

## **TUGAS AKHIR**

### **PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG DENGAN DAKTILITAS PENUH DAN TERBATAS PADA KAMPUS TERPADU UNIT VII BLOK-A UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA**



Disusun oleh :

Nama : Harry Ramadhian  
No. Mhs : 94 310 114

Nama : Akhmad Shubhan  
No. Mhs : 94 310 285

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2002**

## **TUGAS AKHIR**

### **PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG DENGAN DAKTILITAS PENUH DAN TERBATAS PADA KAMPUS TERPADU UNIT VII BLOK-A UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil di Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta**

Oleh:

Nama : Harry Ramadhian  
No. Mhs : 94 310 114

Nama : Akhmad Shubhan  
No. Mhs : 94 310 285

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2002**

## TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG DENGAN DAKTILITAS PENUH DAN TERBATAS PADA KAMPUS TERPADU UNIT VII BLOK-A UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Disusun oleh :

Nama : Harry Ramadhian  
No. Mhs : 94 310 114

Nama : Akhmad Shubhan  
No. Mhs : 94 310 285

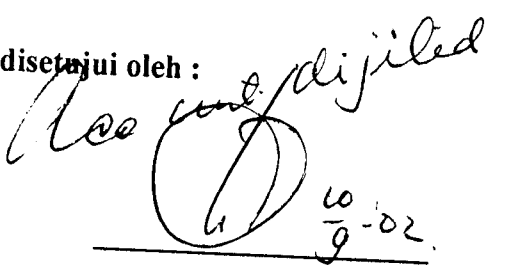
Telah diperiksa dan disetujui oleh :


Ir. H. M. Samsudin, MT

Dosen pembimbing I

Ir. Fatkhurrohman N, MT

Dosen pembimbing II

*Lee and dijiled*  
  
Tanggal :

  
Tanggal : 10/09-2002

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahuwata'ala atas Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **Perencanaan Struktur Gedung dengan Daktilitas Penuh dan Terbatas Pada Kampus Terpadu Unit VII Blok-A Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.**

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program sarjana (S<sub>1</sub>) dalam bidang Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini membutuhkan waktu yang tidak sedikit, banyak hambatan yang penulis dapatkan, dan Alhamdulillah dengan adanya saran, kritik, dorongan semangat dari rekan-rekan mahasiswa, bimbingan dosen beserta staf pengajar, sarana dan prasarana dari kampus yang bagi penulis sangat berharga, sehingga hambatan tersebut dapat dicari penyelesaiannya. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Yth. Ir. H. M. Samsudin, MT, selaku Dosen Pembimbing I.
2. Yth. Ir. Fatkhurrohman, MS, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
3. Yth. Ir. H. Kasam, MT, selaku dosen Tamu/Penguji.
4. Yth. Ir. H. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

5. Yth. Ir.H. Munadir, MT, selaku ketua Jurusan Teknik Sipil.
6. Yth. Bapak dan Ibu Staf Bagian Pengajaran Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yang telah memberikan kelancaran dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
7. Yth. Bapak dan Ibu serta Kakak dan Adik dan dukungannya selama penulis kuliah dan penyusunan Tugas Akhir.

Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membutuhkan, mudah-mudahan Allah SWT membalas semua amal baik kita, Amin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, April 2002

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xx
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxv
<b>ABSTRAKSI</b> .....	xxvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Lokasi Proyek .....	2
1.3 Data Teknis .....	3
1.4 Permasalahan .....	3
1.5 Tujuan .....	3
1.6 Manfaat .....	3
1.7 Batasan Perencanaan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	6
3.1 Perencanaan Rangka Atap .....	6
3.1.1 Perencanaan Gording .....	6

3.1.1.a	Pembebanan Gording	6
3.1.1.b	Perhitungan Momen Rencana	7
3.1.1.c	Pendimensian Gording	7
3.1.1.d	Kontrol Lendutan	7
3.1.2	Perencanaan Rangka Kuda-Kuda	8
3.1.2.a	Pembebanan Kuda-Kuda	8
3.1.2.b	Pendimensian Rangka Kuda-Kuda	8
3.2.	Perencanaan Pelat Lantai	16
3.2.1	Pembebanan Pelat Lantai	16
3.2.2	Gaya-Gaya yang Bekerja	17
3.2.3	Penulangan Pelat Lantai	18
3.3	Redistribusi Momen	20
3.4	Pengenalan Konsep Daktilitas	21
3.5	Tingkat Daktilitas	23
3.6	Gaya Geser Dasar	23
3.7	Dasar Perencanaan	25
3.8	Perencanaan Struktur Rangka	27
3.8.1	Perencanaan Struktur Rangka dengan Daktilitas Penuh	27
3.8.1.a	Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Lentur	27
3.8.1.b	Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Geser	29
3.8.1.c	Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Lentur dan Aksial	33
3.8.1.d	Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Geser	39

3.8.1.e Perencanaan Panel Pertemuan Blok Kolom .....	41
3.8.2 Perencanaan Struktur Rangka dengan Daktilitas Terbatas .....	45
3.8.2.a Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Lentur .....	45
3.8.2.b Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Geser .....	45
3.8.2.c Perencanaan Kolom Terhadap Beban Lentur dan Aksial .....	45
3.8.2.d Perencanaan Kolom Terhadap Beban Geser .....	46
<b>BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR .....</b>	<b>47</b>
4.1 Perencanaan Gording (untuk kuda-kuda KA <sub>1</sub> , KA <sub>2</sub> , KA <sub>3</sub> , KA <sub>4</sub> ) .....	47
4.1.1 Pembebanan Gording .....	47
4.1.2 Pendimensian Gording .....	49
4.2 Perencanaan Rangka Kuda-Kuda .....	51
4.2.1 Perencanaan Beban Kuda-Kuda KA <sub>1</sub> .....	51
4.2.2 Perencanaan Beban Kuda-Kuda KA <sub>2</sub> .....	54
4.2.3 Perencanaan Beban Kuda-Kuda KA <sub>3</sub> .....	58
4.2.4 Perencanaan Beban Kuda-Kuda KA <sub>4</sub> .....	64
4.3 Pendimensian Rangka Kuda-Kuda .....	70
4.3.1 Dimensi Rangka Kuda-Kuda KA <sub>1</sub> .....	70
4.4 Perencanaan Pelat Lantai .....	90
4.4.1 Lantai Ruang Kuliah (pelat 10) .....	90
4.5 Perencanaan Balok Anak .....	96
4.5.1 Pembebanan Balok Anak .....	96
4.5.2 Dimensi Balok Anak .....	98
4.6.1 Perencanaan Penulangan Portal As 9 dan As 10 .....	110



4.6.2 Penulangan Kolom Akibat Beban Lentur dan Aksial .....	116
4.6.3 Pertemuan Balok Kolom .....	125
4.7 Perencanaan Penulangan Portal As 9 dan As 10	
Daktilitas Terbatas( $K=2$ ) .....	134
4.8 Pembebanan Portal As 6 dan As 7 .....	144
4.9 Pembebanan Portal As A-D .....	162
<b>BAB V PEMBAHASAN</b> .....	214
5.1 Desain Lentur Balok .....	214
5.2 Desain Geser Balok .....	217
5.3 Desain Lentur Kolom .....	217
5.4 Desain Geser Kolom .....	218
5.5 Pertemuan Balok Kolom .....	219
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	221
6.1 Kesimpulan .....	221
6.2 Saran .....	222
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	223
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR NOTASI

- $a$  = tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen
- $a_b$  = tinggi blok tekan ekuivalen pada kondisi seimbang
- $A_e$  = luas penampang efektif
- $A_g$  = luas penampang ganda
- $A_{gt}$  = luasan bruto daerah yang mengalami gaya tarik
- $A_{gv}$  = luasan bruto daerah yang mengalami gaya geser
- $A_i$  = luas satu penampang
- $A_n$  = luas penampang netto
- $A_{ns}$  = luas bidang geser penampang
- $A_{nt}$  = luasan netto daerah yang mengalami gaya tarik
- $A_{nv}$  = luasan netto daerah yang mengalami gaya geser
- $A_s$  = luas total baja tulangan
- $A_{st}$  = luas baja tulangan
- $A_{sc}'$  = luas tulangan longitudinal tekan
- $A_{sc}$  = luas tulangan longitudinal tarik
- $A_v$  = luas penampang tulangan geser total
- $b$  = lebar penampang
- $b_j$  = lebar efektif join
- $b_w$  = lebar balok

