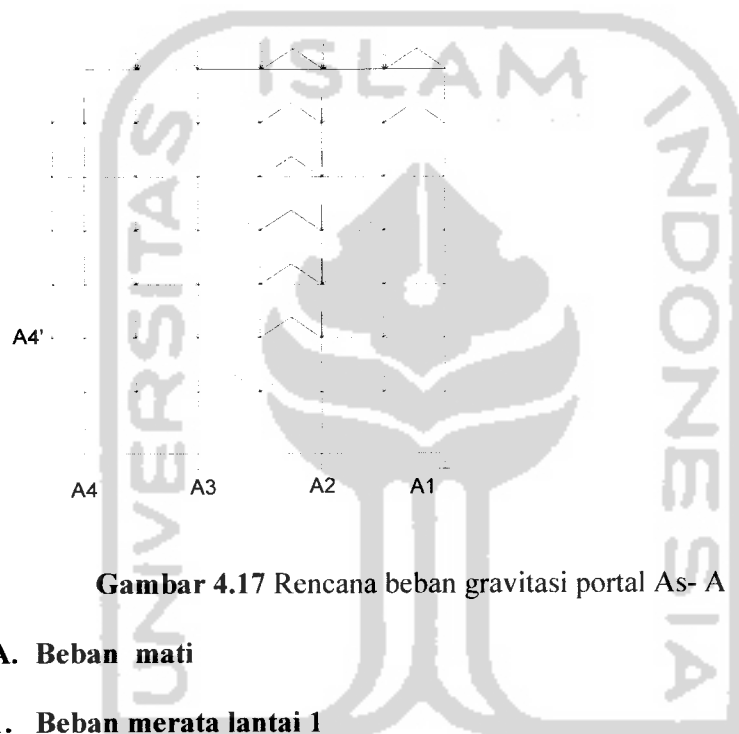
$$= 4,89 \text{ kN/m}$$

2. Beban terpusat lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

- Balok anak (BA3) = $(5,33 \cdot 4 \cdot 2) = 42,64 \text{ kN}$

- Balok anak (BA8) = $(2,46 \cdot 3,25 \cdot 1) = 7,9 \text{ kN}$

4.7.1.5 Portal As A = portal As H



Gambar 4.17 Rencana beban gravitasi portal As- A

A. Beban mati

1. Beban merata lantai 1

Balok A4-A3

- Pelat lantai (tipe 3) = $2/3 \cdot 1,625 \cdot 4,55 = 5,04 \text{ kN/m}$

- Pelat lantai (tipe 1) = $2/3 \cdot 2 \cdot 4,55 = 6,07 \text{ kN/m}$

- Berat sendiri balok = $0,4 \cdot (0,7 - 0,12) \cdot 24 = 5,568 \text{ kN/m} +$
 $= 16,81 \text{ kN/m}$

Balok A3-A2 = A2-A1

- Pelat lantai (tipe 1) $= 2/3 \cdot 2 \cdot 4,55 = 6,07 \text{ kN/m}$
- Berat sendiri balok $0,4 \cdot (0,7-0,12) \cdot 24 = 5,568 \text{ kN/m} +$
 $= 11,77 \text{ kN/m}$

2. Beban merata lantai 2,3,4,5,6

Balok A4-A3

- Pelat lantai (tipe 1) $= 2/3 \cdot 2 \cdot 4,55 = 6,07 \text{ kN/m}$
- Pelat lantai (tipe 9) $= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4,25^2}\right)\right) \cdot 1 \cdot 4,55 = 4,31 \text{ kN/m} +$
 $= 10,38 \text{ kN/m}$
- Pelat lantai (tipe 3) $= 2/3 \cdot 1,625 \cdot 4,55 = 5,04 \text{ kN/m}$
- Berat sendiri balok $0,4 \cdot (0,7-0,12) \cdot 24 = 5,57 \text{ kN/m}$

Beban terpakai $= (10,38 + 5,04) / 2 + 5,57 = 13,28 \text{ kN/m}$

Balok A4-A4'

- Pelat lantai (tipe 4) $= 2/3 \cdot 1 \cdot 4,55 = 3,03 \text{ kN/m}$
- Berat sendiri balok $0,4 \cdot (0,7-0,12) \cdot 24 = 5,57 \text{ kN/m} +$
 $= 6,60 \text{ kN/m}$

Balok A3-A2 = A2-A1

- Pelat lantai (tipe 1) $= 2/3 \cdot 2 \cdot 4,55 = 6,07 \text{ kN/m}$
- Pelat lantai (tipe 10) $= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4^2}\right)\right) \cdot 1 \cdot 4,55 = 4,26 \text{ kN/m}$
- Berat sendiri balok $0,4 \cdot (0,7-0,12) \cdot 24 = 5,57 \text{ kN/m} +$
 $= 15,9 \text{ kN/m}$

3. Beban terpusat lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

$$\text{Balok A4 - A3} = \text{A3 - A2} = \text{A2 - A1}$$

$$\begin{aligned} \text{- Balok anak (BA2)} &= (0,3 \cdot (0,5-0,12) \cdot 4) \cdot 24 + (6,07 \cdot 4 \cdot 2) \\ &= 48,51 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Balok anak (BA1)} &= ((0,35 \cdot (0,55-0,12) \cdot 4) \cdot 24) + (6,07 \cdot 4 \cdot 2) \\ &= 63 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{- Balok anak (BA4)} = 0,25 \cdot 0,55 \cdot 2,375 = 0,33 \text{ kN/m}$$

4. Beban pelat atap

- Beban merata atap

$$\text{Pelat atap} = (2/3 \cdot 2 \cdot 2,82) = 3,76 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok} &= 0,3 \cdot (0,6-0,09) \cdot 24 = \underline{3,672 \text{ kN}} + \\ &7,43 \text{ kN} \end{aligned}$$

5. Beban terpusat atap

$$\begin{aligned} \text{- Balok anak} &= (\text{Volume balok} \times B_j) + \text{beban mati pelat} \\ &= ((0,2 \cdot (0,3-0,09) \cdot 4) \cdot 24) + (2,82 \cdot 4) \\ &= 15,312 \text{ kN} \end{aligned}$$

B. Beban hidup

1. Beban merata lantai 1

Balok A4-A3

$$\text{- Pelat lantai ruang pelengkap} = 2/3 \cdot 2 \cdot 3 = 4 \text{ kN/m}$$

Balok A4-A4'

- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{2^2} \right) \right) \cdot 1.3 = 2,0 \text{ kN/m}$$

Balok A3-A2 = A2-A1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang pameran = $2/3 \cdot 2 \cdot 4 = 5,33 \text{ kN/m}$

2. Beban merata lantai 2

Balok A4-A3

- Pelat lantai (tipe 1) ruang pelengkap = $2/3 \cdot 2 \cdot 3 = 4 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned} \text{-Pelat lantai (tipe 9) ruang pelengkap} &= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4,25^2} \right) \right) \cdot 1.3 = 2,06 \text{ kN/m} + \\ &= 6,06 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Balok A3-A2 = A2-A1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang restoran = $2/3 \cdot 2 \cdot 4 = 5,33 \text{ kN/m}$

Balok A4-A4'

- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{2^2} \right) \right) \cdot 1.3 = 2,0 \text{ kN/m}$$

3. Beban merata lantai 3,4

Balok A4-A3

- Pelat lantai (tipe 2) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1,625^3}{3,25^2} \right) \right) \cdot 1,625 \cdot 3 = 2,23 \text{ kN/m}$$

Balok A4-A4'

- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{2^2} \right) \right) \cdot 1,3 = 2,0 \text{ kN/m}$$

Balok A3-A2 = A2-A1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang toko buku = $2/3 \cdot 2 \cdot 4 = 3,33 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned} \text{- Pelat lantai (tipe 10) ruang toko buku} &= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4^2} \right) \right) \cdot 1,2,5 = 2,29 \text{ kN/m} + \\ &= 5,624 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

4. Beban merata lantai 5

Balok A4-A3

- Pelat lantai (tipe 2) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4,25^2} \right) \right) \cdot 1,2,5 = 2,46 \text{ kN/m}$$

Balok A4-A4'

- Pelat lantai (tipe 10) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4^2} \right) \right) \cdot 1,2,5 = 2,29 \text{ kN/m}$$

Balok A3-A2 = A2-A1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang pameran = $2/3 \cdot 2 \cdot 2,5 = 3,33 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned} \text{- Pelat lantai (tipe 10) ruang pameran} &= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4^2} \right) \right) \cdot 1,2,5 = 2,29 \text{ kN/m} + \\ &= 5,62 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

5. Beban merata lantai 6

Balok A4-A3

- Pelat lantai (tipe 2) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4,25^2} \right) \right) \cdot 1,2,5 = 2,46 \text{ kN/m}$$

Balok A4-A4'

- Pelat lantai (tipe 10) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4^2} \right) \right) \cdot 1,2,5 = 2,29 \text{ kN/m}$$

Balok A3-A2 = A2-A1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang pameran = $2/3 \cdot 2 \cdot 4 = 5,33 \text{ kN/m}$

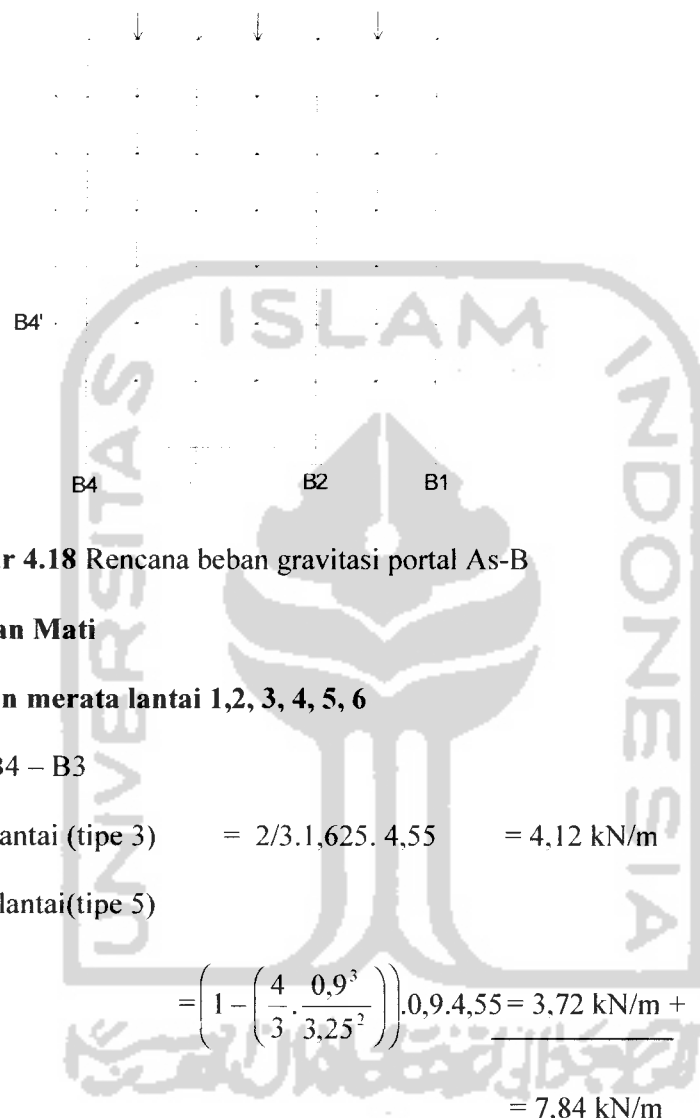
- Pelat lantai (tipe 10) ruang pelengkap = $\left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4^2} \right) \right) \cdot 1,2,5 = 2,29 \text{ kN/m} +$
 $= 7,62 \text{ kN/m}$

6. Beban terpusat lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

Balok A4 - A3 = A3 - A2 = A2 - A1

- Balok anak (BA1) = $(5,33 \cdot 4,2) = 42,64 \text{ kN}$

4.7.1.6 Portal As B = portal As G



Gambar 4.18 Rencana beban gravitasi portal As-B

A. Beban Mati

1. Beban merata lantai 1,2, 3, 4, 5, 6

Balok B4 – B3

$$\text{- Pelat lantai (tipe 3)} = 2/3 \cdot 1,625 \cdot 4,55 = 4,12 \text{ kN/m}$$

- Pelat lantai(tipe 5)

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{0,9^3}{3,25^2} \right) \right) \cdot 0,9 \cdot 4,55 = 3,72 \text{ kN/m} +$$

$$= 7,84 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1)} = 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4,55) = 12,14 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Berat sendiri balok} = 0,4 \times (0,7 - 0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban merata yang dipakai} = (7,84 + 12,14)/2 + 5,57 = 15,56 \text{ kN/m}$$

Balok B4-B4'

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat lantai (tipe 4)} &= 2 \cdot (2/3 \cdot 1 \cdot 4,55) = 6,07 \text{ kN/m} \\
 \text{- Berat sendiri balok} &= 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} + \\
 &= \underline{11,64 \text{ kN/m}}
 \end{aligned}$$

Balok B3-B2 = B2- B1

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat lantai (tipe 1)} &= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4,55) = 12,14 \text{ kN/m} \\
 \text{- Berat sendiri balok} &= 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} + \\
 &= \underline{17,71 \text{ kN/m}}
 \end{aligned}$$

2. Beban terpusat lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

$$\begin{aligned}
 \text{- Balok anak (BA5)} &= ((0,25 \cdot (0,5-0,12) \cdot 4) \cdot 24) + (4,26 \cdot 4) + (2,29 \cdot 4) \\
 &= 9,12 + 17,04 = \underline{26,16 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Balok anak (BA2)} &= (0,3 \cdot (0,5-0,12) \cdot 4) \cdot 24 + (6,07 \cdot 4 \cdot 2) \\
 &= 10,94 + 48,56 + 42,64 = \underline{59,5 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Balok anak (BA1)} &= ((0,35 \cdot (0,55-0,12) \cdot 4) \cdot 24) + (6,07 \cdot 2 \cdot 4) \\
 &= \underline{63 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

3. Beban pelat atap

- Beban merata atap

$$\text{Pelat atap} = (2/3 \cdot 2 \cdot 2,82) = 3,76 \text{ kN}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,3 \cdot (0,6-0,09) \cdot 24 = \underline{3,672 \text{ kN}} +$$

$$7,43 \text{ kN}$$

4. Beban terpusat atap

- Balok anak = (Volume balok x Bj) + beban mati pelat

$$= ((0,2 \cdot (0,3-0,09) \cdot 4) \cdot 24) + (2,82 \cdot 4 \cdot 2) + (1 \cdot 4 \cdot 2)$$

$$= 26,59 \text{ kN}$$

B. Beban hidup

1. Beban merata lantai 1

Balok B4-B3

- Pelat lantai (tipe 1) ruang pelengkap = $2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m}$

Balok B3-B2 = B2- B1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang pameran

$$= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 5,33 \text{ kN/m}$$

Balok B4-B4'

- Pelat lantai (tipe 10) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4^2} \right) \right) \cdot 1 \cdot 2,5 = 2,29 \text{ kN/m}$$

2. Beban hidup lantai 2

Balok B4-B3

- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap = $2/3 \cdot 1,625 \cdot 2,5 = 2,71 \text{ kN/m}$

- Pelat lantai (tipe 5) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{0,9^3}{3,25^2} \right) \right) \cdot 0,9 \cdot 2,5 = 2,04 \text{ kN/m} +$$

$$= 4,75 \text{ kN/m}$$

- Pelat lantai (tipe 1) ruang pelengkap = $2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m} +$

Beban merata yang dipakai = $(4,75 + 6,67)/2 = 5,71 \text{ kN/m}$

Balok B3-B2 = B2- B1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang restoran

$$= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m}$$

Balok B4-B4'

- Pelat lantai (tipe 10) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4^2} \right) \right) \cdot 1,2,5 = 2,29 \text{ kN/m}$$

3. Beban hidup lantai 3, 4

Balok B4-B3

- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap = $2/3 \cdot 1,625 \cdot 2,5 = 5,04 \text{ kN/m}$

- Pelat lantai (tipe 5) ruang pelengkap = $\left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{0,9^3}{3,25^2} \right) \right) \cdot 0,9 \cdot 2,5 = 2,04 \text{ kN/m} +$
 $= 7,08 \text{ kN/m}$

- Pelat lantai (tipe 1) ruang pelengkap = $2 \cdot 2/3 \cdot 2 \cdot 2,5 = 6,67 \text{ kN/m}$

Beban merata yang dipakai = $(7,08 + 6,67)/2 = 6,88 \text{ kN/m}$

Balok B3-B2 = B2-B1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang toko buku :

$$= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m}$$

Balok B4 - B4'

- Pelat lantai (tipe 10) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4^2} \right) \right) \cdot 1,2,5 = 2,29 \text{ kN/m}$$

4. Beban hidup lantai 5

Balok B4 - B3

- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap = $2/3 \cdot 1,625 \cdot 2,5 = 5,04 \text{ kN/m}$

- Pelat lantai (tipe 5) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{0,9^3}{3,25^2} \right) \right) \cdot 0,9 \cdot 2,5 = 2,047 \text{ kN/m} +$$

$$= 7,08 \text{ kN/m}$$

- Pelat lantai (tipe 1) ruang pelengkap = $(2/3 \cdot 2 \cdot 2,5) / 2 = 6,67 \text{ kN/m}$

Beban merata yang dipakai = $(7,08 + 6,67) / 2 = 6,88 \text{ kN/m}$

Balok B3 - B2 = B2 - B1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang toko alat-alat sekolah, kantor :

$$= 2 \left(\frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 2,5 \right) = 6,67 \text{ kN/m}$$