$c$  = koefisien angin, untuk  $\alpha < 65^\circ$   
 $C$  = koefisien gempa dasar  
 $c_b$  = jarak serat tekan terluar ke garis netral pada kondisi seimbang  
 $C_c$  = gaya tekan beton  
 $C_{cb}$  = gaya tekan beton pada kondisi seimbang  
 $C_s$  = gaya tekan baja  
 $C_{sb}$  = gaya tekan baja pada kondisi seimbang  
 $D$  = beban mati  
 $d_x$  = tinggi efektif balok arah sumbu x  
 $d_y$  = tinggi efektif balok arah sumbu y  
 $E$  = beban gempa  
 $e_b$  = eksentrisitas gaya pada kondisi seimbang  
 $e_x$  = eksentrisitas penampang  
 $e'$  = eksentrisitas gaya terhadap titik berat tulangan tarik  
 $f_{ct}$  = tegangan akibat tekuk lentur torsi  
 $f_{crx}$  = tegangan kritis untuk tekuk lentur terhadap sumbu x  
 $f_{cry}$  = tegangan kritis untuk tekuk lentur terhadap sumbu y  
 $f_s$  = kuat tarik baja tulangan  
 $f_s'$  = kuat tekan baja tulangan  
 $f_u$  = kuat ijin baut  
 $f_y$  = kuat leleh tulangan lentur balok.  
 $G$  = modulus geser  
 $h$  = tinggi balok  
 $H$  = sebuah rasio yang nilainya didapat dari persamaan 3.23g  
 $h_c$  = tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau  
 $h'_k$  = tinggi bersih kolom  
 $i$  = jari-jari girasi penampang

- $i_x$  = jari-jari penampang ganda sumbu x  
 $i_y$  = jari-jari penampang ganda sumbu y  
 $I$  = faktor keutamaan struktur = 1,5 (bangunan sekolah)  
 $I_x$  = inersia penampang ganda sumbu x untuk profil ganda  
 $I_y$  = inersia penampang ganda sumbu y untuk profil ganda  
 $I_{xv}$  = inersia penampang ganda sumbu x untuk satu profil  
 $I_{yv}$  = inersia penampang ganda sumbu y untuk satu profil  
 $J$  = konstanta puntir torsi  
 $k$  = faktor panjang tekuk  
 $K$  = faktor jenis struktur ( $K > 1$  untuk daktilitas penuh dan  $K = 2$  untuk daktilitas terbatas)  
 $l_b$  = bentang balok dari pusat ke pusat kolom  
 $l_D$  = jarak antara sumbu lubang pada arah sejajar sumbu komponen struktur  
 $l_x$  = panjang pelat arah sumbu x  
 $l_y$  = panjang pelat arah sumbu y  
 $L$  = beban hidup  
 $L_1$  = panjang bentang yang dibatasi oleh dua penghubung  
 $L_R$  = beban hidup yang telah direduksi  
 $l_u$  = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang  
 $L_x$  = panjang bentang arah sumbu x  
 $L_y$  = panjang bentang arah sumbu y  
 $M_{D,b}$  = momen lentur balok portal akibat beban mati tak berfaktor  
 $M_{L,b}$  = momen lentur balok portal akibat beban hidup tak berfaktor dengan memperhitungkan reduksinya sehubungan dengan peluang terjadinya pada lantai tingkat yang ditinjau, sesuai dengan "Tata Cara Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987",  
 $M_{E,b}$  = momen lentur balok portal akibat beban gempa tak berfaktor.

- $M_{kap.b}$  = kapasitas lentur aktual balok pada pusat pertemuan balok kolom dengan memperhitungkan luas tulangan tarik terpasang.
- $M'_{kap.b}$  = kapasitas lentur aktual balok pada pusat pertemuan balok kolom dengan memperhitungkan luas tulangan tekan terpasang.
- $M_{nak.b}$  = kuat lentur nominal balok berdasarkan luas tulangan tarik terpasang.
- $M'_{nak.b}$  = kuat lentur nominal balok berdasarkan luas tulangan tekan
- $M_{lx}$  = momen lapangan arah sumbu x
- $M_{ly}$  = momen lapangan arah sumbu y
- $M_{tx}$  = momen tumpuan arah sumbu x
- $M_{ty}$  = momen tumpuan arah sumbu y
- $M_{kap}$  = momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada salah satu ujung balok atau bidang muka kolom
- $M'_{kap}$  = momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada ujung balok atau bidang muka kolom yang lain.
- $M_u$  = momen lentur rencana yang diperhitungkan pada arah sumbu x dan arah sumbu y, yang nilainya diambil dari kombinasi pembebanan yang terbesar
- $m$  = konstanta dari modifikasi penampang tersusun
- $M_{u.katas}$  = momen rencana kolom pada ujung atas dihitung pada muka balok
- $M_{u.k.bawah}$  = momen rencana kolom pada ujung bawah dihitung pada muka balok
- $M_{kap,k.bawah}$  = kapasitas lentur ujung dasar kolom lantai =  $\phi_0 M_{nak,k}$  bawah
- $M_{nak,k.bawah}$  = kuat lentur nominal aktual ujung dasar kolom lantai dasar (berdasarkan luas tulangan aktual yang terpasang)
- $M_{kap,ki}$  = momen kapasitas lentur balok di sebelah kiri bidang muka kolom
- $M_{kap,ka}$  = momen kapasitas lentur balok di sebelah kanan bidang muka kolom
- $M_{D.k}$  = momen pada kolom akibat beban mati

$M_{L.k}$	= momen pada kolom akibat beban hidup
$M_{E.k}$	= momen pada kolom akibat beban gempa
$M_{1b}, M_{2b}$	= momen-momen ujung berfaktor, $M_{1b} > M_{2b}$
$M_{n.b}$	= kuat momen nominal pada kondisi seimbang
$M_{D.k}$	= momen kolom akibat beban mati takterfaktor
$M_{L.k}$	= momen kolom akibat beban hidup takterfaktor
$M_{E.k}$	= momen kolom akibat beban gempa takterfaktor
$n$	= jumlah lubang dalam garis potongan penampang
$N_u$	= kuat nominal penampang komponen struktur
$N_u$	= gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor
$N_{g.k}$	= gaya aksial kolom akibat beban gravitasi
$N_{E.k}$	= gaya aksial kolom akibat beban gempa
$N_{D.k}$	= gaya aksial kolom akibat beban mati takterfaktor
$N_{L.k}$	= gaya aksial kolom akibat beban hidup takterfaktor
$N_{E.k}$	= gaya aksial kolom akibat beban gempa takterfaktor
$P_b$	= tebal selimut balok
$P_{nb}$	= kuat beban aksial nominal pada kondisi seimbang
$P_o$	= kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol
$P_{cs}$	= gaya permanen dalam baja prategang yang terletak di sepertiga bagian tengah tinggi kolom.
$r_o$	= jari-jari girasi polar terhadap pusat geser
$R_n$	= koefisien tahanan
$r$	= jari-jari putaran komponen struktur tekan
$s$	= jarak pusat kepusat batang tulangan geser kearah sejajar tulangan pokok memanjang
$S$	= modulus penampang elastis

- $t$  = tebal penampang  
 $T$  = gaya tarik baja  
 $t_p$  = faktor pembesaran diameter lubang  
 $T_{sb}$  = gaya tarik baja pada kondisi seimbang  
 $U$  = kuat perlu  
 $V_c$  = kuat geser nominal beton  
 $V_s$  = kuat geser nominal yang dapat disediakan oleh sengkang  
 $V_{D,b}$  = gaya geser balok akibat beban mati  
 $V_{L,b}$  = gaya geser balok akibat beban hidup  
 $V_{E,b}$  = gaya geser balok akibat beban gempa  
 $V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang yang ditinjau  
 $V_n$  = kuat geser nominal  
 $V_b$  = gaya gempa dasar  
 $V_{D,k}$  = gaya geser kolom akibat beban mati takterfaktor  
 $V_{L,k}$  = gaya geser kolom akibat beban hidup takterfaktor  
 $V_{E,k}$  = gaya geser kolom akibat beban gempa takterfaktor  
 $V_{D,b}$  = gaya geser balok akibat beban mati takterfaktor  
 $V_{L,b}$  = gaya geser balok akibat beban hidup takterfaktor  
 $V_{E,b}$  = gaya geser balok akibat beban gempa takterfaktor  
 $W_t$  = berat kombinasi beban mati dan beban hidup yang direduksi  
 $W_u$  = beban rencana yang dihitung pada arah sumbu x ( $W_{ux}$ ) dan sumbu y ( $W_{uy}$ ),  
pada tiap jenis pembebanan  
 $W$  = beban angin  
 $\bar{x}$  = eksentrisitas sambungan, antara titik berat komponen yang disambung  
dengan bidang sambung  
 $x_o$  = koordinat pusat geser terhadap titik berat sumbu y

- $x$  = konstanta dari perbandingan antara  $l_y$  dan  $l_x$  untuk masing-masing jenis momen
- $y_o$  = koordinat pusat geser terhadap titik berat sumbu x
- $\alpha$  = sudut kemiringan atap
- $\alpha_k$  = faktor distribusi momen kolom portal yang ditinjau sesuai dengan kekakuan relatif kolom atas dan kolom bawah
- $\beta_1$  = faktor reduksi kekuatan
- $\gamma_{beton}$  = berat jenis beton
- $\gamma_{pasir}$  = berat jenis pasir
- $\gamma_{semen}$  = berat jenis semen
- $\gamma_{tegel}$  = berat jenis tegel
- $\delta_x$  = lendutan yang terjadi tegak lurus sumbu x
- $\delta_y$  = lendutan yang terjadi tegak lurus sumbu y
- $\rho_{min}$  = rasio penulangan minimum
- $\rho_b$  = rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan seimbang
- $\phi$  = faktor reduksi
- $\phi N_{mx}$  = kuat tekan nominal dikali faktor reduksi arah sumbu x
- $\phi N_{my}$  = kuat tekan nominal dikali faktor reduksi arah sumbu y
- $\phi_p$  = diameter tulangan
- $\phi_b$  = faktor reduksi kekuatan untuk komponen struktur lentur = 0,90
- $\phi_o$  = faktor penambahan kekuatan yang ditetapkan sebesar 1,25 untuk  $f_y < 400$  MPa dan 1,4 untuk  $f_y > 400$  Mpa.
- $\lambda_1$  = faktor kestabilan elemen batang
- $\lambda_f$  = faktor kelangsingan sayap
- $\lambda_r$  = batas maksimum untuk penampang tak kompak
- $\omega$  = koefisien tekuk



$\omega_d$  = faktor pembesar dinamis yang memperhitungkan pengaruh terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan, diambil =1,3

$\omega_x$  = koefisien tekuk yang ditentukan dengan mengambil panjang tekuk  $L_{kx}$  sama dengan 0,7 kali panjang skematisnya dan jari-jari girasinya  $i_x$

$\varepsilon_c'$  = regangan beton

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Peta Lokasi Proyek .....	2
<b>Gambar 3.1</b> Asumsi momen lapangan dan tumpuan arah sumbu x dan sumbu y untuk pelat dua arah .....	17
<b>Gambar 3.2</b> Asumsi respon dari struktur elastik dan elastoplastik (a) Respon dengan defleksi sama, (b) Respon dengan energi potensial sama .....	22
<b>Gambar 3.3</b> Koefisien Gempa Dasar (C) .....	24
<b>Gambar 3.4</b> Pembebanan Gempa menurut PPKGURDG 1987 .....	24
<b>Gambar 3.5</b> Analisis Balok Bertulangan Rangkap .....	28
<b>Gambar 3.6</b> Balok Portal dengan Sendi Plastis pada Kedua Ujungnya .....	32
<b>Gambar 3.7</b> Pertemuan Balok Kolom dengan Sendi Plastis pada Ujung Balok di sebelah Kiri dan Kanan .....	34
<b>Gambar 3.8</b> Kolom Lantai Dasar dan Kolom Lantai Atas dengan $M_{u,k}$ yang ditetapkan berdasarkan Kapasitas Sendi Plastis Balok .....	40
<b>Gambar 3.9</b> Panel Pertemuan balok dan kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok .....	41
<b>Gambar 4.1</b> Arah Pembebanan Gording .....	47
<b>Gambar 4.2</b> Kuda-Kuda baja $KA_1$ .....	51
<b>Gambar 4.3</b> Beban Angin Kiri pada Kuda-Kuda baja $KA_1$ .....	52

<b>Gambar 4.4</b> Beban Angin Kanan pada Kuda-Kuda baja KA <sub>1</sub> .....	53
<b>Gambar 4.5</b> Kuda-Kuda KA <sub>2</sub> .....	54
<b>Gambar 4.6</b> Kuda-Kuda KA <sub>3</sub> .....	58
<b>Gambar 4.7</b> Kuda-Kuda KA <sub>4</sub> .....	64
<b>Gambar 4.8</b> Batang Tarik Ganda .....	73
<b>Gambar 4.9.a</b> Pembebanan Mati Portal As 9 dan As 10 .....	102
<b>Gambar 4.9.b</b> Pembebanan Hidup Portal As 9 dan As 10 .....	103
<b>Gambar 4.9.c</b> Pembebanan Gempa Kanan Portal As 9 dan As 10 .....	104
<b>Gambar 4.9.d</b> Pembebanan Gempa Kiri Portal As 9 dan As 10 .....	105
<b>Gambar 4.10</b> Anggapan penampang balok tulangan tekan terpasang .....	113
<b>Gambar 4.11</b> Join balok kolom luar .....	125
<b>Gambar 4.12.a</b> Pembebanan Mati Portal As 6 .....	144
<b>Gambar 4.12.b</b> Pembebanan Hidup Portal As 6 .....	145
<b>Gambar 4.12.c</b> Pembebanan Gempa Kanan Portal As 6 .....	146
<b>Gambar 4.12.d</b> Pembebanan Gempa Kiri Portal As 6 .....	147
<b>Gambar 4.13.a</b> Pembebanan Mati Portal As A .....	162
<b>Gambar 4.13.b</b> Pembebanan Hidup Portal As A .....	163
<b>Gambar 4.13.c</b> Pembebanan Gempa Kanan Portal As A .....	164
<b>Gambar 4.13.d</b> Pembebanan Gempa Kiri Portal As A .....	165