Balok B4-B4'

- Pelat lantai (tipe 10) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{1^3}{4^2} \right) \right) \cdot 1 \cdot 2,5 = 2,29 \text{ kN/m}$$

5. Beban hidup lantai 6

Balok B4 - B3

- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap = $2/3 \cdot 1,625 \cdot 2,5 = 5,04 \text{ kN/m}$

- Pelat lantai (tipe 5) ruang pelengkap

$$= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{0,9^3}{3,25^2} \right) \right) \cdot 0,9 \cdot 2,5 = 2,047 \text{ kN/m} +$$

$$= 7,08 \text{ kN/m}$$

- Pelat lantai (tipe 1) ruang pelengkap $= (2/3 \cdot 2 \cdot 2,5)^2 = 6,67 \text{ kN/m}$
 Beban merata yang dipakai $= (7,08+6,67)/2 = 6,88 \text{ kN/m}$ Balok

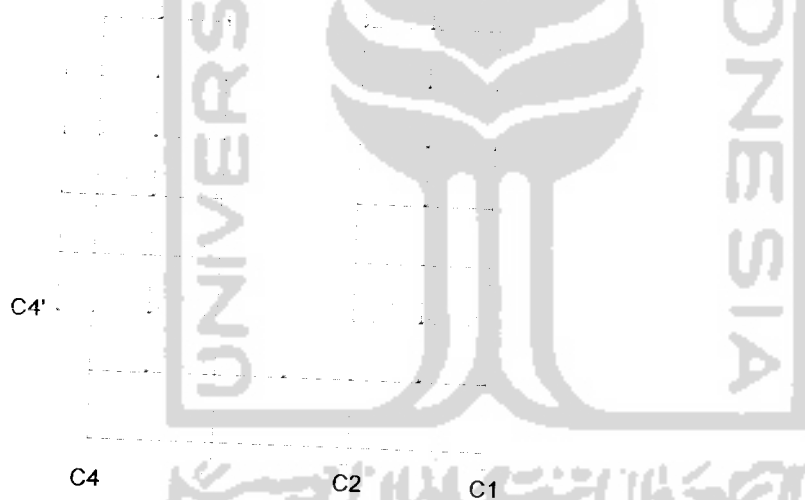
B3-B2 = B2- B1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang perpustakaan :
 $= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m}$

Balok B4-B4'

- Pelat lantai (tipe 10) ruang pelengkap
 $= \left(1 - \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{l^3}{4^2} \right) \right) \cdot 1,25 = 2,29 \text{ kN/m}$

4.7.1.7 Portal As C



Gambar 4.19 Rencana beban gravitasi portal As-C

A. Beban mati

1. Beban merata lantai 1

Balok C4-C3

- Pelat lantai (tipe 3) $= 2 \cdot (2/3 \cdot 1,625 \cdot 4,55) = 10,07 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat lantai (tipe 1)} &= 2 (2/3 \cdot 2 \cdot 4,55) = 12,14 \text{ kN/m} + \\
 &= 22,2 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{- Berat sendiri balok} \quad 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban terpakai} = (22,2/2) + 5,57 = 16,67 \text{ kN/m}$$

Balok C4'-C4

$$\text{- Pelat lantai (tipe 4)} \quad = 2 \cdot 2/3 \cdot 1 \cdot 4,55 = 6,07 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri balok} & \quad 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} + \\
 & = 11,57 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Balok C3-C2 = C2- C1

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1)} \quad = 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4,55) = 12,14 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Berat sendiri balok} & \quad 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} + \\
 & = 17,71 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

2. Beban terpusat lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

$$\begin{aligned}
 \text{- Balok anak (BA1)} &= (0,35 \cdot (0,55-0,12) \cdot 4) \cdot 24 + (6,07 \cdot 4 \cdot 2) \\
 &= 63 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Balok anak (BA2)} &= (0,3 \cdot (0,5-12) \cdot 4) \cdot 24 + (6,07 \cdot 4 \cdot 2) \\
 &= 59,53 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Balok anak (BA5)} &= (0,25 \cdot 0,5-0,12) \cdot 4 \cdot 24 + (4,26 \cdot 4) + \\
 &= 9,12 + 17,04 = 26,1 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3. Beban pelat atap

- Beban merata atap

$$\text{Pelat atap} \quad = (2/3 \cdot 2 \cdot 2,82) = 3,76 \text{ kN}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,3 \cdot (0,6 - 0,09) \cdot 24 = \underline{3,672 \text{ kN}} +$$

$$7,43 \text{ kN}$$

- Beban terpusat atap

- Balok anak = (Volume balok x Bj) + beban mati pelat + beban

hidup pelat

$$= ((0,2 \cdot (0,3 - 0,09) \cdot 4) \cdot 24) + (2,82 \cdot 4,2) + (1 \cdot 4,2)$$

$$= 34,59 \text{ kN}$$

4. Beban kuda-kuda penutup void

Beban yang diterima kolom pendek dari kuda-kuda penutup void pada

C2 & C3

$$\text{Berat KK} = \text{Reaksi dari kuda-kuda} = 9,54 \text{ kN}$$

5. Beban hidup lantai 1

Balok C4-C3

$$\text{- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap} = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,625 \cdot 2,5 = 5,42 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang pelengkap} = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 2,5 = 6,67 \text{ kN/m} +$$

$$= 12,12 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban terpakai} = 12,12/2 = 6,06 \text{ kN/m}$$

Balok C4'-C4

$$\text{- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap} = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot 2,5 = 3,33 \text{ kN/m}$$

Balok C3 - C2 = C2 - C1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang pameran

$$= 2 \cdot (\frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m}$$

6. Beban hidup lantai 2

Balok C4 - C3

- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap = $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,625 \cdot 2,5 = 5,42 \text{ kN/m}$
- Pelat lantai (tipe 1) ruang pelengkap = $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 2,5 = 6,67 \text{ kN/m} +$
 $= 12,12 \text{ kN/m}$

Beban terpakai = $12,12/2 = 6,06 \text{ kN/m}$

Balok C4'-C4

- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap = $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot 2,5 = 3,33 \text{ kN/m}$

Balok C2- C1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang restoran
 $= 2 \cdot (\frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m}$

7. Beban hidup lantai 3,4

Balok C4-C3

- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap = $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,625 \cdot 2,5 = 5,42 \text{ kN/m}$
- Pelat lantai (tipe 1) ruang pelengkap = $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 2,5 = 6,67 \text{ kN/m} +$
 $= 12,12 \text{ kN/m}$

Beban terpakai = $12,12/2 = 6,06 \text{ kN/m}$

Balok C4'-C4

- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap = $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot 2,5 = 3,33 \text{ kN/m}$

Balok C2- C1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang toko buku
 $= 2 \cdot (\frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m}$

8. Beban hidup lantai 5

Balok C4-C3

- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap = $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,625 \cdot 2,5 = 5,42 \text{ kN/m}$
- Pelat lantai (tipe 1) ruang pelengkap = $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 2,5 = 6,67 \text{ kN/m} +$
 $= 12,12 \text{ kN/m}$

Beban terpakai = $12,12/2 = 6,06 \text{ kN/m}$

Balok C4'-C4

- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap = $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot 2,5 = 3,33 \text{ kN/m}$

Balok C2- C1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang alat2 sekolah dan kantor
 $= 2 \cdot (\frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,666 \text{ kN/m}$

9. Beban hidup lantai 6

Balok C4-C3

- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap = $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,625 \cdot 2,5 = 5,42 \text{ kN/m}$
- Pelat lantai (tipe 1) ruang pelengkap = $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 2,5 = 6,67 \text{ kN/m} +$
 $= 12,12 \text{ kN/m}$

Beban terpakai = $12,12/2 = 6,06 \text{ kN/m}$

Balok C4'-C4

- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap = $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot 2,5 = 3,33 \text{ kN/m}$

Balok C2- C1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang baca , perpustakaan
 $= 2 \cdot (\frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 4) = 10,666 \text{ kN/m}$

4.7.1.8 Portal As D



Gambar 4.20 Rencana beban gravitasi portal As-D

A. Beban mati

1. Beban merata lantai 1

Balok D4 - D3

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat lantai (tipe 3)} &= 2 \cdot (2/3 \cdot 1,625 \cdot 4,55) = 10,07 \text{ kN/m} \\
 \text{- Pelat lantai (tipe 1)} &= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4,55) = 12,14 \text{ kN/m} + \\
 &= 22,2 \text{ kN/m} \\
 \text{- Berat sendiri balok} &= 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Beban terpakai} = (22,2/2) + 5,57 = 16,67 \text{ kN/m}$$

D4'-D4

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat lantai (tipe 4)} &= 2 \cdot (2/3 \cdot 1 \cdot 4,55) = 6,07 \text{ kN/m} \\
 \text{- Berat sendiri balok} &= 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} + \\
 &= 11,64 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Balok D3-D2 = D2- D1

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1)} = 2. (2/3.2. 4,55) = 12,14 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{- Berat sendiri balok} &= 0,4 \times 0,7 \times 24 = 6,72 \text{ kN/m} + \\ &= 18,86 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2. Beban terpusat lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

$$\begin{aligned} \text{- Balok anak (BA1)} &= ((0,35. (0,55-0,12). 4) . 24) + (6,07. 4. 2) \\ &= 63 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Balok anak (BA2)} &= (0,3.(0,5-12). 4). 24 + + (6,07. 4. 2) \\ &= 59,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Balok anak (BA14) = berat sendiri balok + beban mati pelat + beban hidup pelat + beban tangga (reaksi tangga)

$$\begin{aligned} &(0,25. (0,5-0,12). 5). 24 + (6,07.4) + (5,53. 4) \\ &+ (118,09/2) = 11,4 + 24,28 + 22,12 = 57,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Balok anak (BA5)} &= (0,25. 0,5-0,12). 4. 24 + (4,26. 4) + (2,29.4) \\ &= 9,12 + 17,04 + 9,16 = 35,32 \text{ kN} \\ &= ((0,2. (0,3-0,09). 4) . 24) + (2,82. 4.) + (1.4) \\ &= 19.312 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= ((0,2. (0,3-0,09). 4) . 24) + (2,82. 4.) + (1.4) \\ &= 19.312 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Beban plat atap & kuda – kuda penutup void

Beban plat atap & kuda-kuda, sama dengan portal as C,

4. Beban hidup lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

Balok D4-D3

$$\text{- Pelat lantai (tipe 3) ruang pameran} = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,625 \cdot 4 = 8,67 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang pameran} = 2 \cdot (\frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m} +$$

$$= 19,34 \text{ kN/m}$$

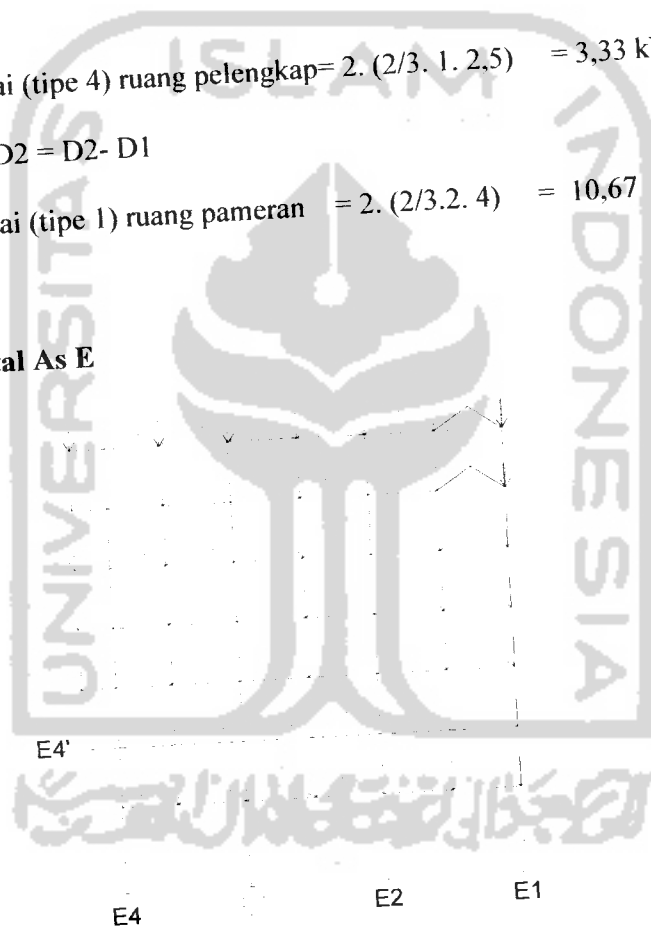
D4' - D4

$$\text{- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap} = 2 \cdot (\frac{2}{3} \cdot 1 \cdot 2,5) = 3,33 \text{ kN/m}$$

Balok D3-D2 = D2- D1

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang pameran} = 2 \cdot (\frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m}$$

4.7.1.9 Portal As E



Gambar 4.21 Rencana beban gravitasi portal As-E

A. Beban mati

1. Beban merata lantai 1

Balok E4-E3

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat lantai (tipe 3)} &= 2. (2/3 \cdot 1,625 \cdot 4,55) &= 9,86 \text{ kN/m} \\
 \text{- Pelat lantai (tipe 1)} &= 2.(2/3 \cdot 2 \cdot 4,55) &= 12,13 \text{ kN/m} + \\
 & &= 21,99 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\text{- Berat sendiri balok} \quad 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban terpakai} = (21,99/2) + 5,57 = 16,57 \text{ kN/m}$$

E4'-E4

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat lantai (tipe 4)} &= 2. (2/3 \cdot 1 \cdot 4,55) &= 6,07 \text{ kN/m} \\
 \text{- Berat sendiri balok} & \quad 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} + \\
 & &= 11,64 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Balok E3-E2

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat lantai (tipe 1)} &= (2/3 \cdot 2 \cdot 4,55) &= 6,07 \text{ kN/m} \\
 \text{- Berat sendiri balok} & \quad 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} + \\
 & &= 11,64 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

E2- E1

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat lantai (tipe 1)} &= 2. (2/3 \cdot 2 \cdot 4,55) &= 12,14 \text{ kN/m} \\
 \text{- Berat sendiri balok} & \quad 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} + \\
 & &= 17,71 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

2. Beban terpusat lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

$$\begin{aligned} \text{- Balok anak (BA1)} &= ((0,35 \cdot (0,55-0,12) \cdot 4) \cdot 24) + (6,07 \cdot 4 \cdot 2) \\ &= \mathbf{63 \text{ kN}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Balok anak (BA2)} &= (0,3 \cdot (0,5-12) \cdot 4) \cdot 24 + (6,07 \cdot 4 \cdot 2) \\ &= \mathbf{59,5 \text{ kN}} \end{aligned}$$

$$\text{- Balok anak (BA11)} = (0,25 \cdot 0,5 \cdot 4) \cdot 24 + (118,09/2) = \mathbf{71,05 \text{ kN}}$$

$$\begin{aligned} \text{- Balok anak (BA5)} &= (0,25 \cdot 0,5-0,12) \cdot 4 \cdot 24 + (4,26 \cdot 4) + (2,29 \cdot 4) \\ &= 9,12 + 17,04 + 9,16 = \mathbf{35,32 \text{ kN}} \end{aligned}$$

3. Beban pelat atap

- Beban merata atap

$$\text{Pelat atap} = (2/3 \cdot 2 \cdot 2,82) = \mathbf{3,76 \text{ kN}}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok} &= 0,3 \cdot (0,6-0,09) \cdot 24 = \mathbf{3,672 \text{ kN}} + \\ &\mathbf{7,43 \text{ kN}} \end{aligned}$$

4. Beban terpusat atap

$$\begin{aligned} \text{- Balok anak} &= (\text{Volume balok} \times B_j) + \text{beban mati pelat} + \text{beban} \\ &\quad \text{hidup pelat} \\ &= ((0,2 \cdot (0,3-0,09) \cdot 4) \cdot 24) + (2,82 \cdot 4) + (1 \cdot 4) \\ &= \mathbf{19,312 \text{ kN}} \end{aligned}$$

5. Beban kuda-kuda penutup void

Beban yang diterima kolom pendek dari kuda-kuda penutup void pada

E2 & E3

$$\text{Berat KK} = \text{Reaksi dari kuda-kuda} = \mathbf{9,54 \text{ kN}}$$

6. Beban hidup lantai 1

Balok E4-E3

- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap

$$= 2. (2/3.1.625. 2,5) = 5,43 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang pameran} &= 2. (2/3.2. 4) = 10,67 \text{ kN/m} + \\ &= 16,11 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Beban terpakai} = 16,11/2 = 8,06 \text{ kN/m}$$

E4'- E4

- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap = $2.(2/3. 1. 2,5) = 3,33 \text{ kN/m}$

Balok E3-E2 = E2- E1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang pameran

$$= 2. (2/3.2. 4) = 10,67 \text{ kN/m}$$

7. Beban hidup lantai 2

Balok E4-E3

- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap

$$= 2. (2/3.1.625. 2,5) = 5,42 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang restoran} &= 2. (2/3.2. 2,5) = 6,67 \text{ kN/m} + \\ &= 12,11 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

E4'-E4

- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap = $2.(2/3. 1. 2,5) = 3,33 \text{ kN/m}$