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Ketentuan faktor reduksi .....	26
<b>Tabel 4.1</b> Pembebanan dan momen sumbu x dan sumbu y .....	48
<b>Tabel 4.2</b> Kombinasi pembebanan LRFD .....	49
<b>Tabel 4.3.a</b> Perencanaan Batang Tarik Kuda-Kuda $KA_1$ .....	76
<b>Tabel 4.3.b</b> Perencanaan Batang Tekan Kuda-Kuda $KA_1$ .....	78
<b>Tabel 4.4.a</b> Perencanaan Batang Tarik Kuda-Kuda $KA_2$ .....	80
<b>Tabel 4.4.b</b> Perencanaan Batang Tekan Kuda-Kuda $KA_2$ .....	81
<b>Tabel 4.5.a</b> Perencanaan Batang Tarik Kuda-Kuda $KA_3$ .....	82
<b>Tabel 4.5.b</b> Perencanaan Batang Tekan Kuda-Kuda $KA_3$ .....	84
<b>Tabel 4.6.a</b> Perencanaan Batang Tarik Kuda-Kuda $KA_4$ .....	86
<b>Tabel 4.6.b</b> Perencanaan Batang Tekan Kuda-Kuda $KA_4$ .....	88
<b>Tabel 4.7</b> Penulangan Pelat .....	94
<b>Tabel 4.8</b> Reaksi akibat beban rencana (SAP90) .....	97
<b>Tabel 4.9</b> Interaksi Pn-Mn (Kolom 450/700) .....	121
<b>Tabel 4.10.a</b> Momen Rencana Balok Portal As 9 (K=1) .....	127
<b>Tabel 4.10.b</b> Gaya Geser Rencana Balok Portal As 9 (K=1) .....	130
<b>Tabel 4.10.c</b> Momen Rencana Kolom Portal As 9 (K=1) .....	132
<b>Tabel 4.10.d</b> Gaya Geser Rencana Kolom Portal As 9 (K=1) .....	133
<b>Tabel 4.11.a</b> Momen Rencana Balok Portal As 9 (K=2) .....	139
<b>Tabel 4.11.b</b> Gaya Geser Rencana Balok Portal As 9 (K=2) .....	141
<b>Tabel 4.11.c</b> Momen Rencana Kolom Portal As 9 (K=2) .....	142

<b>Tabel 4.11.d</b> Gaya Geser Rencana Kolom Portal As 9 (K=2) .....	143
<b>Tabel 4.12.a</b> Momen Rencana Balok Portal As 6 (K=1) .....	151
<b>Tabel 4.12.b</b> Gaya Geser Rencana Balok Portal As 6 (K=1) .....	152
<b>Tabel 4.12.c</b> Momen Rencana Kolom Portal As 6 (K=1) .....	154
<b>Tabel 4.12.d</b> Gaya Geser Rencana Kolom Portal As 6 (K=1) .....	155
<b>Tabel 4.13.a</b> Momen Rencana Balok Portal As 6 (K=2) .....	156
<b>Tabel 4.13.b</b> Gaya Geser Rencana Balok Portal As 6 (K=2) .....	158
<b>Tabel 4.13.c</b> Momen Rencana Kolom Portal As 6 (K=2) .....	160
<b>Tabel 4.13.d</b> Gaya Geser Rencana Kolom Portal As 6 (K=2) .....	161
<b>Tabel 4.14.a</b> Momen Rencana Balok Portal As A-D (K=1) .....	170
<b>Tabel 4.14.b</b> Gaya Geser Rencana Balok Portal As A-D (K=1) .....	174
<b>Tabel 4.14.c</b> Momen Rencana Kolom Portal As A-D (K=1) .....	178
<b>Tabel 4.14.d</b> Gaya Geser Rencana Kolom Portal As A-D (K=1) .....	181
<b>Tabel 4.15.a</b> Momen Rencana Balok Portal As A-D (K=2) .....	184
<b>Tabel 4.15.b</b> Gaya Geser Rencana Balok Portal As A-D (K=2) .....	188
<b>Tabel 4.15.c</b> Momen Rencana Kolom Portal As A-D (K=2) .....	192
<b>Tabel 4.15.d</b> Gaya Geser Rencana Kolom Portal As A-D (K=2) .....	195
<b>Tabel 4.16.a</b> Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Balok 400/800 Portal As 9 (K=1) .....	198
<b>Tabel 4.16.b</b> Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Balok 400/800 Portal As 9 (K=2) .....	198
<b>Tabel 4.17.a</b> Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Kolom 450/700 Portal As 9 (K=1) .....	199

<b>Tabel 4.17.b</b> Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Kolom 450/700 Portal	
As 9 (K=2) .....	199
<b>Tabel 4.18.a</b> Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Balok 400/800 Portal	
As 6 (K=1) .....	200
<b>Tabel 4.18.b</b> Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Balok 400/800 Portal	
As 6 (K=2) .....	200
<b>Tabel 4.19.a</b> Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Kolom 450/700 Portal	
As 6 (K=1) .....	201
<b>Tabel 4.19.b</b> Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Kolom 450/700 Portal	
As 6 (K=2) .....	201
<b>Tabel 4.20.a</b> Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Balok 400/800 Portal	
As A-D (K=1) .....	202
<b>Tabel 4.20.b</b> Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Balok 400/800 Portal	
As A-D (K=2) .....	202
<b>Tabel 4.21.a</b> Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Kolom 450/700 Portal	
As A-D (K=1) .....	203
<b>Tabel 4.21.b</b> Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Kolom 450/700 Portal	
As A-D (K=2) .....	203
<b>Tabel 4.22.a</b> Perbandingan Berat Tulangan Lentur Balok 400/800	
Portal As 9 .....	204
<b>Tabel 4.22.b</b> Perbandingan Berat Tulangan Lentur Balok 400/800	
Portal As 6 .....	204
<b>Tabel 4.22.c</b> Perbandingan Berat Tulangan Lentur Balok 400/800	

Portal As A .....	204
<b>Tabel 4.23.a</b> Perbandingan Berat Tulangan Lentur Kolom 450/700	
Portal As 9 .....	205
<b>Tabel 4.23.b</b> Perbandingan Berat Tulangan Lentur Kolom 450/700	
Portal As 6 .....	205
<b>Tabel 4.23.c</b> Perbandingan Berat Tulangan Lentur Kolom 450/700	
Portal As A .....	205
<b>Tabel 4.24.a</b> Perbandingan Berat Tulangan Geser Balok 400/800	
Portal As 9 .....	206
<b>Tabel 4.24.b</b> Perbandingan Berat Tulangan Geser Balok 400/800	
Portal As 6 .....	206
<b>Tabel 4.24.c</b> Perbandingan Berat Tulangan Geser Balok 400/800	
Portal As A .....	206
<b>Tabel 4.25.a</b> Perbandingan Berat Tulangan Geser Kolom 450/700	
Portal As 9 .....	207
<b>Tabel 4.25.b</b> Perbandingan Berat Tulangan Geser Kolom 450/700	
Portal As 6 .....	207
<b>Tabel 4.25.c</b> Perbandingan Berat Tulangan Geser Kolom 450/700	
Portal As A .....	207
<b>Tabel 5.1</b> Momen Balok Teredistribusi Portal As 9 dengan	
Daktilitas Penuh .....	214
<b>Tabel 5.2</b> Momen Balok Teredistribusi Portal As 9 dengan	
Daktilitas Terbatas .....	214

<b>Tabel 5.3</b> Momen Balok Teredistribusi Portal As 6 dengan	
Daktilitas Penuh .....	215
<b>Tabel 5.4</b> Momen Balok Teredistribusi Portal As 6 dengan	
Daktilitas Terbatas .....	215
<b>Tabel 5.5</b> Momen Balok Teredistribusi Portal As A dengan	
Daktilitas Penuh .....	215
<b>Tabel 5.6</b> Momen Balok Teredistribusi Portal As A dengan	
Daktilitas Terbatas .....	215



## DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran 1** Lembar Konsultasi

**Lampiran 3** Data Input SAP90

**Lampiran 9** Gambar Denah Blok-A

**Lampiran 10** Gambar Denah Atap Blok-A

**Lampiran 12** Gambar Denah Balok Blok-A

**Lampiran 13** Gambar Denah Kolom Blok-A

**Lampiran 14** Gambar Tampang Lentur dan Geser Terpasang Balok 400/800

**Lampiran 20** Gambar Penulangan Lentur dan Geser Terpasang Kolom 450/700

## ABSTRAKSI

Perencanaan gedung bertingkat yang pernah direncanakan masih terbatas pada bangunan dua lantai dan menggunakan beton bertulang biasa. Padahal perencanaan gedung bertingkat lebih dari dua lantai memerlukan pemahaman mengenai tingkat daktilitas struktur, agar gedung bertingkat yang direncanakan dengan tingkat daktilitas tertentu mampu menghasilkan struktur yang dapat berperilaku secara elastis maupun inelastis dalam menahan beban dari dalam maupun dari luar struktur terutama beban gempa.

Perencanaan akan membandingkan antara tingkat daktilitas penuh dan daktilitas terbatas dengan analisis beban gempa rencana adalah analisis beban statik ekuivalen. Perencanaan dengan tingkat daktilitas terbatas mempunyai distribusi gaya gempa dasar dua kali lebih besar dibanding daktilitas penuh, sehingga momen rencana balok untuk daktilitas terbatas lebih besar daripada daktilitas penuh. Untuk daktilitas penuh tulangan geser mutlak ditahan oleh tulangan geser pada daerah sendi plastis, sedangkan daktilitas terbatas beton masih menyumbangkan setengahnya sepanjang  $d$  dari muka kolom. Pada daktilitas penuh momen aktual balok dikalikan faktor penambahan kekuatan yang bertujuan membentuk mekanisme *strong column weak beam*. Perencanaan gaya geser kolom untuk daktilitas penuh berasal dari momen kapasitas pada ujung-ujung balok sedangkan daktilitas terbatas berasal dari gaya geser akibat beban gravitasi dan gempa terfaktor. Perencanaan dengan konsep daktilitas terbentuknya sendi plastis pada ujung kolom sangat dihindari, maka pendistribusian momen perlu memperhatikan pengaruh beban dinamis dengan mengalikan faktor pembesaran dinamis

Hasil perencanaan dengan membandingkan daktilitas penuh dan daktilitas terbatas tersebut, akan menunjukkan bahwa dengan menggunakan dimensi yang sama tulangan transversal yang diperlukan pada daktilitas terbatas lebih banyak dibanding daktilitas penuh, akan tetapi tulangan longitudinalnya lebih sedikit. Secara keseluruhan juga dapat dilihat bahwa volume tulangan yang diperlukan pada daktilitas terbatas lebih banyak dibanding daktilitas penuh.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

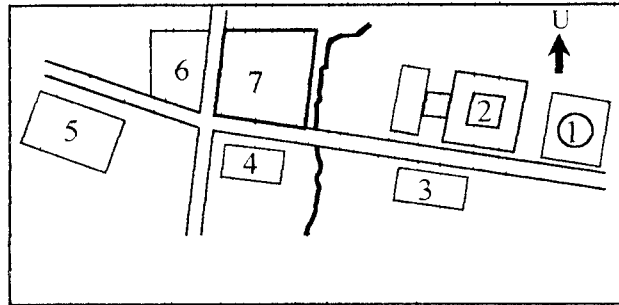
Perkembangan dunia rancang bangun gedung bertingkat telah banyak dirasakan manfaatnya. Berbagai penemuan teknologi dibidang rekayasa terus dikembangkan untuk mencari solusi desain terbaik. Dan hal itu tentunya merupakan tantangan nyata yang akan kita hadapi bersama.

Kemampuan dalam pemecahan masalah dan dampak pembangunan gedung bertingkat secara lebih baik menuntut pengetahuan yang lebih maju mengenai konsep-konsep perencanaan yang tepat untuk mengefisienkan aspek-aspek yang terkait dalam perencanaan suatu struktur, sehingga menghasilkan suatu struktur yang memenuhi persyaratan aman, nyaman dan ekonomis.

Dengan melihat kenyataan di atas, maka penulis mengambil judul “PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KAMPUS TERPADU UNIT VII BLOK-A UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA DENGAN DAKTILITAS PENUH DAN TERBATAS”, sebagai wujud keikut sertaan kami dalam memahami konsep-konsep perencanaan yang tepat dan baik.

### **1.2 Lokasi Proyek**

Proyek Pembangunan Gedung ini berlokasi di Desa Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Yogyakarta.



**Gambar 1.1** Peta Lokasi Proyek

Keterangan gambar :

- |                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| 1 = Unit Masjid              | 5 = Unit FTI               |
| 2 = Unit Fakultas Kedokteran | 6 = Areal Parkir           |
| 3 = Unit Perpustakaan Pusat  | 7 = Lokasi Proyek Unit VII |
| 4 = Unit FMIPA               |                            |

### 1.3 Data Teknis

Gedung yang akan direncanakan adalah Blok-A terdiri dari lima lantai dengan luas bangunan  $\pm 3.350 \text{ m}^2$ , dengan rincian sebagai berikut :

- 1) Lantai Basement : R. Laboratorium Teknik Bahan, R. Laboratorium Jalan Raya dan Gudang.
- 2) Lantai I : R. Dosen dan Pengurus Jurusan Arsitektur
- 3) Lantai II : R. Pasca Sarjana dan R. Duduk
- 4) Lantai III : R. Sidang dan R. Duduk
- 5) Lantai IV : R. Galeri dan R. Studio Tugas Akhir

### 1.4 Permasalahan

Dalam penulisan ini akan dipelajari perencanaan struktur gedung bertingkat dengan tingkat daktilitas penuh dan terbatas sesuai dengan peraturan.

### 1.5 Tujuan

Membuat perbandingan perencanaan struktur gedung perkuliahan menggunakan daktilitas penuh dan daktilitas terbatas .

### 1.6 Manfaat

Manfaat yang bisa diambil dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- 1) Mengetahui lebih lanjut tentang tingkat daktilitas yang sesuai untuk perencanaan gedung bertingkat sehingga dapat menentukan tingkat kekakuan struktur untuk desain yang efektif.
- 2) Memberikan wawasan mengenai aspek-aspek penting dalam sebuah perencanaan gedung bertingkat.

### 1.7 Batasan Perencanaan

Batasan-batasan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- 1) Analisis perencanaan struktur bangunan berpedoman pada peraturan SK SNI-T-15-1991-03 dan LRFD Baja 2000.
- 2) Perhitungan mekanika menggunakan program komputer SAP 90.
- 3) Bangunan berada pada wilayah gempa 3, dengan kondisi tanah jelek.
- 4) Bangunan yang direncanakan adalah Blok-A terdiri dari 5 lantai.
- 5) Mutu beton :  $f_c' = 22,5$  Mpa.
- 6) Baja tulangan yang digunakan BJTD-35 dengan  $\phi_{10} - \phi_{25}$  mm.
- 7) Tekanan tiup angin =  $0,4$  KN/m<sup>2</sup>.
- 8) Perencanaan pondasi tidak diperhitungkan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Ukuran daktilitas suatu struktur adalah faktor daktilitas simpangan yang didefinisikan sebagai perbandingan antara defleksi lateral pada akhir batas setelah elastis dan defleksi lateral pada luluh pertama (**Park Paulay,1975**).

Struktur dengan tingkat daktilitas terbatas mempunyai  $\mu = 2$ , dan faktor jenis struktur  $K_{min} = 2$ , sedangkan struktur dengan daktilitas penuh mempunyai  $\mu = 4$  dan  $K_{min} = 1$  (**Bambang Budiono, 1989**).

Struktur yang direncanakan dengan peraturan-peraturan pembebanan gempa dapat menahan gaya gempa lebih besar, karena struktur tersebut direncanakan dan didesain dengan baik agar dapat berdeformasi sampai keadaan inelastisnya tanpa menunjukkan keruntuhan (**Gideon HK,1993**).

Untuk mengendalikan perilaku elastoplastis dalam struktur pada waktu menahan gaya gempa merupakan dasar untuk pencadangan energi yang dipakai dalam perencanaan struktur daktail, dimana perilaku struktur setelah melampaui batas elastis harus tetap terjamin dengan baik, sehingga keruntuhan getas dapat dihindari, dengan menempatkan sendi-sendi plastis pada balok (*strong column-weak beam*) yang memungkinkan pemencaran energi berlangsung dibanyak tempat dan memperkecil bahaya ketidakstabilan struktur (**Istimawan Dipohusodo,1994**).