Balok E2- E1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang restoran

$$= 2. (2/3.2. 2,5) = 6,67 \text{ kN/m}$$

E3-E2

- Pelat lantai (tipe 1) ruang restoran

$$= (2/3.2. 2,5) = 3,33 \text{ kN/m}$$

8. Beban hidup lantai 3, 4

Balok E4-E3

- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap

$$= 2. (2/3.1,625. 2,5) = 5,42 \text{ kN/m}$$

- Pelat lantai (tipe 1) ruang toko buku = $2.(2/3.2. 4) = 10,67 \text{ kN/m} +$

$$= 16,11 \text{ kN/m}$$

Beban terpakai = $16,11/2 = 8,55 \text{ kN/m}$

Balok E4'E4

- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap = $2.(2/3. 1. 2,5) = 3,333 \text{ kN/m}$

Balok E3-E2

- Pelat lantai (tipe 1) ruang toko buku = $(2/3.2. 4) = 5,33 \text{ kN/m}$

Balok E2- E1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang toko buku

$$= 2. (2/3.2. 4) = 10,67 \text{ kN/m}$$

9. Beban hidup lantai 5

Balok E4-E3

- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap = $2. (2/3.1,625. 2,5) = 5,42 \text{ kN/m}$

- Pelat lantai (tipe 1) ruang toko alat sekolah = $2.(2/3.2. 2,5) = 6,67 \text{ kN/m} +$

$$= 12,11 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban merata} = 12,11/2 = 6,55 \text{ kN/m}$$

E4'-E4

$$\text{- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap} = 2.(2/3. 1. 2,5) = 3,333 \text{ kN/m}$$

Balok E2- E1

$$\begin{aligned} \text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang toko alat-alat kantor} \\ = 2. (2/3.2. 2,5) = 6,67 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Balok E3-E2

$$\begin{aligned} \text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang toko alat-alat kantor} \\ = (2/3.2. 2,5) = 3,33 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

10. Beban hidup lantai 6

Balok E4-E3

$$\begin{aligned} \text{- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap} \\ = 2. (2/3.1,625. 2,5) = 5,43 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang baca, perpustakaan} \\ = 2.(2/3.2. 4) = 10,67 \text{ kN/m} + \\ = 16,11 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Beban merata} = 16,11/2 = 8,55 \text{ kN/m}$$

Balok E4'-E4

$$\text{- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap} = 2.(2/3. 1. 2,5) = 3,33 \text{ kN/m}$$

Balok E2- E1

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang baca, perpustakaan}$$

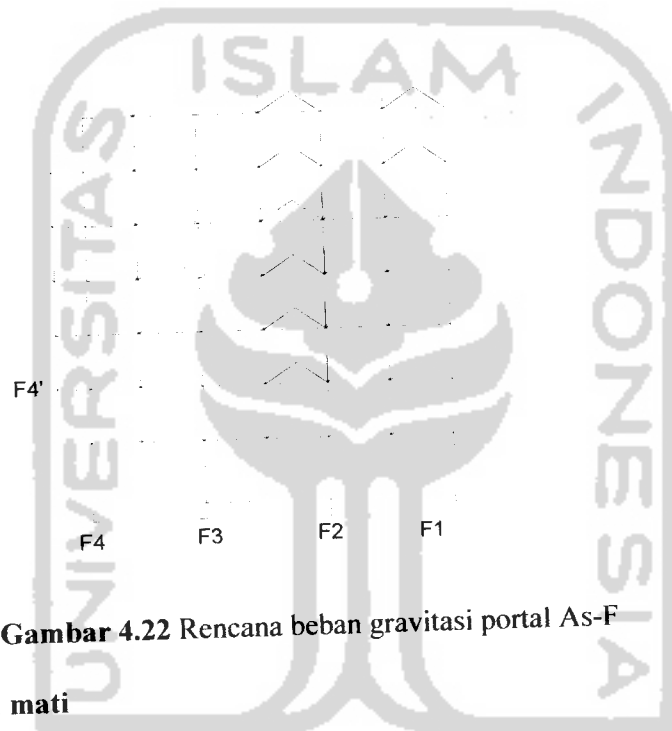
$$= 2 \cdot (2/3 \cdot 2.4) = 10.67 \text{ kN/m}$$

Balok E3-E2

- Pelat lantai (tipe 1) ruang baca, perpustakaan

$$= (2/3 \cdot 2.4) = 5.33 \text{ kN/m}$$

4.7.1.10 Portal As F



Gambar 4.22 Rencana beban gravitasi portal As-F

A. Beban mati

1. Beban merata lantai 1

Balok F4-F3

$$\text{- Pelat lantai (tipe 3)} = 2 \cdot (2/3 \cdot 1.625 \cdot 4.55) = 9.86 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1)} = 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4.55) = 12.13 \text{ kN/m} +$$

$$= 21.99 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Berat sendiri balok} = 0.4 \times (0.7 - 0.12) \times 24 = 5.57 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban merata} = (21,99/2) + 5,57 = 16,57 \text{ kN/m}$$

F4'-F4

$$\text{- Pelat lantai (tipe 4)} = 2. (2/3. 1. 4,55) = 6,07 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{- Berat sendiri balok} & 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} + \\ & \underline{\hspace{10em}} \\ & = 11,64 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Balok F3- F2 = F2- F1

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1)} = 2. (2/3.2. 4,55) = 12,13 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{- Berat sendiri balok} & 0,4 \times (0,7-0,12) \times 24 = 5,57 \text{ kN/m} + \\ & \underline{\hspace{10em}} \\ & = 17,71 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2. Beban terpusat lantai 1, 2, 3, 4, 5, 6

$$\begin{aligned} \text{- Balok anak (BA1)} &= (0,35. (0,55-0,12). 4) . 24 + (6,07. 4. 2) \\ &= 63 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Balok anak (BA2)} &= (0,3.(0,5-12). 4). 24 + + (6,07. 4. 2) \\ &= 59,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Balok anak (BA5)} &= (0,25. 0,5-0,12). 4. 24 + (4,26. 4) + (2,29.4) \\ &= 9,12 + 17,04 + 9,16 = 35,32 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Beban plat atap

Beban plat atap sama dengan portal as B, C, D, E, F, G

4. Beban hidup lantai 1

Balok F4-F3

$$\text{- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap} = 2. (2/3.1.625. 2,5) = 5,43 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang pameran} = 2.(2/3.2. 4) \quad \underline{\hspace{10em}} = 10,67 \text{ kN/m} +$$

$$= 16,11 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban merata} = 16,11/2 = 8,55 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap} = 2 \cdot (2/3 \cdot 1 \cdot 2,5) = 3,33 \text{ kN/m}$$

$$\text{Balok F3-F2} = \text{F2-F1}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang pameran}$$

$$= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m}$$

$$\text{Balok F4'-F4}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap} = 2/3 \cdot 1 \cdot 2,5 = 1,67 \text{ kN/m}$$

5. Beban hidup lantai 2

$$\text{Balok F4-F3}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap} = 2 \cdot (2/3 \cdot 1,625 \cdot 2,5) = 5,43 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang restoran} = 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m} +$$

$$= 12,11 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban merata} = 6,55 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap} = 2 \cdot (2/3 \cdot 1 \cdot 2,5) = 3,33 \text{ kN/m}$$

$$\text{Balok F3-F2} = \text{F2-F1}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang restoran} = 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m}$$

$$\text{Balok F4'-F4}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap} = 2/3 \cdot 1 \cdot 2,5 = 1,67 \text{ kN/m}$$

6. Beban hidup lantai 3, 4

$$\text{- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap} = 2 \cdot (2/3 \cdot 1,625 \cdot 2,5) = 5,43 \text{ kN/m}$$

$$\text{- Pelat lantai (tipe 1) ruang toko buku} = 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m} +$$

$$= 16,11 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban merata} = 16,11/2 = 8,55 \text{ kN/m}$$

Balok F4'-F4

$$\text{- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap} = 2 \cdot (2/3 \cdot 1 \cdot 2,5) = 3,33 \text{ kN/m}$$

Balok F3-F2 = F2- F1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang

$$= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 4) = 10,67 \text{ kN/m}$$

7. Beban hidup lantai 5

Balok F4-F5

- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap

$$= 2 \cdot (2/3 \cdot 1,625 \cdot 2,5) = 5,43 \text{ kN/m}$$

- Pelat lantai (tipe 1) ruang alat2 sekolah, kantor

$$= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m}$$

$$= 12,11 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban terbagi rata} = 12,11/2 = 6,55 \text{ kN/m}$$

Balok F4' - F4

$$\text{- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap} = 2 \cdot (2/3 \cdot 1 \cdot 2,5) = 3,33 \text{ kN/m}$$

Balok F3-F2 = F2- F1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang alat2 sekolah, kantor

$$= 2 \cdot (2/3 \cdot 2 \cdot 2,5) = 6,67 \text{ kN/m}$$

8. Beban hidup lantai 6

Balok F4-F3

$$\text{- Pelat lantai (tipe 3) ruang pelengkap} = 2 \cdot (2/3 \cdot 1,625 \cdot 2,5) = 5,43 \text{ kN/m}$$

- Pelat lantai (tipe 1) ruang baca, perpustakaan = $2.(2/3.2.4) = 10,67 \text{ kN/m} +$
= 12,11 kN/m

Balok F4'-F4

- Pelat lantai (tipe 4) ruang pelengkap = $2.(2/3. 1. 2,5) = 3,33 \text{ kN/m}$

Balok F3-F2 = F2- F1

- Pelat lantai (tipe 1) ruang baca, perpustakaan = $2. (2/3.2.) = 10,67 \text{ kN/m}$



4. 7. 2 Perhitungan Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa

A. Berat total bangunan lantai 1 sampai 6

❖ Beban Lantai 1

- Beban mati Lantai 1

$$\begin{aligned} \text{- Pelat} &= \text{Luas total lantai (m}^2\text{)} \cdot qD \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ &= 1302 \cdot 4,55 &= 5924,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Balok induk rencana (400x700)

$$\begin{aligned} \text{- Balok induk (L = 410 m)} &= \text{Volume total} \cdot \text{Bj beton} \\ &= (0,4 \times (0,7 - 0,12) \cdot 410) \times 24 &= 2282,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Balok anak

$$\begin{aligned} \text{a. BA1 (L = 192 m)} &= (0,35 \cdot (0,55 - 0,12) \cdot 192) \cdot 24 = 693,5 \text{ kN} \\ \text{b. BA2 (L = 58 m)} &= 58 \cdot 0,3 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 24 = 179,57 \text{ kN} \\ \text{c. BA3 (L = 50,75 m)} &= 50,75 \cdot 0,3 \cdot (0,6 - 0,12) \cdot 24 = 175,39 \text{ kN} \\ \text{d. BA4 (L = 8 m)} &= 8 \cdot 0,3 \cdot (0,6 - 0,12) \cdot 24 = 34,56 \text{ kN} \\ \text{e. BA5 (L = 58 m)} &= 58 \cdot 0,25 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 24 = 132,24 \text{ kN} \\ \text{f. BA6 (L = 3 m)} &= 3 \cdot 0,2 \cdot (0,4 - 0,12) \cdot 24 = 4,02 \text{ kN} \\ \text{g. BA8 (L = 6,5 m)} &= 6,5 \cdot 0,25 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 24 = 14,82 \text{ kN} \\ \text{h. BA9 (L = 24 m)} &= 24 \cdot 0,25 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 24 = 54,72 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Wt}_1 = 9495,8 \text{ kN}$$

- Kolom rencana (700 x 700) mm = Volume total x Bj

$$\text{- Kolom (h = 4 m)} = 0,7 \times 0,7 \cdot (4 \times 32) \times 24 = 1505,28 \text{ kN}$$

Beban hidup lantai 1

a. Pelat lantai ruang pameran

$$= \text{Luas lantai} \times qL = 1300 \times 4 = 5200 \text{ KN}$$

b. Pelat lantai ruang pelengkap

$$= 114 \cdot 2,5 = 285 \text{ KN} +$$

$$W_{t2} = 5485 \text{ KN}$$

$$\text{Beban total lantai 1} = 9495,8 + 5485 \text{ KN}$$

$$= 14980,8 \text{ kN}$$

❖ **Beban lantai 2**

-Beban mati lantai 2

- Pelat lantai = $987 \cdot 4,55 = 4490,85 \text{ kN}$

- Balok induk = $434 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 24 = 2551,92 \text{ kN} +$

$$W_{t1} = 7042,77 \text{ kN}$$

- Balok anak

- BA1 (L = 188 m) = $(0,35 \cdot (0,55 - 0,12) \cdot 188) = 679,056 \text{ KN}$

- BA2 (L = 58 m) = $58 \cdot 0,3 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 24 = 179,57 \text{ kN}$

- BA3 (L = 50,75 m) = $50,75 \cdot 0,3 \cdot (0,6 - 0,12) \cdot 24 = 175,39 \text{ kN}$

- BA4 (L = 8 m) = $8 \cdot 0,3 \cdot (0,6 - 0,12) \cdot 24 = 34,56 \text{ kN}$

- BA5 (L = 74 m) = $74 \cdot 0,25 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 24 = 132,24 \text{ kN}$

- BA8 (L = 6,5 m) = $6,5 \cdot 0,25 \cdot (0,5-0,12) \cdot 24 = 14,82 \text{ kN}$
- BA10 (L = 8,5 m) = $8,5 \cdot 0,3 \cdot (0,55-0,12) \cdot 24 = 23,256 \text{ kN}$
- BA11 (L = 9 m) = $9 \cdot 0,25 \cdot (0,55-0,12) \cdot 24 = 24,624 \text{ kN}$
- BA12 (L = 10 m) = $10 \cdot 0,25 \cdot (0,5-0,12) \cdot 24 = 22,8 \text{ kN}$
- BA13 (L = 3 m) = $3 \cdot 0,35 \cdot (0,55-0,12) \cdot 24 = 10,836 \text{ kN} +$

$$\mathbf{Wt2 = 1284,25 \text{ kN}}$$

- Kolom = $32 \cdot (0,7 \cdot 0,7 \cdot 3,5) \cdot 24 = 1317,12 \text{ kN}$
- Dinding = $(2,8 \cdot 172) \cdot 2,5 = 1204 \text{ kN} +$

$$\mathbf{Wt3 = 2521,12 \text{ kN}}$$

- **Beban hidup lantai 2**

- Lantai ruang restoran = $736 \times 2,5 = 1840 \text{ kN}$
- Lantai ruang pelengkap = $251 \times 2,5 = 627,5 \text{ kN} +$

$$\mathbf{Wt4 = 2467,5 \text{ kN}}$$

- **Berat total lantai 2** = $7042,77 + 1284,25 + 2521,12 + 2467,5$
 $= 13315,64 \text{ kN}$

❖ **Beban lantai 3**

- **Beban mati lantai 3**

- Pelat lantai = $987 \cdot 4,55 = 4490,85 \text{ kN}$
- Balok induk = $434 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 24 = 2551,92 \text{ kN}$
- Balok anak = $1284,25 \text{ kN}$
- Kolom = $1317,12 \text{ kN}$
- Dinding = 1204 kN

- Beban hidup

$$\begin{aligned}
 & - \text{Lantai ruang toko buku} = 736 \times 4 && = 2949 \text{ kN} \\
 & - \text{Lantai ruang pelengkap} = 251 \times 2,5 && = \underline{627,5 \text{ kN} +} \\
 & && = 3576,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Berat total lantai 3 = $11320,5 + 3576,5 = 14897 \text{ kN}$

- Berat total lantai 4 = lantai 3

- Berat total lantai 5 = lantai 2

- Berat total lantai 6 = $13917,92 \text{ kN}$

B. Atap

-Beban mati atap

$$\begin{aligned}
 & - \text{Pelat atap} = 1142 \cdot 2,82 && = 2783,34 \text{ kN} \\
 & - \text{Balok induk} = 394 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 24 && = \underline{2551,92 \text{ kN} +} \\
 & && \mathbf{Wt1 = 5338,26 \text{ kN}} \\
 & - \text{Balok anak} \\
 & \quad - \text{BA1 (L = 188 m)} = (188 \cdot 0,2 \cdot (0,3-0,09)) \cdot 24 && = 189,5 \text{ kN} \\
 & \quad - \text{BA2 (L = 58 m)} = 58 \cdot 0,2 \cdot (0,3-0,09) \cdot 24 && = 58,4 \text{ kN} \\
 & \quad - \text{BA3 (L = 50,75 m)} = 50,75 \cdot 0,2 \cdot (0,3-0,09) \cdot 24 && = 51,1 \text{ kN} \\
 & \quad - \text{BA8 (L = 6,5 m)} = 6,5 \cdot 0,2 \cdot (0,3-0,09) \cdot 24 && = 14,82 \text{ kN} \\
 & \quad - \text{BA10 (L = 8,5 m)} = 8,5 \cdot 0,2 \cdot (0,3-0,09) \cdot 24 && = 23,256 \text{ kN} \\
 & \quad - \text{BA13 (L = 3 m)} = 3 \cdot 0,2 \cdot (0,3-0,09) \cdot 24 && = \underline{3,024 \text{ kN} +} \\
 & && \mathbf{Wt2 = 340,1 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

- Berat kuda-kuda penutup void = $1,67 \cdot 6 = 10,02 \text{ kN}$

Berat total atap = $5338,26 + 340,1 + 10,2 = 5688,56 \text{ kN}$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{W_{total}} &= \text{berat lantai 1} + \text{lantai 2} + \text{lantai 3} + \text{lantai 4} + \text{lantai 5} \\
 &\quad + \text{lantai 6} + \text{Atap} \\
 &= 14980,8 + 13315,64 + (14897 \times 2) + 13368,78 + \\
 &\quad 13917,92 + 5688,56 = \mathbf{85387,34 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

C. Waktu getar bangunan (T)

Waktu getar bangunan (T) untuk portal beton berdasarkan Peraturan PPKGURG '87 yakni $T = 0,06 \cdot H^{3/4} = 0,06 \cdot 25^{3/4} = 0,67$ detik

H = Tinggi total struktur bangunan

D. Koefisien gempa dasar (C)

Berdasarkan PPKGURG '87 Gambar 2.3 halaman 17

$T = 0,67$ dt; zona 3 (DIY) dan jenis tanah lunak $C = 0,053$

E. Faktor keutamaan gedung (I) dan faktor jenis struktur (K)

Berdasarkan PPKGURG '87, Tabel 2.1 dan Tabel 2.2, maka :

$I = 1,5$ (bangunan toko buku dan perpustakaan)

$K = 1$ (portal daktilitas penuh)

F. Gaya geser horizontal akibat gempa

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_t = 0,053 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 85387,34 = 6788,29 \text{ kN}$$

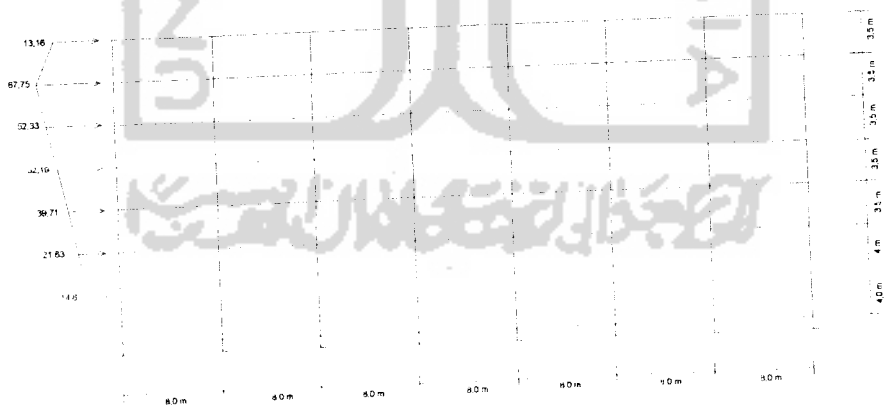
G. Distribusi Gaya Horizontal Total Akibat Gempa Ke sepanjang

Tinggi Gedung

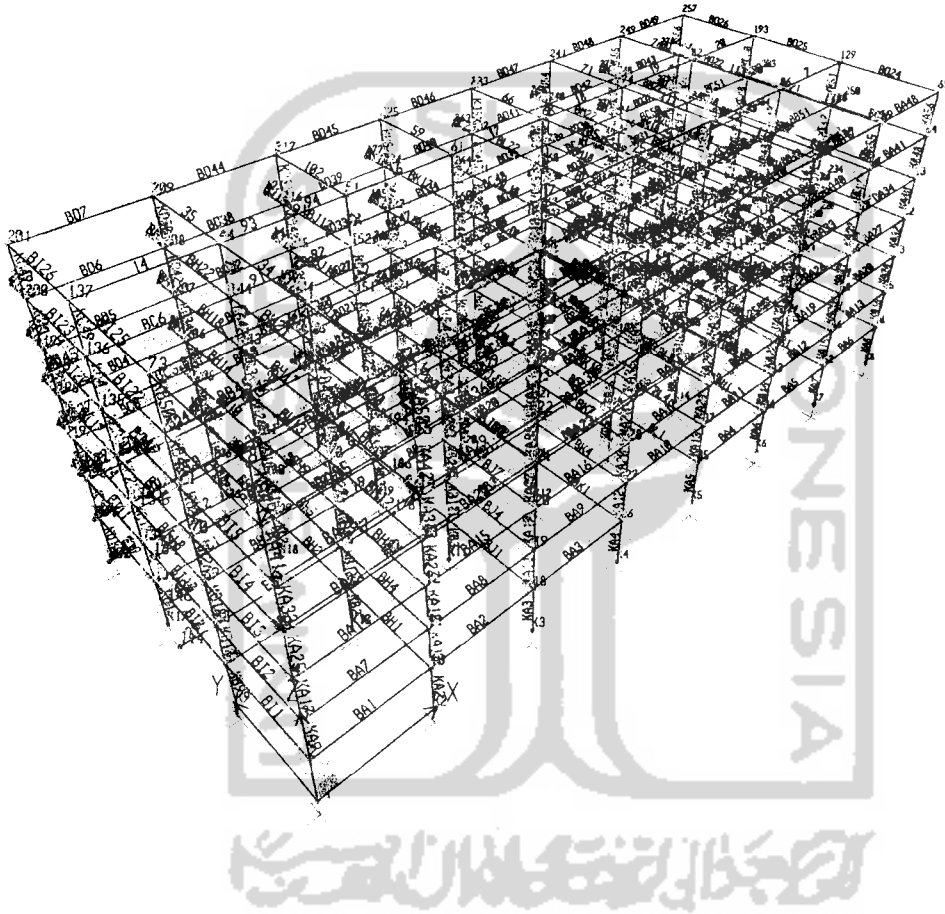
$$- F_i = \frac{W_i.H_i}{\sum W_i.H_i} . V$$

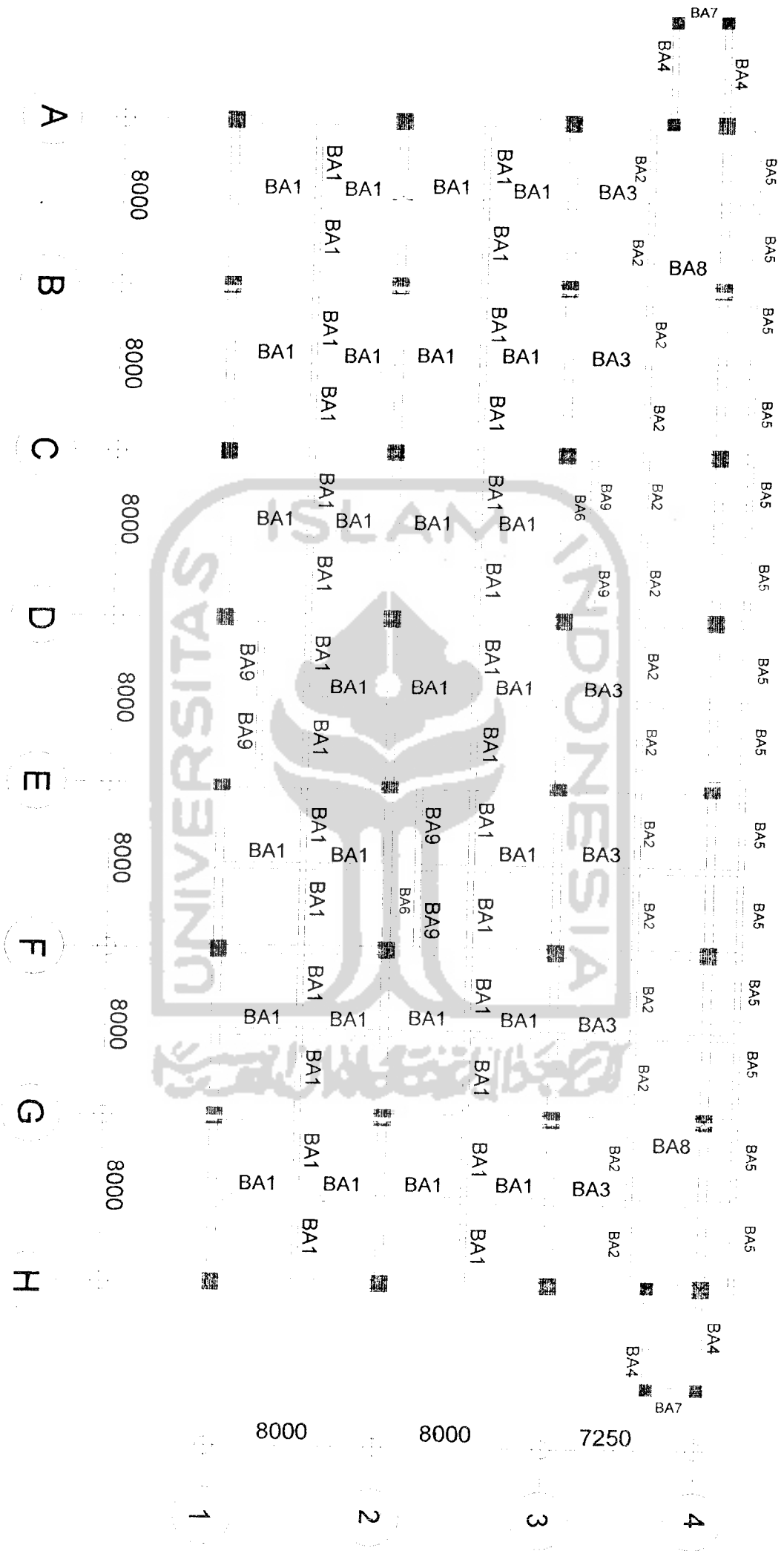
Tingkat	Hi (m)	Wi (kN)	V (kN)	Wi.hi (kN.m)	Fi (kN)
Balok atap	25	5688.56	452.24052	142214	52.641591
6	21.5	13917.9	1106.4746	299235.3	271.001343
5	18	13368.8	1062.818	240638	209.334288
4	14.5	14897	1184.3115	216006.5	209.387113
3	11	14897	1184.3115	163867	158.845396
2	7.5	13315.6	1058.5934	99867.3	86.5305901
1	4	14980.8	1190.9736	59923.2	58.4136461
	Σ	91065.7	7239.7232	1221751	