Perencanaan struktur dengan daktilitas menggunakan metode kekuatan batas dan beban kerja terfaktor sehingga struktur direncanakan pada suatu batas akhir keruntuhan (**SK SNI T-15-1991-03**). Komponen struktur beton direncanakan sedemikian rupa sehingga tidak terjadi retak yang berlebihan pada penampang sewaktu mendukung beban kerja, dan masih mempunyai cukup keamanan serta cadangan kekuatan untuk menahan beban dan tegangan lebih lanjut tanpa mengalami keruntuhan (**Istimawan Dipohusodo,1994**).

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Pendahuluan**

Perencanaan terdiri dari perencanaan atap berdasarkan Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung dengan metode LRFD 2000, dan perencanaan struktur beton bertulang dengan daktilitas penuh dan daktilitas terbatas menurut Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SK SNI T-15-1991-03.

Struktur rangka atap direncanakan untuk menghasilkan suatu struktur yang stabil, cukup kuat, mampu-layan, awet, ekonomis dan mudah dilaksanakan. Suatu struktur dikatakan stabil bila ia tidak mudah terguling atau tergeser, selama umur bangunan yang direncanakan. Suatu struktur dikatakan cukup kuat dan mampu-layan bila kemungkinan terjadi kegagalan-struktur dan kehilangan kemampuan layan selama umur bangunan yang direncanakan adalah kecil dan dalam batas yang direncanakan.

Perencanaan struktur beton bertulang dengan konsep daktilitas menetapkan suatu taraf perencanaan terhadap beban gempa yang menjamin struktur agar tidak rusak karena gempa kecil atau sedang, tetapi saat dilanda gempa kuat yang jarang terjadi struktur tersebut mampu berperilaku daktil dengan memancarkan energi gempa dan sekaligus membatasi beban gempa yang masuk kedalam struktur.



### 3.2 Beban-Beban Bekerja

Perencanaan suatu struktur untuk keadaan-keadaan stabil batas, kekuatan batas, dan kemampuan-layan batas harus memperhitungkan pengaruh-pengaruh dari aksi-aksi sebagai akibat dari beban-beban berikut ini menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung:

1. Beban mati ( $W_D$ ) ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap.
2. Beban hidup ( $W_L$ ) ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung termasuk beban-beban yang berasal dari barang-barang yang berpindah-pindah. Khusus untuk atap beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan ( $W_R$ ).
3. Beban angin ( $W_w$ ) ialah semua beban yang bekerja pada gedung yang disebabkan oleh selisih dari tekanan udara, yang nilainya dikalikan dengan koefisien angin ( $c$ ). Untuk perencanaan dalam tugas akhir ini menggunakan atap segitiga majemuk dengan kriteria sebagai berikut:
  - Untuk bidang-bidang atap dipihak angin ( $c_1$ ),
 
$$\alpha < 65^\circ \quad (0,2 \alpha - 0,4) \quad (3.1a)$$
  - Untuk semua bidang atap dibelakang angin ( $c_2$ ),
 
$$\text{untuk semua } \alpha \quad -0,4 \quad (3.1b)$$

dengan  $c_1$  adalah koefisien angin tiup,  $c_2$  adalah koefisien angin hisap,  $\alpha$  adalah sudut kemiringan atap
4. Beban gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa.

### 3.3 Dasar Perencanaan.

Perencanaan bangunan ini menggunakan metode kekuatan batas dan beban kerja berfaktor sehingga diperoleh suatu beban pada batas akhir keruntuhan menurut SK SNI T-15-1991-03.

Faktor beban ditentukan sebagai berikut:

$$U = 1,2D + 1,6L \quad (3.2a)$$

$$U = 0,75(1,2D + 1,6L + 1,6W) \quad (3.2b)$$

$$U = 0,9D + 1,3W \quad (3.2c)$$

$$U = 1,05(D + L_R \pm E) \quad (3.2d)$$

$$U = 0,9(D \pm E) \quad (3.2e)$$

dengan U adalah kuat perlu,  $L_R$  adalah beban hidup tereduksi, D adalah beban mati, E adalah beban gempa, L adalah beban hidup, W adalah beban angin.

Dalam menggunakan kapasitas rencana suatu komponen struktur, kapasitas minimum direduksi dengan faktor reduksi seperti pada tabel berikut:

**Tabel 3.3** Ketentuan faktor reduksi

Mekanisme	Faktor Reduksi ( $\phi$ )
Lentur tanpa beban aksial	0,80
Geser dan puntir	0,60
Tarik aksial, tanpa dan dengan lentur	0,80
Tarik aksial, tanpa dan dengan lentur (sengkang)	0,65
Tekan aksial, tanpa dan dengan lentur (spiral)	0,70
Tumpuan pada beton	0,70

### 3.4 Perencanaan Rangka Atap

#### 3.4.1 Komponen Struktur Lentur

Perencanaan komponen lentur menggunakan analisis elastis, dengan menganggap bahwa setiap komponen struktur tetap dalam keadaan elastis pada setiap kondisi beban terfaktor (LRFD 2000).

Untuk komponen struktur tak bergoyang tanpa gaya aksial atau dengan gaya aksial tarik, momen lentur terfaktor ( $M_u$ ) dihitung sebagai berikut:

$$M_u = M_{ntu} \quad (3.3)$$

dengan  $M_{ntu}$  adalah momen lentur terfaktor yang diakibatkan oleh beban-beban yang tidak menimbulkan goyangan.

##### a Lentur Terhadap Sumbu Kuat Utama

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu kuat (sumbu-x) harus memenuhi,

$$M_{ux} \leq \phi_b M_n \quad (3.4)$$

dengan  $M_{ux}$  adalah momen terfaktor arah sumbu x,  $\phi_b$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk komponen struktur lentur = 0,90,  $M_n$  adalah kuat nominal momen lentur penampang terhadap sumbu-x, yang nilainya,

$$M_n = f_y \cdot S_x \quad (3.5)$$

dengan  $S_x$  adalah modulus penampang elastis arah sumbu-x,  $f_y$  adalah tegangan leleh baja..

##### b Lentur Terhadap Sumbu Lemah

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu lemahnya (sumbu-y) harus memenuhi,

$$M_{uy} \leq \phi M_n \quad (3.6)$$

dengan  $M_{uy}$  adalah momen terfaktor arah sumbu y,  $M_n$  adalah kuat nominal momen lentur penampang terhadap sumbu-y, yang nilainya,

$$M_n = f_y \cdot S_y \quad (3.7)$$

dengan  $S_y$  adalah modulus penampang elastis arah sumbu-y.

### c Batas Kelendutan

Batas lendutan untuk keadaan kemampuan-layan arah sumbu kuat ditentukan dari persamaan:

$$\delta_x = \frac{5}{384} W_{uy} \cdot \frac{L_y^4}{EI_y} \leq \frac{L_y}{360} \quad (3.8)$$

dengan  $\delta_x$  adalah lendutan yang terjadi tegak lurus sumbu x,  $I_y$  adalah momen inersia sumbu y,  $L_y$  adalah panjang bentang arah sumbu y,  $W_{uy}$  adalah beban terfaktor arahsumbu y.

Batas lendutan untuk keadaan kemampuan-layan arah sumbu lemah ditentukan dari persamaan:

$$\delta_y = \frac{5}{384} W_{ux} \cdot \frac{L_x^4}{EI_x} \leq \frac{L_x}{360} \quad (3.9)$$

dengan  $\delta_y$  adalah lendutan yang terjadi tegak lurus sumbu y,  $I_y$  adalah momen inersia sumbu y,  $W_{ux}$  adalah beban terfaktor arahsumbu x,  $L_x$  = panjang bentang arah sumbu x,  $E$  = modulus elastis baja (200.000 MPa).

### 3.4.2 Komponen Struktur Tekan

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor ( $N_u$ ), harus memenuhi persyaratan berikut:

– **Menentukan Nn perlu**

Kuat nominal penampang suatu struktur didapat dari persamaan:

$$N_n \geq \frac{N_u}{\phi} \quad (3.10)$$

dengan  $N_n$  adalah kuat nominal penampang struktur,  $\phi$  adalah faktor reduksi kekuatan,  $N_u$  adalah gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor

– **Estimasi jarak kopel minimum**

$$L_1 = \frac{L}{n} \quad (3.11)$$

dengan  $n$  adalah asumsi pembagian daerah pada panjang penampang,  $L_1$  adalah panjang bentang yang dibatasi oleh dua penghubung.

– **Menentukan jari-jari minimum**

Untuk elemen-elemen struktur yang direncanakan terhadap gaya tekan, angka perbandingan kelangsingan dibatasi sebesar 200, maka didapat persamaan,

$$i_{\min} = \frac{L_1}{200} \quad (3.12a)$$

dengan  $i_{\min}$  adalah jari-jari girasi penampang minimum.

Dengan demikian jari-jari girasi penampang yang akan digunakan dalam perencanaan harus mengikuti ketentuan berikut,

$$i_{\text{perlu}} \geq i_{\min} \quad (3.12b)$$

dengan  $i_{\text{perlu}}$  adalah jari-jari girasi penampang yang dibutuhkan.

– **Kontrol kestabilan elemen batang tunggal**

$$\lambda_1 = \frac{k \cdot L_1}{i_{\text{perlu}}} < 50 \quad (3.13)$$

dengan  $\lambda_1$  adalah faktor kestabilan batang,  $k$  adalah faktor panjang tekuk.

– **Jari-jari inersia (kelembaman) batang ganda**

Jari-jari inersia batang ganda arah sumbu-x ( $I_x$ ) didapat dari persamaan,

$$I_x = 2 \times I_{xi} \quad (3.14a)$$

dengan  $I_{xi}$  adalah inersia penampang ganda arah sumbu x untuk satu profil.

Dari persamaan 3.14a, dapat ditentukan jari-jari girasi penampang ganda ( $i_x$ ) melalui persamaan,

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \quad (3.14b)$$

dengan  $A_g$  adalah luas penampang ganda yang didapat dari persamaan,

$$A_g = 2 \times A_i \quad (3.14c)$$

dengan  $A_i$  adalah luas satu penampang.

Jari-jari inersia batang ganda arah sumbu-y ( $I_y$ ) didapat dari persamaan:

$$I_y = 2 \cdot [I_{yi} + A_i (e_x + 0,5.t)^2] \quad (3.14d)$$

dengan  $I_{yi}$  adalah inersia satu penampang arah sumbu y,  $e_x$  adalah eksentrisitas penampang, t adalah tebal penampang.

Dari persamaan 3.14d, dapat diketahui,

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \quad (3.14e)$$

dengan  $i_y$  adalah jari-jari penampang ganda sumbu y.

– **Kontrol batas kelangsingan dan batas kekompakan profil**

Kelangsingan sayap untuk profil siku ganda dengan pelat kopel pada penyokong, ditentukan dengan persamaan berikut (tabel 7.5-1 LRFD 2000):

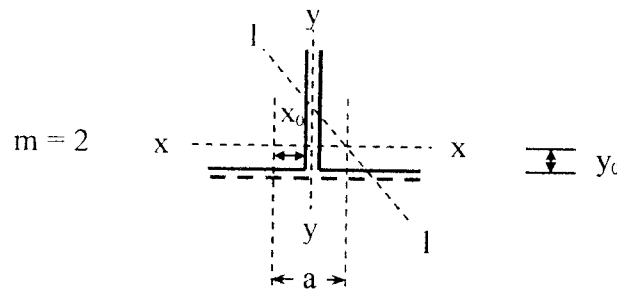
$$\lambda_r = \frac{b}{t} < \lambda_r = \frac{200}{\sqrt{f_y}} \quad (3.15)$$

dengan  $\lambda_f$  adalah faktor kelangsingan sayap,  $\lambda_r$  adalah batas maksimum untuk penampang tak-kompak,  $b$  adalah lebar penampang.

Apabila  $\lambda_f > \lambda_r$ , maka harus direncanakan dengan analisis yang dapat diterima.

#### – Komponen struktur prismatis

Komponen tersusun yang terdiri dari beberapa elemen yang dihubungkan pada tempat-tempat tertentu, kekuatannya harus dihitung terhadap sumbu bahan (x-x) dan sumbu bebas bahan (y-y), seperti ditunjukkan pada gambar 3.1:



**Gambar 3.1** komponen struktur tersusun

Keterangan: I-I adalah sumbu minimum dari elemen komponen struktur

$a$  adalah jarak antara dua pusat titik berat elemen struktur

$x_0$  adalah koordinat pusat geser terhadap titik berat sumbu  $y$

$y_0$  adalah koordinat pusat geser terhadap titik berat sumbu  $x$

$m$  adalah konstanta dari modifikasi penampang tersusun

#### – Kelangsingan arah sumbu bahan (sumbu x-x)

$$\lambda_x = \frac{kL_x}{i_x} \quad (3.16)$$

#### – Kontrol kestabilan batang ganda

$$\frac{\lambda_x}{\lambda_1} > 1,2 \quad (3.17)$$

- **Kelangsingan arah sumbu bebas bahan (sumbu y-y)**

$$\lambda_y = \frac{kL_y}{i_y} \quad (3.18)$$

- **Kelangsingan ideal**

Untuk menjamin stabilitas komponen struktur yang tidak mempunyai sumbu bahan harus dihitung dengan persamaan,

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2}\lambda_i^2} > 1,2\lambda_i \quad (3.19)$$

dengan  $\lambda_{iy}$  adalah kelangsingan ideal arah sumbu y.

Selanjutnya koefisien- koefisien tekuk struktur dapat ditentukan melalui persamaan-persamaan berikut:

**bila tekuk terjadi pada sumbu bahan,**

$$\lambda_{ex} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (3.20)$$

untuk:

$$\lambda_c \leq 0,25 \quad ; \quad \omega = 1 \quad (3.20a)$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \quad ; \quad \omega = \frac{1,43}{(1,6 - 0,67\lambda_c)} \quad (3.20b)$$

$$\lambda_c \geq 1,2 \quad ; \quad \omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2 \quad (3.20c)$$

dengan:  $\lambda_{ex}$  adalah parameter kelangsingan kolom, dan  $\omega_x$  adalah koefisien tekuk sumbu x.

**bila tekuk terjadi pada sumbu bebas bahan,**

$$\lambda_{ey} = \frac{\lambda_{iy}}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} ; \quad (3.21)$$



dengan  $\lambda_{cy}$  adalah parameter kelangsingan kolom, dan  $\omega_y$  adalah koefisien tekuk sumbu y yang nilai diambil dari Persamaan 3.20a sampai 3.20c.

– **Kapasitas gaya tekan**

Kuat tekan nominal diambil sebagai nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$\phi N_{nx} = \phi A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} > N_u \quad (3.22a)$$

$$\phi N_{ny} = \phi A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} > N_u \quad (3.22b)$$

dengan  $\phi N_{nx}$  adalah kuat tekan nominal dikali faktor reduksi arah sumbu x,  $\phi N_{ny}$  adalah kuat tekan nominal dikali faktor reduksi arah sumbu y.

– **Kuat tekan akibat tekuk lentur-torsi**

Kuat tekan rencana akibat tekuk lentur-torsi ditentukan dengan tahapan-tahapan berikut:

Modulus geser penampang dapat dicari dengan persamaan,

$$G = \frac{E}{2.(1 + \nu)} \quad (3.23a)$$

atau nilainya dapat diambil sebesar 80.000 MPa, dengan G adalah modulus geser dan  $\nu$  adalah angka poisson (0,3).