Tabel 4.5 Distribusi Gaya Geser Horizontal total akibat gempa arah



Gambar 4.6 Distribusi beban gempa

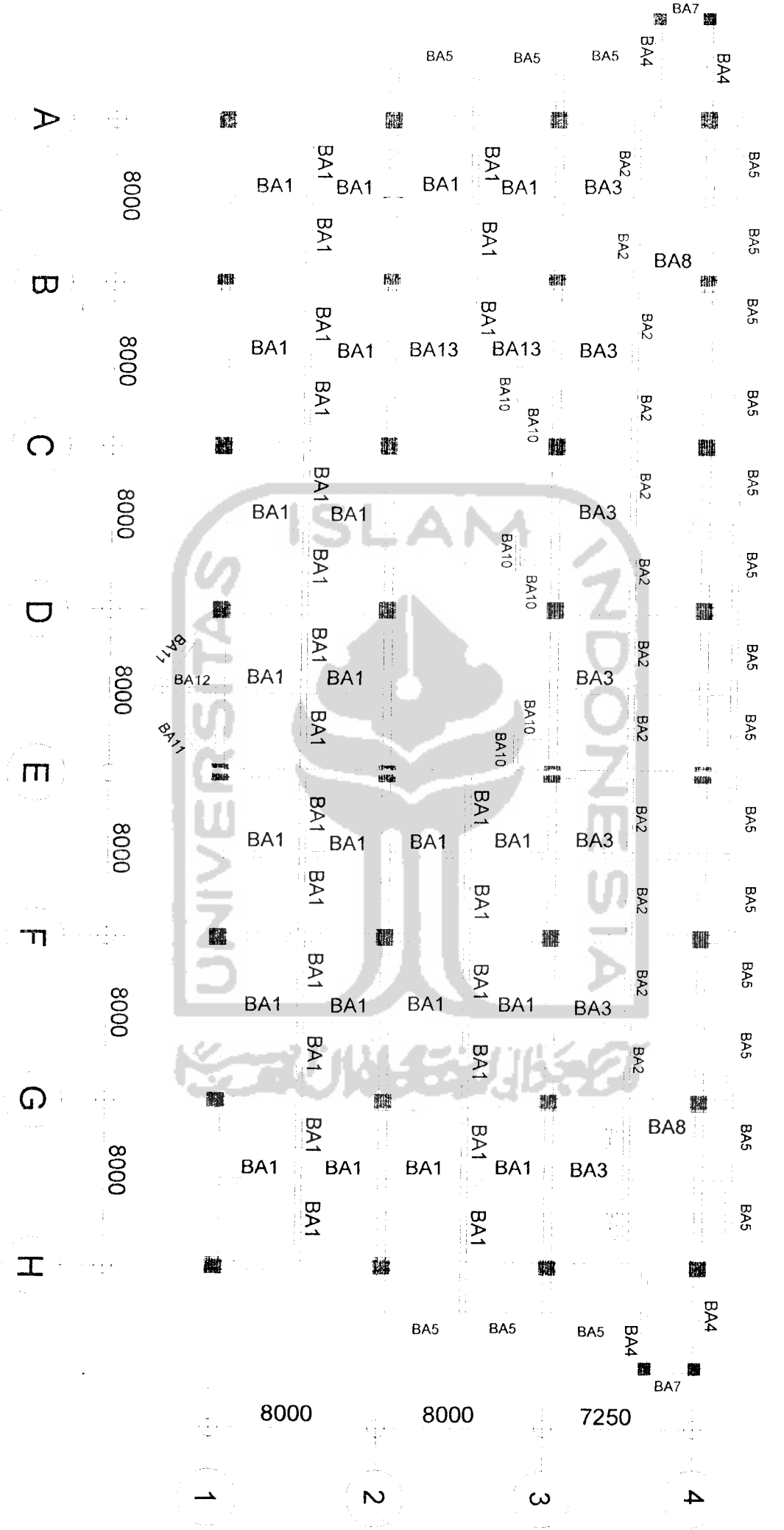


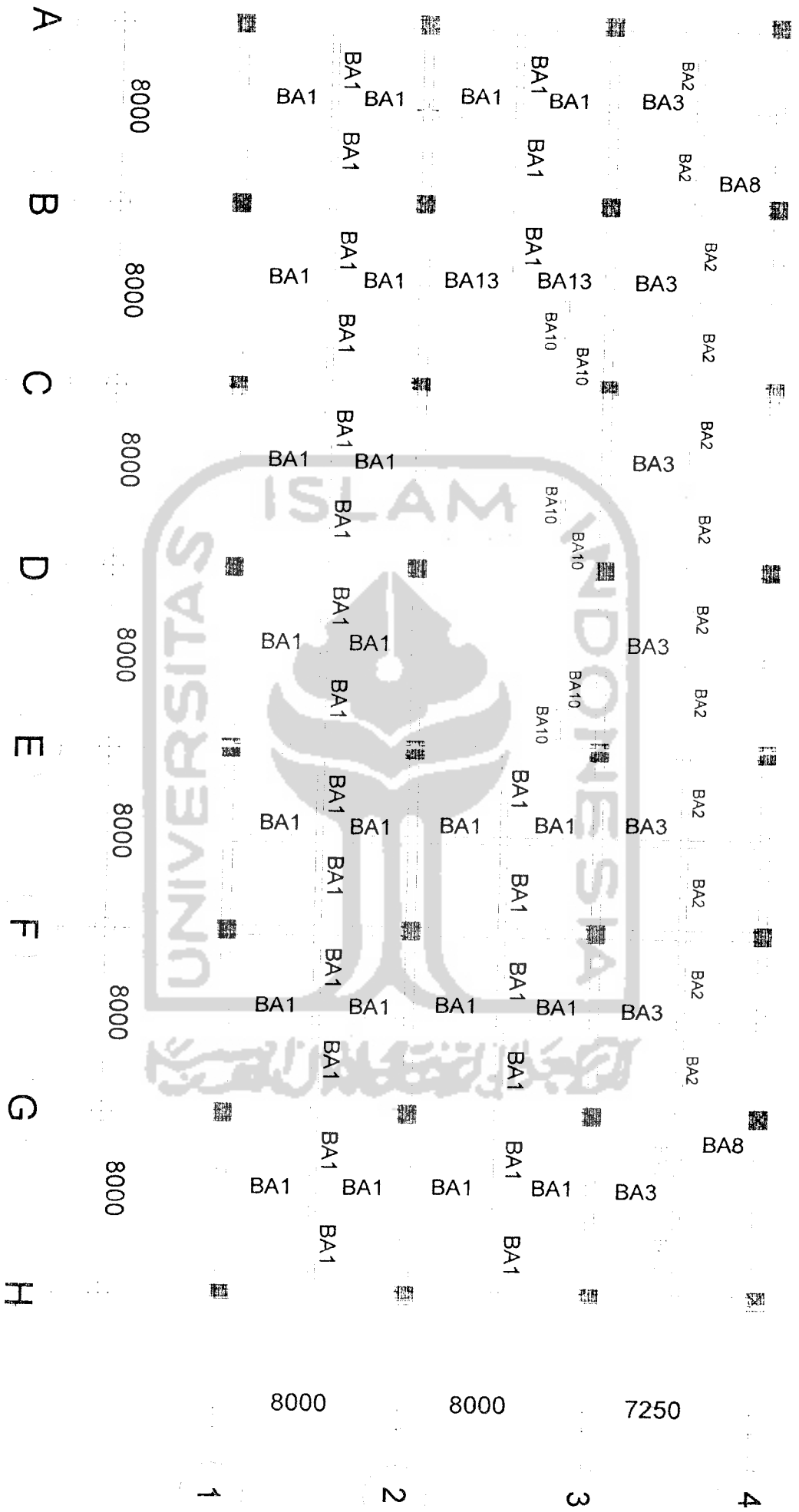


RENCANA BALOK ANAK LANTAI 1

SKALA 1:250

RENCANA BALOK ANAK LANTAI 2 - 6
 SKALA 1 : 250

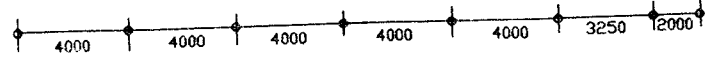
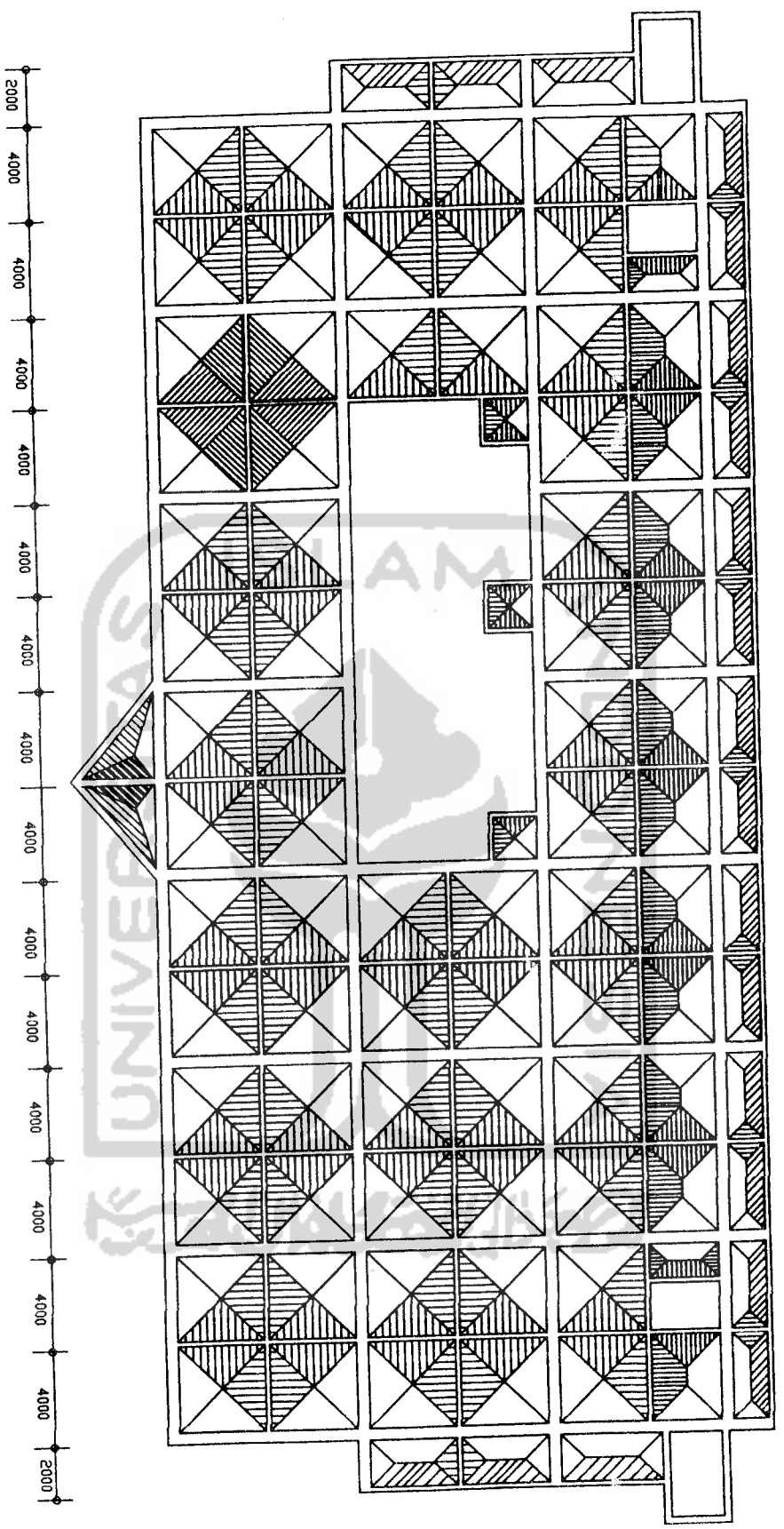




RENCANA BALOK ANAK ATAP

SKALA 1 : 250

POLA BEBAN BALOK ANAK LANTAI 2-6
SKALA 1:250



BATANG	BEBAN	LETAK	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kNm)	M2 (kNm)	M3 (kNm)
BB5	BEBAN MATI	0	2.171	-29.902	-0.044	-0.245	-0.189	-39.083
BB5	BEBAN MATI	2	2.171	-14.822	-0.044	-0.245	-0.102	5.641
BB5	BEBAN MATI	4	2.171	0.257	-0.044	-0.245	-0.015	20.206
BB5	BEBAN MATI	6	2.171	15.337	-0.044	-0.245	0.072	4.613
BB5	BEBAN MATI	8	2.171	30.416	-0.044	-0.245	0.159	-41.140
BB5	BEBAN HIDUP	0	5.310	-115.895	-0.007	-0.206	-0.042	-184.468
BB5	BEBAN HIDUP	2	5.310	-83.894	-0.007	-0.206	-0.028	15.321
BB5	BEBAN HIDUP	4	5.310	-51.894	-0.007	-0.206	-0.015	151.110
BB5	BEBAN HIDUP	6	5.310	83.626	-0.007	-0.206	-0.002	15.859
BB5	BEBAN HIDUP	8	5.310	115.626	-0.007	-0.206	0.012	-183.392
BB5	GEMPA KIRI	0	-5.346	12.418	0.015	-0.001	0.060	49.746
BB5	GEMPA KIRI	2	-5.346	12.418	0.015	-0.001	0.030	24.910
BB5	GEMPA KIRI	4	-5.346	12.418	0.015	-0.001	-0.001	0.073
BB5	GEMPA KIRI	6	-5.346	12.418	0.015	-0.001	-0.031	-24.764
BB5	GEMPA KIRI	8	-5.346	12.418	0.015	-0.001	-0.062	-49.601
BB5	GEMPA KANAN	0	-5.782	-12.643	-0.021	0.001	-0.085	-50.489
BB5	GEMPA KANAN	2	-5.782	-12.643	-0.021	0.001	-0.043	-25.203
BB5	GEMPA KANAN	4	-5.782	-12.643	-0.021	0.001	-0.001	0.082
BB5	GEMPA KANAN	6	-5.782	-12.643	-0.021	0.001	0.041	25.368
BB5	GEMPA KANAN	8	-5.782	-12.643	-0.021	0.001	0.083	50.654
BB5	KOMBINASI 1	0	11.102	-221.313	-0.063	-0.624	-0.294	-342.049
BB5	KOMBINASI 1	2	11.102	-152.018	-0.063	-0.624	-0.168	31.282
BB5	KOMBINASI 1	4	11.102	-82.723	-0.063	-0.624	-0.042	266.023
BB5	KOMBINASI 1	6	11.102	152.205	-0.063	-0.624	0.084	30.909
BB5	KOMBINASI 1	8	11.102	221.500	-0.063	-0.624	0.210	-342.796
BB5	KOMBINASI 2	0	-0.148	-87.894	-0.034	-0.382	-0.160	-99.484
BB5	KOMBINASI 2	2	-0.148	-52.861	-0.034	-0.382	-0.093	41.271
BB5	KOMBINASI 2	4	-0.148	-17.827	-0.034	-0.382	-0.025	111.959
BB5	KOMBINASI 2	6	-0.148	79.318	-0.034	-0.382	0.042	-11.644
BB5	KOMBINASI 2	8	-0.148	114.352	-0.034	-0.382	0.109	-205.314
BB5	KOMBINASI 3	0	-0.605	-114.209	-0.072	-0.380	-0.313	-204.732
BB5	KOMBINASI 3	2	-0.605	-79.175	-0.072	-0.380	-0.170	-11.348
BB5	KOMBINASI 3	4	-0.605	-44.142	-0.072	-0.380	-0.026	111.969
BB5	KOMBINASI 3	6	-0.605	53.004	-0.072	-0.380	0.118	40.995
BB5	KOMBINASI 3	8	-0.605	88.037	-0.072	-0.380	0.261	-100.046

4.7.3 Perencanaan Balok Induk

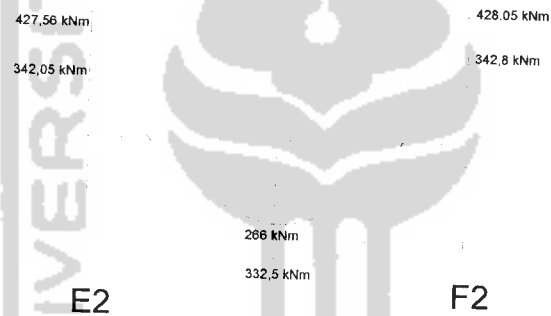
4.7.3.1 Perencanaan Lentur Balok

A. Momen Rencana Balok

Momen rencana balok (*Output SAP 2000*) dikombinasikan sebagai berikut :

1. $1,2 MD + 1,6 ML$
2. $1,05.(MD + 0,5 ML \pm ME)$

Momen diambil yang **terbesar** dari analisis struktur pada daerah tumpuan dan lapangan sehingga didapat seperti gambar berikut :



Gambar 4.23 Momen dari perhitungan balok induk BB5 (L= 8m)

Keterangan dari gambar diatas (Sumber PBI 1971 halaman 70) :

————— = Bidang momen nominal

..... = Bidang momen rencana

A. Perhitungan Tulangan Tumpuan

Rencana balok induk 400 x 700 mm

$f'_c = 28 \text{ Mpa};$ $f_y = 400 \text{ Mpa}$

- tulangan pokok = 22 mm
- tulangan sengkang = 12 mm

$$Mu = 428,5 \text{ KNm}$$

$$\frac{Mu}{\phi} = \frac{428,5}{0,8} = 535,6 \text{ KNm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28}{400} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,03034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03034 = 0,0227$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{pakai} = 0,5 \cdot \rho_{maks} = 0,5 \cdot 0,0227 = 0,0114$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,8067$$

$$\begin{aligned} R_n &= \rho f_y (1 - \frac{1}{2} \rho m) \\ &= 0,0114 \cdot 400 (1 - \frac{1}{2} \cdot 0,0114 \cdot 16,8067) = 4,1232 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \cdot d^2 &= \frac{Mu}{R_n} \\ &= \frac{535,6 \cdot 10^6}{4,1232} = 129.899.107,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{diambil } b = 400 \text{ mm}$$

$$d_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{155782156,1}{400}} = 389,46 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_{\text{pakai}} &= h - P_b - \phi_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.rencana}} \\ &= 700 - 40 - 12 - 22 - (25)/2 = 613,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

dperlu < dpakai maka dipakai tulangan sebelah

$$Rn_{baru} = \frac{Mu}{b \cdot d_{pakai}^2} = \frac{736.10^6}{400.613,5^2} = 4,88 \text{ MPa}$$

$$\rho_{baru} = \frac{Rn_{baru}}{Rn} \rho = \frac{4,88}{4,1232} \cdot 0,0114 = 0,0134 > \rho_{min} = 0,0035$$

$$< \rho_{maks} = 0,0227$$

$$\rho_{pakai} = 0,0134$$

$$A_{S_{perlu}} = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d = 0,0134 \cdot 400 \cdot 613,5 = 3288,36 \text{ mm}^2$$

Dipakai diameter tulangan D22, maka : $A_1 \phi = 380,133 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_s}{A_1 \phi} = \frac{3288,36}{380,133} = 8,65 \text{ batang} \approx 9 \text{ batang}$$

Dipakai tulangan memanjang 9D22, maka :

$$A_{S_{ada}} = 9 \cdot 380,133 = 3421,197 \text{ mm}^2 > A_s = 3288,36 \text{ mm}^2$$

$$Jbd = \frac{b - 2 \cdot p_b - 2 \cdot \phi_{sengkang} - n \cdot \phi_{tul}}{(n-1)} = \frac{400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 12 - 5 \cdot 22}{5-1} = 46,5 > 25 \text{ mm}$$

Tulangan tekan (yang berada didaerah tekan) adalah $1/3$ x Jumlah tulangan tarik (yang berada didaerah tarik). Diambil dari PBI 1971 pada pasal 8.4. halaman 71.

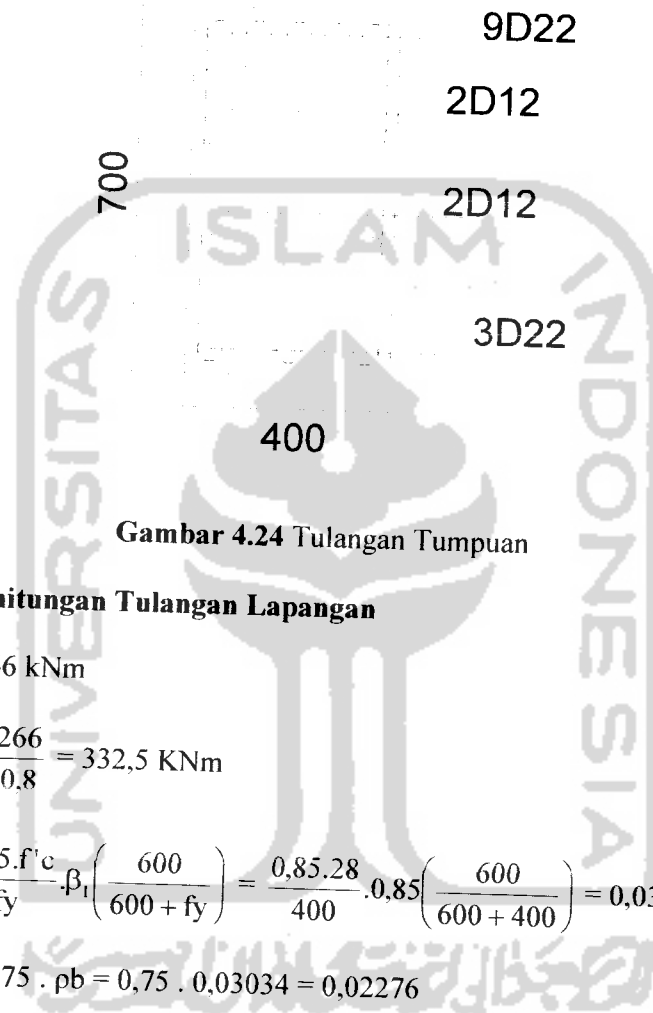
• **Kontrol Kapasitas Lentur yang terjadi :**

$$a = \frac{A_{S_{ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{3421,19 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 400} = 143,75 \text{ mm}$$

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

$$= 3421,19 \cdot 400 \left(613,5 - \frac{143,75}{2} \right) \geq 736 \text{ KNm}$$

$$= 741,2 \text{ KNm} > \frac{Mu}{\phi} = 736 \text{ KNm} \dots\dots \text{Ok!}$$



Gambar 4.24 Tulangan Tumpuan

B. Perhitungan Tulangan Lapangan

$$Mu = 266 \text{ kNm}$$

$$\frac{Mu}{\phi} = \frac{266}{0,8} = 332,5 \text{ KNm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28}{400} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,03034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03034 = 0,02276$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{pakar} = 0,5 \cdot \rho_{maks} = 0,5 \cdot 0,02276 = 0,0114$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,8067$$

$$Rn = \rho f_y (1 - \frac{1}{2} \rho m)$$

$$= 0,0114 \cdot 400 (1 - \frac{1}{2} \cdot 0,0114 \cdot 16,806) = 4,1232 \text{ Mpa}$$

$$dpakai = 700 - 40 - 12 - 22 - (25)/2 = 613,5 \text{ mm}$$

$$b \cdot d^2 = \frac{Mu \phi}{Rn}$$

$$d_{perlu} = \sqrt{\frac{Mu \phi}{Rn \cdot b}} = \sqrt{\frac{332,5 \cdot 10^6}{4,1232 \cdot 400}} = 566,633 \text{ mm} < d = 613,5 \text{ mm, maka}$$

$dpakai > d_{perlu}$, maka dipakai tulangan sebelah.

$$Rn_{perlu} = \frac{Mu \phi}{b \cdot d_{ada}^2} = \frac{332,5 \cdot 10^6}{400 \cdot 613,5^2} = 3,517 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{Rn_{perlu}}{Rn} \rho = \frac{3,517}{4,1232} 0,0114 = 0,0097 > \rho_{min} = 0,0035$$

$$< \rho_{maks} = 0,02276$$

$$\rho_{pakai} = 0,0097$$

$$As = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d_{ada} = 0,0097 \cdot 400 \cdot 613,5 = 2380,38 \text{ mm}^2$$

Dipakai diameter tulangan D22, maka : $A_1 \emptyset = 380,133 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{As}{A_1 \phi} = \frac{2380,38}{380,133} = 6,26 \approx 7 \text{ batang}$$

Dipakai tulangan memanjang 7D22, maka :

$$As_{ada} = 7 \cdot 380,133 = 2660,93 \text{ mm}^2 > As = 2380,38 \text{ mm}^2$$

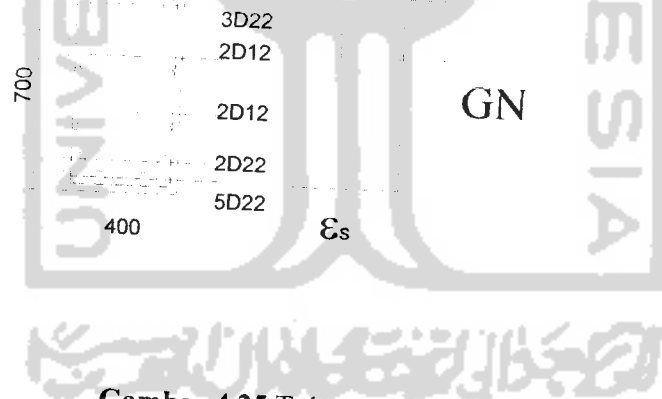
$$\text{Periksa Jarak bebas datar : } J_{bd} = \frac{b - 2 \cdot p_b - 2 \cdot \phi_{sengkang} - n \cdot \phi_{tul}}{(n-1)}$$

$$\frac{400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 12 - 5 \cdot 22}{5-1} = 46,5 > 25 \text{ mm}$$

Kontrol Kapasitas Lentur yang terjadi :

$$a = \frac{A_{Sada} f_y}{0,85 \cdot f'_c b} = \frac{2660,93 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 400} = 125,22 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{Sada} f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \geq \frac{M_u}{\phi} \\ &= 2660,93 \cdot 400 \left(637 - \frac{125,22}{2} \right) \\ &= 611,365 \text{ KNm} > \frac{M_u}{\phi} = 529,54 \text{ KNm} \dots \text{ (Ok)} \end{aligned}$$



Gambar 4.25 Tulangan Lapangan

C. Momen Nominal Aktual Balok

C.1. Momen Aktual Balok Negatif

$$\text{Tulangan atas} = 9D22 \text{ dengan } A_s \text{ ada} = 3421,19 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan bawah} = 3D22 \text{ dengan } A_s' \text{ ada} = 1140,398 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{As_{ada}}{b \cdot d_{pakai}} = \frac{3421,19}{400 \cdot 613} = 0,0139$$

$$\rho' = \frac{As'_{ada}}{b \cdot d_{pakai}} = \frac{1140,398}{400 \cdot 613} = 0,0046$$

$$\rho_1 = \rho - \rho' = 0,0139 - 0,0046 = 0,0093$$

$$f_s' = 600 \cdot \left(1 - \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot d'}{(\rho - \rho') \cdot f_y \cdot d} \right)$$

$$= 600 \cdot \left(1 - \frac{0,85 \cdot 28 \cdot 0,85 \cdot 87}{0,0093 \cdot 400 \cdot 613} \right) = 136,9 \text{ Mpa}$$

$$f_s' > f_y \text{ dipakai} = 136,9 \text{ Mpa}$$

$$a = \frac{(As_{ada} \cdot f_y) - (As'_{ada} \cdot f_s')}{0,85 \cdot f'c \cdot b}$$

$$= \frac{(3421,19 \cdot 400) - (1140,39 \cdot 136,9)}{0,85 \cdot 28 \cdot 400} = 127,348 \text{ mm}$$

$$Mn_1 = (As_{ada} \cdot f_y - As'_{ada} \cdot f_s') \cdot (d - a/2)$$

$$= (3421,19 \cdot 400 - 1140,39 \cdot 136,9) \cdot (613 - 127,35/2) = 665,97 \text{ kNm}$$

$$Mn_2 = (As'_{ada} \cdot f_s') \cdot (d - d') = (1140,39 \cdot 136,9) \cdot (613 - 87) = 82,1 \text{ kNm}$$

$$Mn_{ak}^- = Mn_1 + Mn_2 = 665,97 + 82,1 = 748,07 \text{ kNm}$$

2. Momen Aktual Balok Positif

$$\rho_{aktual} = \frac{As_{ada}}{b \cdot d_{ada}} = \frac{3421,19}{400 \cdot 613} = 0,0014$$

$$Rn = \rho \cdot f_y \cdot (1 - 1/2 \cdot \rho \cdot m) = 0,0014 \cdot 400 \cdot (1 - 1/2 \cdot 0,0014 \cdot 16,8067)$$

$$= 0,553 \text{ Mpa}$$

$$Mn_{ak}^+ = Rn \cdot b \cdot d^2 = 0,553 \cdot 400 \cdot 613^2 \cdot 10^{-6} = 83,12 \text{ Mpa}$$

4.7.3.2 Penulangan Geser Balok Induk

$$V_{u,b} = 0,7\phi_0 \left[\frac{M_{nak,b} + M_{nak,b'}}{Ln} \right] + 1,05 \cdot Vg$$

$$= 0,7 \cdot 1,25 \cdot \left[\frac{83,12 + 748,07}{8} \right] + 1,05 \cdot (30,42 + 115,84) = 244,5 \text{ kN}$$

Tidak boleh lebih besar dari :

$$V_{u,b} = 1,05(V_{D,b} + V_{L,b} + 4/k \cdot V_{E,b}) = 1,05(30,42 + 115,89 + 4 \cdot 12,42) = 205,7 \text{ kN}$$

Vu,b pakai = 205,7 kN

1. Di daerah sendi plastis

Vu,b pakai = 205,7 kN

$$Vc = 0, \quad Av = 2D10 = 157 \text{ mm}^2$$

$$Vs = \frac{Vu,b}{\phi} = \frac{205,7}{0,6} = 342,8 \text{ kN}$$

$$S = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs} = \frac{157 \cdot 400 \cdot 613}{342,8} = 112,2 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat spasi: } s < \frac{d}{4} = \frac{613}{4} = 153,25$$

Dipakai P₁₀-100_{mm}

Perencanaan Tulangan Torsi

Tu = 0,624 kNm (Output SAP)

$$\sum x^2 \cdot y = b^2 \cdot h = 400^2 \cdot 700 = 112 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\phi(1/20 \cdot \sqrt{fc'} \cdot \sum x^2 \cdot y) = 0,6 \cdot (1/20 \cdot \sqrt{28} \cdot 112 \cdot 10^6) = 17,77 \text{ kNm}$$

Kontrol torsi :

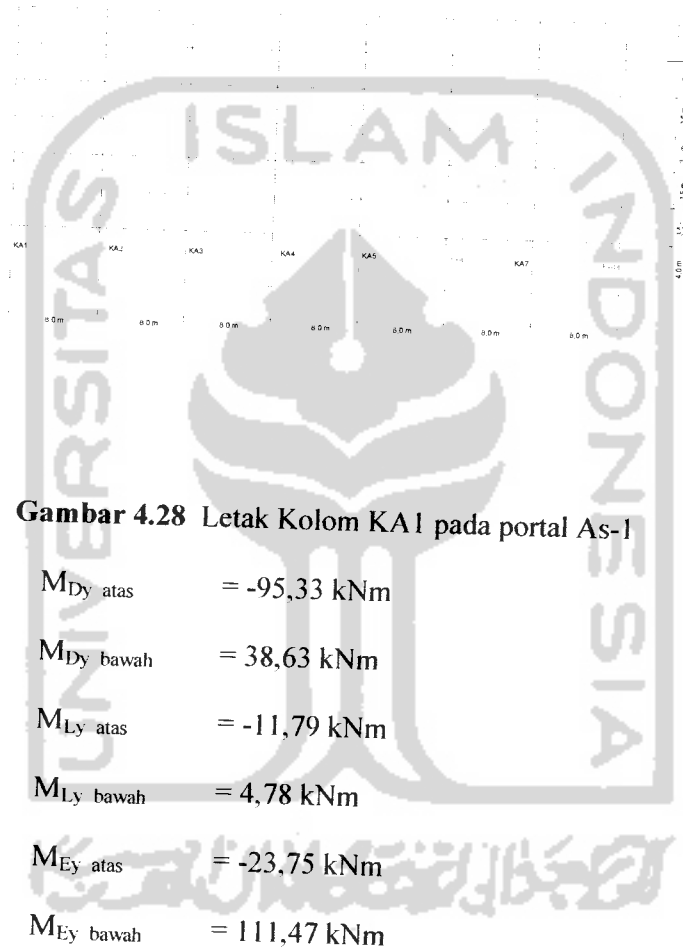
$$Tu = 0,624 \text{ kNm} < \phi(1/20 \cdot \sqrt{fc'} \cdot \sum x^2 \cdot y) = 17,7 \text{ kNm} \text{ (tidak perlu tul .torsi)}$$

4.7.4 Perencanaan Kolom

4.7.4.1 Perhitungan Momen dan Gaya Aksial Rencana

1. Portal arah X (momen terhadap sumbu y)

Data Momen kolom KA1 (seperti terlihat pada gambar dibawah ini)



Join Atas

$$\begin{aligned}
 1,2 M_{Dy} + 1,6 M_{Ly} &= 1,2 \cdot (-95,33) + 1,6 \cdot (-11,79) \\
 &= -133,26 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$1,05 \cdot M_{Dy} + 0,6 \cdot M_{Ly}$$

$$= 1,05 \cdot (-95,33) + 0,6 \cdot (-11,79) = -107,17 \text{ kNm}$$

$$M_{by} = -107,17 \text{ kNm}$$

$$1,05 \cdot M_{Ey} = 1,05 \cdot (-23,75) = -24,94 \text{ kNm}$$

$$M_{sy} = -24,94 \text{ kNm}$$

$$M_{by} + M_{sy} = -107,17 + (-24,94) = -132,11 \text{ kNm}$$

Tetapi tidak boleh lebih besar dari :

$$1,05 \left(M_{Dy} + M_{Ly} + \frac{4}{k} \cdot M_{Ey} \right)$$

$$= 1,05 \cdot ((-95,33) + (-11,79) + \frac{4}{1} \cdot (-23,75)) = -212,23 \text{ kNm}$$

Join Bawah

$$1,2 M_{Dy} + 1,6 M_{Ly} = 1,2 \cdot (38,63) + 1,6 \cdot (4,78) = 54,01 \text{ kNm}$$

$$1,05 (M_{Dy} + M_{Ly} + M_{Ey}) = 1,05 \cdot (38,63 + 4,78 + 111,47)$$

$$= 162,62 \text{ kNm}$$

$$M_{by} = 162,62 \text{ kNm}$$

$$1,05 \cdot M_{Ey} = 1,05 \cdot (111,47) = 117,04 \text{ kNm}$$

$$M_{sy} = 117,04 \text{ kNm}$$

$$M_{by} + M_{sy} = 162,62 + 117,04 = 279,66 \text{ kNm}$$

Tetapi tidak boleh lebih besar dari :

$$1,05 (M_{Dy} + M_{Ly} + 4/k \cdot M_{Ey})$$

$$= 1,05 \cdot (38,63 + (4,78) + (4/1 \cdot 111,47)) = 513,75 \text{ kNm}$$

$$M \text{ pakai atas} = 132,11 \text{ kNm}$$

$$M \text{ pakai bawah} = 279,66 \text{ kNm}$$

2. Portal arah Y (momen terhadap sumbu x)

Data Momen :

$$M_{Dx \text{ atas}} = 157,9 \text{ kNm}$$

$$M_{Dx \text{ bawah}} = -66,76 \text{ kNm}$$

$$M_{Lx \text{ atas}} = 27,67 \text{ kNm}$$

$$M_{Lx \text{ bawah}} = -11,48 \text{ kNm}$$

$$M_{Ex \text{ atas}} = -0,09 \text{ kNm}$$

$$M_{Ex \text{ bawah}} = 0,03 \text{ kNm}$$

Join Atas

$$1,2 M_{Dx} + 1,6 M_{Lx} = 1,2 \cdot 157,9 + 1,6 \cdot 27,67 = 233,75 \text{ kNm}$$

$$1,05 \cdot M_{Dx} + 0,6 \cdot M_{Lx} = (1,05 \cdot 157,9) + (0,6 \cdot 27,67) = 182,4 \text{ kNm}$$

$$M_{bx} = 182,4 \text{ kNm}$$

$$1,05 \cdot M_{Ex} = 1,05 \cdot (-0,09) = 0,095 \text{ kNm}$$

$$M_{sx} = 0,095 \text{ kNm}$$

$$M_{bx} + M_{sx} = 182,4 + 0,095 = 182,49 \text{ kNm}$$

$$1,05 (M_{Dx} + M_{Lx} + 4/1 \cdot M_{Ex}) = 1,05 \cdot (157,9 + 27,67 + (4/1 \cdot (-0,09))) \\ = 195,23 \text{ kNm}$$

Join Bawah

$$1,2 M_{Dx} + 1,6 M_{Lx} = 1,2 \cdot (-66,76) + 1,6 \cdot (-11,48) = 98,48 \text{ kNm}$$

$$1,05 M_{Dx} + 0,6 M_{Lx} = 1,05 \cdot (-66,76) + 0,6 \cdot (-11,48) = 76,98 \text{ kNm}$$

$$M_{bx} = 76,98 \text{ kNm}$$

$$1,05 M_{Ex} = 1,05 \cdot (0,03) = 0,032 \text{ kNm}$$

$$M_{sx} = 0,032 \text{ kNm}$$

$$M_{bx} + M_{sx} = ((76,98) + (0,032)) = 77,012 \text{ kNm}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05 \cdot (M_{Dx} + M_{Lx} + 4/k \cdot M_{Ex}) = 1,05 \cdot ((-66,76) + (-11,48) + 4/1 \cdot (-0,03)) = -82,28 \text{ kNm}$$

$$M_{ux} \text{ pakai Atas} = 195,23 \text{ kNm}$$

$$M_{ux} \text{ pakai bawah} = 82,28 \text{ kNm}$$

3. Gaya Aksial

Data Gaya Aksial

$$P_{D \text{ atas}} = -3839,33 \text{ kNm}$$

$$P_{D \text{ bawah}} = -3899,64 \text{ kNm}$$

$$P_{L \text{ atas}} = -424,31 \text{ kNm}$$

$$P_{L \text{ bawah}} = -424,31 \text{ kNm}$$

$$P_{E \text{ atas}} = -14,26 \text{ kNm}$$

$$P_{E \text{ bawah}} = -14,26 \text{ kNm}$$

$$1,2 P_D + 1,6 P_L = 1,2 \cdot (-3839,33) + 1,6 \cdot (-424,3) = -5286,09 \text{ kNm}$$

$$1,05 \cdot P_D + 0,6 \cdot P_L = 1,05(-3839,33) + 0,6(-424,3) = -4285,88 \text{ kN}$$

$$P_b = -5286,09 \text{ kN}$$

$$1,05 \cdot P_E = 1,05 \cdot (-14,26) = -14,97 \text{ kN}$$

$$P_s = -14,97 \text{ kN}$$

$$P_b + P_s = (-5286,09) + (-14,97) = -5301,06 \text{ kN}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05(P_D + P_L + 4/k \cdot P_E) = 1,05((-3839,33) + (-424,3) + 4/1 \cdot (-14,26))$$

$$= - 4536,70 \text{ kNm}$$

Join Bawah

$$1,2 P_D + 1,6 P_L = 1,2. (-3899,6) + 1,6. (-424,3)$$

$$= -5358,4 \text{ kNm}$$

$$1,05 \cdot P_D + 0,6 \cdot P_L = 1,05.(-3899,6) + 0,6(-424,3) = -4338,66 \text{ kN}$$

$$P_b = -5358,4 \text{ kN}$$

$$1,05 \cdot P_E = 1,05 \cdot (-14,26) = - 14,97 \text{ kN}$$

$$P_s = - 14,97 \text{ kN}$$

$$P_b + P_s = (-5358,4) + (- 14,97) = -5373,37 \text{ kN}$$

Tetapi tidak perlu kurang dari :

$$1,05 \cdot (P_D + P_L + 4/k \cdot P_E) = 1,05(-3899,6) + (-424,33) + 4/1 \cdot (-14,26)$$

$$= -4600,02 \text{ kNm}$$

$$P_u \text{ atas pakai} = - 4536,70 \text{ kNm}$$

$$P_u \text{ bawah pakai} = 4600,02 \text{ kNm}$$

Data kolom :

$$L = 4 \text{ m}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$F'_c = 28 \text{ Mpa}$$

$$D' = 87 \text{ mm}$$

$$B = 800 \text{ mm}$$

$$H = 800 \text{ mm}$$

$$D = 713 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,65$$

4.5.2 Pengaruh Kelangsingan Kolom

- Menghitung Kekakuan Kolom

1. Arah X

$$\begin{aligned} E_c = E_g &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \sqrt{28} \\ &= 24870,062 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Profil 800x800

$$I_c \text{ (Inersia kolom)} = \frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3 = 3,41 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$\beta_d = \frac{1,2M_D}{1,2M_D + 1,6M_L} = \frac{1,2 \cdot 95,33}{1,2 \cdot 95,33 + 1,6 \cdot 11,79} = 0,86$$

$$EI = \frac{E_c \cdot I_c}{2,5(1 + \beta_d)} = \frac{24870,062 \cdot 3,41 \cdot 10^{10}}{2,5(1 + 0,86)} = 1,8306 \cdot 10^{14} \text{ Nmm}^2$$

Menghitung momen inersia balok di kanan dan kiri kolom, dengan menganggap momen inersia penampang retak balok sebesar setengah dari momen inersia penampang bruto, maka :

1. Momen inersia balok untuk kondisi di ujung atas kolom yaitu :

$$I_{cr} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \right) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3 \right) = 17,0667 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

2. Momen inersia balok untuk kondisi di ujung bawah kolom = 0

karena ujung jepit.

$$L_c \text{ (panjang bersih kolom)} = 3,2 \text{ m}$$

$$L_g \text{ (panjang bersih balok)} = 7,2 \text{ m}$$

$$\psi_{atas} = \psi_{bawah} = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L_c} \right)}{\sum \left(\frac{Ec.Icr}{L_g} \right)}$$

$$\psi_{atas} = \frac{\left(\frac{1,83 \cdot 10^{14}}{3200} \right)}{\left(\frac{24870,062 \cdot 17,0667 \cdot 10^9}{7200} \right)} = 0,97$$

$$\psi_{bawah} = 0 \text{ (ujung jepit)}$$

Dari Nomogram portal tanpa pengaku, didapat $k = 1,15$

$$\frac{k.l_u}{r} = \frac{1,15 \cdot 3200}{0,3 \cdot 800} = 15,333 < 22$$

Karena $k.l_u/r < 22$, maka pengaruh kelangsingan dapat diabaikan

2. Arah Y

$$\begin{aligned} E_c = E_g &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \sqrt{28} \\ &= 24870,062 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Profil 800x800

$$I_c \text{ (Inersia kolom)} = \frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3 = 3,41 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$\beta_d = \frac{1,2M_D}{1,2M_D + 1,6M_L} = \frac{1,2 \cdot 157,9}{1,2 \cdot 157,9 + 1,6 \cdot 27,67} = 0,81$$

$$EI = \frac{E_c \cdot I_c}{2,5(1 + \beta_d)} = \frac{24870,052 \cdot 3,41 \cdot 10^{10}}{2,5(1 + 0,81)} = 1,87 \cdot 10^{14} \text{ Nmm}^2$$

Menghitung momen inersia balok di kanan dan kiri kolom, dengan

menganggap momen inersia penampang retak balok sebesar setengah dari momen inersia penampang bruto, maka :

1. Momen inersia balok untuk kondisi di ujung atas kolom yaitu :

$$I_{cr} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \right) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 800 \cdot 800^3 \right) = 1,87 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

2. Momen inersia balok untuk kondisi di ujung bawah kolom = 0, karena ujung jepit.

$$L_c \text{ (panjang bersih kolom)} = 3,2 \text{ m}$$

$$L_g \text{ (panjang bersih balok)} = 7,2 \text{ m}$$

$$\Psi_{atas} = \Psi_{bawah} = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L_c} \right)}{\sum \left(\frac{Ec \cdot I_{cr}}{L_g} \right)}$$

$$\Psi_{atas} = \frac{\left(\frac{1,87 \cdot 10^{14}}{3200} \right)}{\left(\frac{24870,052 \cdot 17,0667 \cdot 10^9}{7200} \right)} = 0,9913$$

$$\Psi_{bawah} = 0 \text{ (ujung jepit)}$$

Dari Nomogram portal tanpa pengaku, didapat $k = 1,18$

$$\frac{kLu}{r} = \frac{1,18 \cdot 3200}{0,3 \cdot 800} = 17,733 < 22$$

Karena $k \cdot lu/r < 22$, maka pengaruh kelangsingan dapat diabaikan

4.5.3 Analisis Gaya Aksial dan Momen akibat balok

Perhitungan kolom KA4, Basement

$$h = 4 \text{ m}$$

$$h_n = 3,2 \text{ m}$$

$$R_v = 0,95 ; \text{ dari } 1,1 - 0,025.n ; \text{ untuk jumlah lantai } ; 4 < n \leq 20$$

$\omega_d = 1,3$ kecuali untuk kolom lantai 1 dan lantai paling atas yang kemungkinan terjadi sendi plastis pada kolom, $\omega_d = 1$

$$k = 1$$

a. Perhitungan Arah X

$$M_{kap(kiri)} = 1,25 \cdot M_{nak} = 1,25 \times 748,07 = 935,09 \text{ kNm}$$

$$M_{kap(kanan)} = 0$$

menghitung gaya aksial rencana :

$$\begin{aligned} N_{u,k_y} &= 0,7 \cdot R_v \cdot \frac{M_{kap_{kiri}} + M_{kap_{kanan}}}{l} + 1,05 \cdot N_g \\ &= 0,7 \cdot 0,95 \cdot \frac{935,09}{8} + 1,05 \cdot (3899,6 + 424,3) \\ &= 4617,79 \text{ KN} \end{aligned}$$

tidak perlu melebihi :

$$\begin{aligned} N_{u,k_y} &= 1,05 (N_D + N_L + 4 \cdot N_E) \\ &= 1,05 (3899,6 + 424,3 + 4 \cdot 14,26) = 4380,94 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_{u,k_y} \text{ pakai} = 4380,94 \text{ KN}$$

menghitung α :

$$M_{E,K \text{ atas}} = -23,75 \text{ kNm}$$

$$M_{E,K \text{ bawah}} = 111,47 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{ka} = \frac{M_{E,k(lantaiatas)}}{M_{E,k(lantaiatas)} + M_{E,k(lantaibawah)}} = \frac{23,75}{23,75 + 111,47} = 0,19$$

$$\alpha_{kb} = \frac{M_{E,k(\text{lantai bawah})}}{M_{E,k(\text{lantai atas})} + M_{E,k(\text{lantai bawah})}} = \frac{111,47}{111,47 + 23,75} = 0,009$$

menghitung momen rancang kolom :

$$\begin{aligned} \text{Mu,ky atas} &= \frac{hn}{h} \omega d \cdot \alpha \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{I_{ki}}{I'_{ki}} M_{kap, ki} + \frac{I_{ka}}{I'_{ka}} M_{kap, ka} \right) \\ &= \frac{3,2}{4} \cdot 1 \cdot 0,133 \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{8}{7,2} \cdot 935,09 \right) = 77,38 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu,ky bawah} &= \frac{hn}{h} \omega d \cdot \alpha \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{I_{ki}}{I'_{ki}} M_{kap, ki} + \frac{I_{ka}}{I'_{ka}} M_{kap, ka} \right) \\ &= \frac{3,2}{4} \cdot 1 \cdot 1,33 \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{8}{7,2} \cdot 935,09 \right) = 773,4 \text{ kNm} \end{aligned}$$

tidak perlu melebihi :

$$\begin{aligned} \text{Mu,ky} &= 1,05(M_{Dy} + M_{Ly} + \frac{4}{k} M_{Ey}) \\ &= 1,05(-95,33 + -11,79 + \frac{4}{1}(-23,75)) \\ &= 212,23 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\text{Mu,ky pakai} = 212,23 \text{ KNm}$$

b. .Perhitungan Arah Y

$$M_{kap(\text{kiri})} = 1,25 \cdot M_{nak} = 1,25 \cdot 0 = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{kap(\text{kanan})} = 1,25 \cdot M_{nak} = 1,25 \cdot 748,07 = 935,09 \text{ kNm}$$

menghitung gaya aksial rencana :

$$N_{u,kx} = 0,7 \cdot R_v \cdot \frac{M_{kap_{kiri}} + M_{kap_{kanan}}}{l} + 1,05 \cdot N_g$$

$$= 0,7 \cdot 0,95 \cdot \frac{935,09}{8} + 1,05 \cdot (3899,6 + 424,3)$$

$$= 4617,79 \text{ kN}$$

tidak perlu melebihi :

$$Nu,ky = 1,05 (N_D + N_L + 4 \cdot N_E)$$

$$= 1,05 (3899,6 + 424,3 + 4 \cdot 14,26)$$

$$= 4380,94 \text{ kN}$$

$$Nu,ky \text{ pakai} = 4380,94 \text{ kN}$$

menghitung α :

$$M_{EX \text{ atas}} = 0,09 \text{ kNm}$$

$$M_{EX \text{ bawah}} = 0,03 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{ka} = \frac{M_{E,k(lt+atas)}}{M_{E,k(lt+atas)} + M_{E,k(ltbawah)}} = \frac{0,09}{0,09 + 0,03} = 0,75$$

$$\alpha_{kb} = \frac{M_{E,k(ltbawah)}}{M_{E,k(lt+atas)} + M_{E,k(ltbawah)}} = \frac{0,03}{0,03 + 0,09} = 0,25$$

menghitung momen rancang kolom :

$$\begin{aligned} Mu,k_x \text{ atas} &= \frac{hn}{h} \omega d \cdot \alpha \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{l_{ki}}{l'_{ki}} M_{kap, ki} + \frac{l_{ka}}{l'_{ka}} M_{kap, ka} \right) \\ &= \frac{3,2}{4} \cdot 1 \cdot 0,075 \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{8}{7,2} \cdot 0 + \frac{8}{7,2} \cdot 935,09 \right) = 314,19 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu,k_x \text{ bawah} &= \frac{hn}{h} \omega d \cdot \alpha \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{l_{ki}}{l'_{ki}} M_{kap, ki} + \frac{l_{ka}}{l'_{ka}} M_{kap, ka} \right) \\ &= \frac{3,2}{4} \cdot 1 \cdot 0,25 \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{8}{7,2} \cdot 0 + \frac{8}{7,2} \cdot 935,09 \right) = 145,46 \text{ kNm} \end{aligned}$$

tidak perlu melebihi :

$$\begin{aligned} M_{u,k} &= 1,05 (M_{Dx} + M_{Lx} + 4/1 \cdot M_{Ex}) \\ &= 1,05 \cdot (157,9 + 27,67 + (4/1) \cdot (-0,09)) = 195,23 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{u,kx} \text{ pakai} = 195,23 \text{ kNm}$$

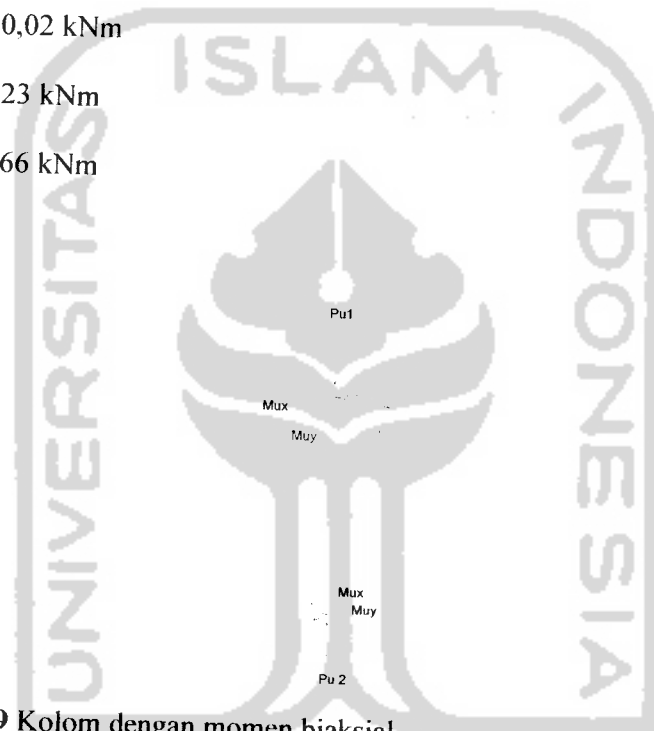
4.7.4.2 Perencanaan Tulangan Lentur Kolom

Berdasar analisa struktur diperoleh

$$P_u = 4600,02 \text{ kNm}$$

$$M_{ux} = 195,23 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 279,66 \text{ kNm}$$



Gambar 4.29 Kolom dengan momen biaksial

Berdasar kekuatan balok diperoleh :

$$M_{ux} = 195,23 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 212,23 \text{ kNm}$$

$$N_{u,kx} = 4380,94 \text{ kN}$$

$$N_{u,ky} = 4380,94 \text{ kN}$$

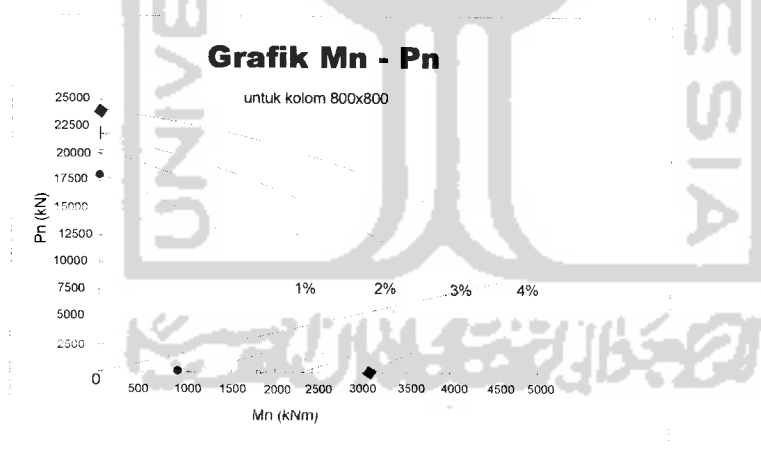
$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{4380,94}{0,65} = 6739,9 \text{ kN}$$

$$M_{nx} = \frac{Mu_x}{\phi} = \frac{195,23}{0,65} = 300,35 \text{ kNm}$$

$$M_{ny} = \frac{Mu_y}{\phi} = \frac{279,66}{0,65} = 430,246 \text{ kNm}$$

Digunakan M_{ox} (momen rencana total) untuk perencanaan

$$\begin{aligned} M_{ox} \text{ perlu} &= M_{nx} + M_{ny} \left(\frac{b}{h} \right) \left(\frac{1 - \beta}{\beta} \right) \\ &= 300,35 + 430,246 \left(\frac{0,8}{0,8} \right) \left(\frac{1 - 0,65}{0,65} \right) \\ &= 532,02 \text{ KNm} \end{aligned}$$



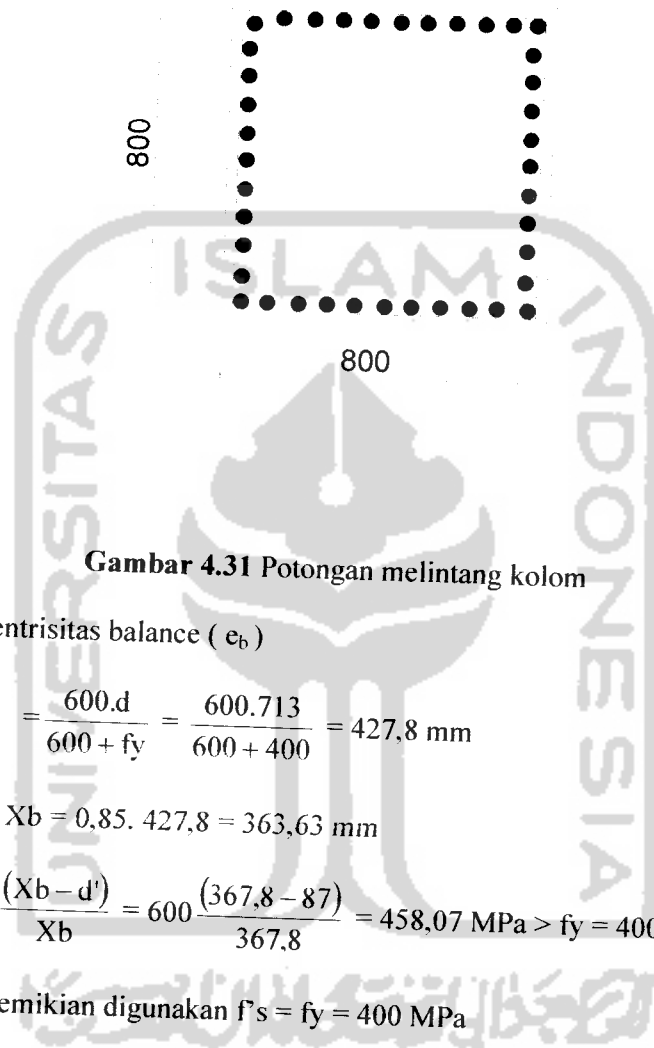
Gambar 4.30 Diagram Interaksi Mn - Pn kolom

Dari grafik $M_n = 532,02$ vs $P_n = 6739,9$ didapat 1%.Ag

$$A_{st} = 0,01 \cdot 800 \cdot 800 = 6400 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 0.5 \cdot A_{st} = 3200 \text{ mm}^2$$

dipakai 11D20 dengan $A_{s_{ada}} = A_{s'_{ada}} = 3454 \text{ mm}^2$



Gambar 4.31 Potongan melintang kolom

Cek eksentrisitas balance (e_b)

$$X_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 713}{600 + 400} = 427,8 \text{ mm}$$

$$C_b = \beta_1 \cdot X_b = 0,85 \cdot 427,8 = 363,63 \text{ mm}$$

$$f_s = 600 \frac{(X_b - d')}{X_b} = 600 \frac{(363,63 - 87)}{427,8} = 458,07 \text{ MPa} > f_y = 400 \text{ MPa}$$

Dengan demikian digunakan $f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$

$$C_{cb} = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot C_b = 0,85 \cdot 28 \cdot 800 \cdot 363,63 = 5955712 \text{ N}$$

$$C_{sb} = A_s' (f_s' - 0,85 \cdot f_c) = 3454 \cdot (400 - 0,85 \cdot 28) = 1299394,8 \text{ N}$$

$$T_{sb} = A_s \cdot f_y = 3454 \cdot 400 = 1381600 \text{ N}$$

$$P_{nb} = C_{cb} + C_{sb} - T_{sb} = 5955712 + 1299394,8 - 1381600$$

$$= 6714,945 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= C_{cb} \left[\frac{h}{2} - \frac{C_b}{2} \right] + C_{sb} \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_{sb} \left(d - \frac{h}{2} \right) \\ &= 5955712 \left[\frac{800}{2} - \frac{312,8}{2} \right] + 1299394,8 \left(\frac{800}{2} - 87 \right) \\ &\quad + 1381600 \left(713 - \frac{800}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 1450811443 + 406710572,4 + 432440800$$

$$= 2289 \text{ kNm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{2389}{6714,945} = 0,3558 \text{ m}$$

$$e = \frac{M_{ox}}{P_n} = \frac{973,67}{6714,945} = 0,145 \text{ m}$$

karena $e < e_b$ → kolom mengalami kegagalan atau patah desak

Kontrol tegangan pada daerah desak :

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{A_s' \cdot f_y}{e + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{3 \cdot \frac{h \cdot e}{d^2} + 1,18} \\ &= \frac{3454.400}{145 + 0,5} + \frac{400.800.28}{3 \cdot \frac{800 \cdot 145}{713^2} + 1,18} \\ &= 10825,6 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$P_n = 10825,6 \text{ KN} > \frac{P_u}{\phi} = 6739,9 \text{ KN} \dots \dots \dots \text{ Ok !}$$

4.7.4.3 Perencanaan Tulangan Geser Kolom

$$M_{u,k} \text{ atas} = 132,11 \text{ kNm}$$

$$M_{u,k} \text{ bwh} = 279,66 \text{ kN}$$

$$V_{D,k} = 56,16 \text{ kNm}$$

$$V_{L,k} = 9,78 \text{ kNm}$$

$$V_{E,k} = 33,8 \text{ kNm}$$

$$h_n = 3,2 \text{ m}$$

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,ky_{atas}} + M_{u,ky_{bawah}}}{h_n} = \frac{132,11 + 279,66}{3,2} = 128,68 \text{ KN}$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$\begin{aligned} V_{u,k} &= 1,05 (V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4}{k} (V_{E,k})) \\ &= 1,05 (56,16 + 9,78 + \frac{4}{1} \cdot (33,8)) \\ &= 211,97 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_{u,k} \text{ terpakai} = 128,68 \text{ KN}$$

$$\frac{V_{u,k}}{\phi} = \frac{128,68}{0,6} = 214,46 \text{ KN}$$

4.7.4.3.1 Di daerah sendi Plastis (Dengan jarak l_0)

$$d = 0,713 \text{ m}$$

Kekuatan beton pada daerah sendi Plastis dalam menahan gaya geser dianggap 0 ($V_c = 0$)

$$V_{u,k} \text{ terhitung} = \frac{hn - d}{hn} \cdot V_{u,k} \text{ terpakai}$$

$$= \frac{3,2 - 0,713}{3,2} \cdot 128,68$$

$$= 100,008 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V_{U, \text{terhitung}}}{\phi} = \frac{100,008}{0,6} = 166,68 \text{ kN}$$

Dipakai sengkang 3P12 dengan dengan $A_v = 226,195 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan geser \square P12 mm, maka :

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 = 226,195 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak (s)} < \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{226,195 \cdot 400 \cdot 713}{166,68 \cdot 10^3} = 387,03 \text{ mm}$$

$$< d/4 = 178,25 \text{ mm}$$

$$< 16 \cdot D = 192 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang 3P₁₂₋₁₇₀ mm

4.7.4.3.2 Di Luar Daerah Sendi Plastis

$$V_{u,k} \text{ terhitung} = 100,008 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{U, \text{terhitung}}}{\phi} = \frac{100,08}{0,6} = 166,68 \text{ kN}$$

$$N_{u,k} = 4380,94 \text{ KN}$$

$$V_c = \left(1 + \frac{N_{u,k}}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \left(1 + \frac{4380,94 \cdot 10^3}{14 \cdot 800 \cdot 800} \right) \cdot \frac{1}{6} \sqrt{28} \cdot 800 \cdot 713$$

$$= 748,53 \text{ KN} > \frac{V_{U, \text{terhitung}}}{\phi} = 166,68 \text{ KN},$$

Karena $V_c > \frac{V_{U, \text{terhitung}}}{\phi}$, maka digunakan tulangan geser

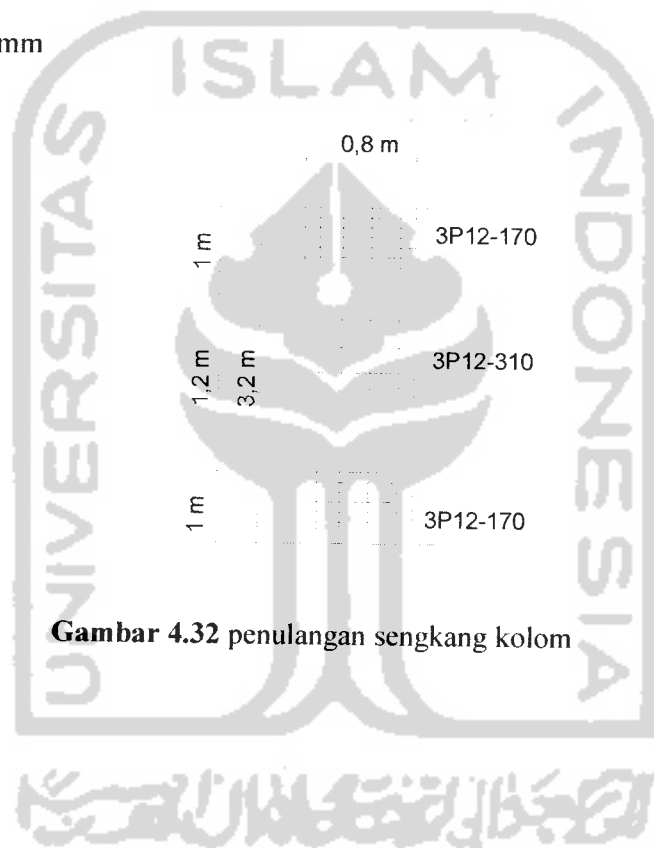
minimum dengan jarak :

$$\text{Jarak } (s) < d/2 = 315 \text{ mm}$$

Sehingga Digunakan sengkang 2P₁₂₋₃₁₀ mm

Syarat panjang l_0 tidak boleh kurang dari:

- h untuk $Nu,k < 0,3 \cdot Ag \cdot f'c$
- $1,5 h$ untuk $Nu,k > 0,3 \cdot Ag \cdot f'c$
- $1/6$ bentang bersih elemen struktur
- 450 mm



Gambar 4.32 penulangan sengkang kolom

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Pada gedung-gedung bertingkat, perilaku struktur akibat beban-beban yang bekerja padanya menyebabkan terjadinya distribusi gaya. Untuk mempersingkat proses perhitungan konstruksi gedung terkait, penyusun menganggap bahwa elemen-elemen struktur tertentu pada bangunan portal memiliki persamaan gaya sehingga cara penghitungannya juga dianggap sama untuk elemen tersebut.

Spesifikasi bahan yang digunakan adalah sebagai berikut untuk beton, dipakai mutu beton (f'_c) = 25 Mpa dan 28 Mpa, Untuk tulangan baja dengan diameter ≤ 12 mm dipakai mutu baja $f_y = 240$ Mpa. Sedang untuk tulangan baja dengan diameter ≥ 12 mm dipakai mutu baja $f_y = 400$ Mpa.

Penganalisan struktur untuk menghitung mekanika yang ada menggunakan fasilitas program SAP 2000. Dari program ini didapatkan nilai-nilai momen yang dibutuhkan kemudian dikalikan dengan faktor-faktor tertentu. Momen terfaktor tersebut akan digunakan dalam perencanaan elemen-elemen struktur pada bangunan gedung tersebut.

5.2 Atap

Perencanaan atap menggunakan pelat atap beton dan rangka baja. Pelat atap dengan panjang 56 m dan lebar 23,35 m. Tebal pelat atap 9,0 cm. Tulangan pokok yang dipakai \varnothing 10 mm. Mutu beton yang dipakai $f'_c=25$ MPa dan mutu baja (f_y) = 240 MPa. Di bagian tengah terdapat void dengan panjang 20 m dan lebar 8 m. Void ini di tutup fiberglass menggunakan rangka baja sebagai kuda-kuda. Analisis struktur ini menggunakan metode *Allowable Stress Design* (ASD) dari AISC, Profil yang digunakan adalah 2L 35x35x4; dengan diameter baut 1,27 cm. Dengan tebal plat sambung adalah 0,8 cm. Setiap pertemuan sambungan menggunakan 2 buah baut.

5.3 Pelat Lantai

Perencanaan tipe pelat berdasarkan pada perbandingan antara panjang sisi-sisinya dan dukungan pada pelat sehingga didapatkan tipe pelat dan arah yang ditumpu pada keempat sisinya. Perencanaan pelat semacam ini mengacu pada PBI 1971 tabel 13.32.

Tebal pelat lantai direncanakan 12 cm. Penentuan tebal pelat berdasarkan panjang bentang sesuai dengan SKSNI Tulangan pokok yang dipakai adalah \varnothing 10 mm. Mutu beton dan pelat lantai $f'_c = 25$ Mpa dengan mutu baja (f_y) = 240 Mpa.

5.4 Balok Anak

Balok anak merupakan struktur non portal yang yang direncanakan sebelum analisis portal. Perencanaan balok anak terdiri 13 (tigabelas) tipe yang didasarkan pada dimensi penampang dan panjang balok. Mutu beton dan pelat

lantai $f'c = 25$ Mpa dengan mutu baja (f_y) = 400 Mpa. Penulangan balok anak atap menggunakan tulangan pokok baja $\varnothing 16$ mm dengan tulangan geser $\varnothing 8$ mm. Sedangkan untuk balok anak lantai menggunakan tulangan pokok baja $\varnothing 20$ mm dan tulangan geser $\varnothing 10$ mm.

5.5 Balok Induk

Balok induk merupakan struktur portal dengan demikian perencanaannya berdasarkan analisis portal. Menurut perhitungannya seluruh balok induk dalam laporan Tugas Akhir ini menggunakan tulangan sebelah. Balok induk direncanakan dengan dua dimensi penampang, yaitu 400×700 mm². Spesifikasi bahan yang digunakan adalah : untuk mutu beton ($f'c$) = 28 MPa, dan mutu baja (f_y) = 400 MPa untuk tulangan baja ulir / *deform*. Tulangan pokok yang digunakan $\varnothing 22$ mm dengan tegangan geser $\varnothing 12$ mm.

5.6 Kolom

Kolom termasuk struktur portal dan direncanakan pada analisis portal. Penentuan lebar kolom direncanakan lebih lebar dari lebar balok induk agar mendapat kekakuan yang lebih tinggi. Pada Tugas Akhir ini, tidak semua kolom portal sama dimensinya. Dan tulangan pokok yang digunakan adalah bervariasi juga, yaitu digunakan tulangan dengan $\varnothing 20$ mm dan tulangan gesernya $\varnothing 12$ mm. Spesifikasi bahan yang digunakan adalah : untuk mutu beton ($f'c$) = 28 MPa, dan mutu baja (f_y) = 400 MPa untuk tulangan baja ulir / *deform*. Tulangan pokok yang digunakan $\varnothing 20$ mm dengan tulangan geser $\varnothing 12$ mm.

5.7 Tangga

Perencanaan tangga terdiri dari perencanaan pelat dan balok tangga, pelat dan balok bordes serta fondasi tangga. Tulangan yang digunakan untuk pelat bordes dan pelat tangga adalah $\varnothing 16$ mm dan tulangan bagi $\varnothing 8$ mm. Balok bordes menggunakan dimensi 250×450 mm² dengan tulangan pokok $\varnothing 16$ mm dan tulangan geser $\varnothing 8$ mm. Fondasi tangga menggunakan fondasi dangkal pasangan batu kali dengan dimensi $80 \times 112,5$ mm².

5.8 Fondasi

Fondasi direncanakan menggunakan fondasi telapak kolom tunggal (*stall*) disamping juga menggunakan dua buah fondasi gabungan. Jenis fondasi ini dipilih berdasarkan jenis tanah dilokasi serta kemudahan pengerjaan di lapangan. Menurut perhitungan, fondasi menggunakan dimensi yang seragam yakni 7800×7800 mm². tulangan pokok yang digunakan $\varnothing 28$ mm dan tulangan susut $\varnothing 13$ mm.

BAB VI

PENUTUP

Berkat rahmat Allah yang Maha Kuasa dan Maha Mulia, yang telah memberikan kekuatan pada saya, sehingga dapat mengerjakan Tugas Akhir ini.

Shalawat dan salam untuk paduka nabi Muhammad SAW. Semoga saya bisa istiqomah menjalankan tugas dengan sunnahnya dan Al-qur'an dalam keadaan apapun.

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan pada bab yang telah lalu, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- A. Struktur bangunan gedung dibagi menjadi dua bagian yakni struktur yang berada diatas permukaan tanah (*upper structure*) dan struktur dibawah permukaan tanah (*sub stucture*). *Upper structure* adalah elemen bangunan yang berada diatas permukaan tanah meliputi atap, pelat, kolom, dan balok. Sedang *sub structure* adalah elemen bangunan yang berada di bawah permukaan tanah yakni fondasi.

B. Perhitungan konstruksi yang dilakukan meliputi :

1. Perencanaan Atap

- perencanaan menggunakan pelat beton dan rangka baja. Pada Tugas Akhir ini, perencanaan atap menggunakan metode *Allowable Stress Design* (ASD) dari AISC. Rangka atap menggunakan tiga macam kuda-kuda baja profil jenis siku ganda yang digunakan adalah 2L35x35x4, dengan diameter baut $\frac{1}{2}$ "=1,27 cm. Dengan tebal plat sambung adalah 0,8 cm. Setiap pertemuan sambungan menggunakan 2 buah baut.

2. Perencanaan Pelat Lantai

Perencanaan pelat menggunakan metode koefisien momen dengan menganggap tumpuan jepit elastis, sehingga didapatkan koefisien momen dengan menganggap tumpuan jepit elastis maka didapatkan koefisien momen seperti pada tabel 13.32 PBI 1971. Pelat lantai terdiri dari 13 tipe dengan tulangan pokok \varnothing 10 mm dan tulangan bagi \varnothing 8 mm.

3. Perencanaan Balok Anak

Perencanaan balok anak terdiri dari BA1 dengan dimensi 350x550 mm² dengan menggunakan tulangan pokok \varnothing 20 mm dan sengkang \varnothing 10 mm. Balok anak BA2 300x550 mm², BA3 dengan dimensi 350x550 mm² menggunakan tulangan pokok \varnothing 22 mm dan sengkang \varnothing 10 mm. Balok anak BA4 dengan dimensi 250 x300 mm² menggunakan tulangan pokok \varnothing 20 mm dan sengkang

Ø 10 mm, BA5 dengan dimensi 250x450 mm², BA6 dan BA10 dengan dimensi 200x300 mm², BA7 dengan dimensi 250x450 mm², BA8 dengan dimensi 200x250 mm², BA9 dengan dimensi 250x500 mm², BA11 dengan dimensi 300x600 mm², BA12 dengan dimensi, BA12 dan BA13 dengan dimensi 300x550 mm² menggunakan tulangan pokok Ø 22 mm dan sengkang Ø 10 mm.

4. Perencanaan Balok dan Kolom Portal

Perencanaan portal dengan daktilitas penuh yang meliputi kolom dan balok berdasarkan SK-SNI-T-15-1991-03. pada perencanaan kolom dan balok portal sebelumnya dengan tipe yang sama, kolom portal dengan dimensi 700x700 mm, tulangan pokok Ø 20 mm. dan tulangan geser Ø 12 mm. Balok portal menggunakan tulangan pokok Ø 20 mm. dan tulangan geser Ø 12 mm.

Sedangkan pada Tugas Akhir ini, perencanaan kolom portal menggunakan tulangan rangkap dengan dimensi 800x800 mm², tulangan pokok Ø 20 mm. dan tulangan geser Ø 12 mm. Balok portal menggunakan tulangan pokok Ø 22 mm. dan tulangan geser Ø 12 mm.

5.

6. Perencanaan Tangga

Pada perencanaan tangga digunakan bordes yang berfungsi sebagai tempat berhenti sejenak pengguna tangga untuk istirahat, juga untuk efisiensi kebutuhan ruang tangga, sehingga tidak boros tempat. Balok Bordes 250x450 mm dengan tulangan pokok \varnothing 20 mm dan tulangan geser \varnothing 12 mm. Pelat bordes dan pelat tangga dengan tulangan pokok \varnothing 16 mm dan tulangan bagi \varnothing 8 mm.

7. Perencanaan Fondasi

- Pada perencanaan sebelumnya fondasi menggunakan fondasi menerus (*continuous*) dengan tulangan pokok D16 mm dan tulangan susut P13-200 mm.
- Pada Tugas Akhir ini, perencanaan fondasi diubah dengan telapak setempat dan gabungan. Dari perhitungan didapatkan dimensi penampang fondasi 7800x7800 mm, dengan tulangan pokok D28 mm dan tulangan susut P13-80 mm.

6.2. SARAN

Dengan pertimbangan hal-hal diatas, maka dapat diberikan saran untuk perencanaan tersebut antara lain :

- A. Perlu adanya perhitungan RAB dari perencanaan ulang ini, sehingga penghematan dari sisi biaya dan waktu dibanding perencanaan sebelumnya bisa diketahui dengan jelas.
- B. Perlu adanya redesain dengan spesifikasi atau pula modifikasi lain dari terkait elemen struktur, sehingga dapat dipilih efektifitas dan efisiensi dari model lain.
- C. Perlu adanya perhitungan dengan program analisis struktur lain, sehingga tingkat ketelitian dalam perhitungan struktur bisa diperbandingkan.



DAFTAR PUSTAKA

1. **SK SNI T-15-1991-03**, Departemen Pekerjaan Umum, Penerbit Yayasan LPMB, Bandung.
2. **Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971**, DPU, Penerbit Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
3. **Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987**, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
4. **Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987**, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
5. **Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia 1984**, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
6. Istimawan Dipohusodo, 1994, **Struktur Beton Bertulang**, Penerbit PT. Gramedia, Jakarta.
7. L. Wahyudi dan Syahril A. Rahman, 1997, **Struktur Beton Bertulang**, Penerbit PT. Gramedia, Jakarta.
8. Ir. H.A. Kadir Aboe, MS, 2000, **Struktur Beton-I**, Penerbit FTSP UII, Yogyakarta.
9. W.C.Vis, Gideon Kusuma, 1997, **Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang**, Erlangga, Jakarta.
10. Sudarmoko, Ir. M.Sc., 1996, **Perencanaan dan Analisis Balok Beton Bertulang**, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
11. Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon, 1987, **Disain Beton Bertulang**, Alih Bahasa: Ir. Binsar H.M.Eng.Ph.D, ITB, Erlangga, Jakarta.
12. Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D., 2003, **Struktur Beton II**, CEEDEDS, UII, Yogyakarta.
13. Daniel L. Schodek, 1995, **Struktur**, Penerbit PT. ERESKO, Bandung.