Konstanta puntir torsi (J) didapat dengan persamaan:

$$J = 2. \sum_3^1 b.t^3 \quad (3.23b)$$

Koordinat pusat geser terhadap titik berat penampang ditentukan dengan persamaan (lihat gambar 3.1),

$$y_0 = e_y - \frac{t}{2} \quad (3.23c)$$

$$x_0 = e_x - \frac{t}{2} \quad (3.23d)$$

Jari-jari girasi polar terhadap pusat geser ( $r_0$ ) ditentukan dengan persamaan:

$$r_0^2 = \frac{I_x + I_y}{A} + x_0^2 + y_0^2 \quad (3.23e)$$

Kemudian didapat harga-harga berikut,

$$f_{crz} = \frac{GJ}{Ar_0^2} \quad (3.23f)$$

$$H = 1 - \left( \frac{x_0^2 + y_0^2}{r_0^2} \right) \quad (3.23g)$$

dengan  $f_{crz}$  adalah tegangan kritis untuk tekuk lentur, dan H adalah sebuah nilai yang didapat dari Persamaan 3.23g.

Tegangan kritis untuk tekuk lentur terhadap sumbu y ( $f_{cry}$ ) ditentukan dengan persamaan berikut, dengan  $\omega_y$  didapat dari Persamaan 3.21.

$$f_{cry} = \frac{f_y}{\omega_y} \quad (3.23h)$$

Tegangan akibat tekuk lentur torsi ditentukan dengan persamaan berikut,

$$f_{clt} = \left( \frac{f_{cry} + f_{crz}}{2H} \right) \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4f_{cry} \cdot f_{crz} \cdot H}{(f_{cry} + f_{crz})^2}} \right] \quad (3.23i)$$

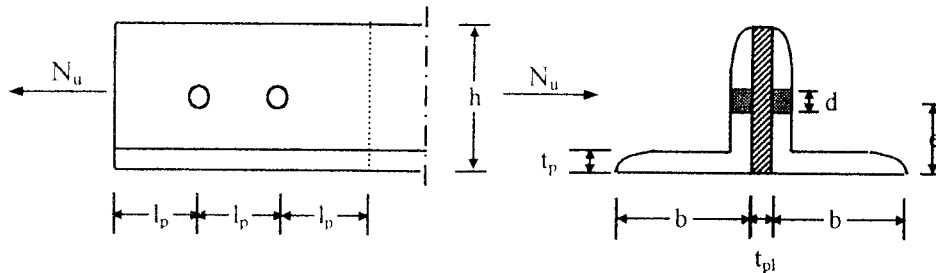
dengan  $f_{clt}$  adalah tegangan akibat tekuk lentur torsi.

Kuat tekan akibat tekuk lentur-torsi ( $N_{nit}$ ) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\phi N_{nit} = \phi_t \cdot A_g \cdot f_{clt} > N_u \quad (3.23j)$$

Kuat tekan yang dipakai dalam perencanaan diambil dari nilai yang terkecil antara Persamaan 3.22a, 3.22b dan 3.23j.

### 3.4.3 Komponen Struktur Tarik



**Gambar 3.2 Penampang Tarik dengan Plat sambung**

Urutan perhitungan btang tarik sama dengan batang desak, sampai pada perhitungan kestabilan batang ganda, lalu dilanjutkan dengan langkah-langkah berikut:

– **Luas penampang netto**

Luas penampang netto ( $A_n$ ) ditentukan dengan persamaan,

$$A_n = A_g - n.d.t \quad (3.24)$$

dengan  $d$  adalah diameter tulangan baut, dan  $n$  adalah jumlah lubang dalam garis potongan penampang.

– **Luas penampang efektif (tarik murni)**

Luas penampang efektif ( $A_e$ ) komponen struktur yang mengalami gaya tarik ditentukan melalui persamaan,

$$A_e = U.A_n = \left(1 - \frac{\bar{x}}{L}\right).A_n \quad (3.25)$$

dengan  $U$  adalah faktor reduksi,  $\bar{x}$  adalah eksentrisitas sambungan antara titik berat komponen yang disambung dengan bidang sambung yang nilainya  $\leq 0,9$ , dan  $L$  adalah panjang sambungan dalam arah gaya tarik

– **Luas bidang geser (geser murni)**

$$A_{ns} = 2 \cdot (2 \cdot l_p) \cdot t \quad (3.26)$$

dengan:

$A_{ns}$  = luas bidang geser penampang

$l_p$  = jarak antara sumbu lubang pada arah sejajar sumbu komponen struktur

– **Luas bidang kombinasi geser + tarik pada blok ujung**

Luas netto daerah yang mengalami gaya tarik dihitung dengan persamaan,

$$A_{nt} = \left[ (l_p - d) - \frac{1}{2} \cdot d \right] t \quad (3.27a)$$

dengan  $A_{nt}$  adalah luasan netto daerah yang mengalami gaya tarik.

Luas bruto daerah yang mengalami gaya tarik dihitung dengan persamaan,

$$A_{gt} = (l_p - d) \cdot t \quad (3.27b)$$

dengan  $A_{gt}$  adalah luasan bruto daerah yang mengalami gaya tarik.

Luas netto daerah yang mengalami gaya geser dihitung dengan persamaan,

$$A_{nv} = (2 \cdot l_p - d \cdot t_{dl}) \cdot t \quad (3.27c)$$

dengan  $A_{nv}$  adalah luasan netto daerah yang mengalami gaya geser,  $t_{dl}$  adalah faktor pembesaran diameter lubang.

Luas bruto daerah yang mengalami gaya geser dihitung dengan persamaan,

$$A_{gv} = 2 \cdot l_p \cdot t \quad (3.27d)$$

dengan  $A_{gv}$  adalah luasan bruto daerah yang mengalami gaya geser.

Dalam suatu potongan jumlah luas lubang tidak boleh melebihi 15% luas penampang utuh.

– **Kontrol kapasitas penampang**

**a Kriteria leleh (tarik murni)**

- Leleh:  $\phi_t N_n = \phi_t \cdot f_y \cdot A_g$  (3.28a)

- Fraktur:  $\phi_t N_n = \phi_t \cdot f_u \cdot A_e$  (3.28b)

Dengan  $f_u$  adalah kuat ijin baut,  $\phi$  adalah faktor reduksi kekuatan.

**b Kriteria fraktur (geser murni)**

$$\phi_t N_n = \phi_t \cdot (0,6 \cdot f_u) \cdot A_{ns} \quad (3.29)$$

**c Kombinasi geser + tarik blok ujung**

- Geser fraktur:  $N_n = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$  (3.30)

- tarik fraktur:  $N_n = f_u \cdot A_{nt}$  (3.31)

– **Kapasitas satu penampang:**

**a Kriteria pelelehan geser-retakan tarik**

$$\phi_t \cdot N = \phi_t \left( 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gs} + f_u \cdot A_{nt} \right) \geq \frac{1}{2} N_u \quad (3.32)$$

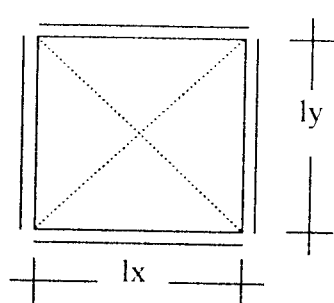
**b Kriteria retakan geser-pelelehan tarik**

$$\phi_t \cdot N = \phi_t \left( f_y \cdot A_{gt} + 0,6 \cdot f_u \cdot A_{ns} \right) \geq \frac{1}{2} N_u \quad (3.33)$$

### 3.5 Perencanaan Pelat Lantai

Pelat dua arah yang ditumpu keempat tepinya adalah struktur statis tak tentu. Untuk mempermudah analisis dan perencanaan digunakan tabel momen per meter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi merata dengan

penyaluran beban berdasarkan ‘metode amplop’, dengan anggapan bahwa retak pelat lantai terjadi pada sudut 45°. Skema salah satu bentuk penyaluran beban dengan keempat sisi terletak menerus pada tumpuan (**Gideon Kusuma, Tabel.14**), seperti gambar 3.3:



$$M_{lx} = 0,001.W_u.L^2.x \quad (3.34a)$$

$$M_{ly} = 0,001.W_u.L^2.x \quad (3.34b)$$

$$M_{tx} = -0,001.W_u.L^2.x \quad (3.34c)$$

$$M_{ty} = 0,001.W_u.L^2.x \quad (3.34d)$$

**gambar 3.3 Skema penyaluran beban**

dengan  $M_{lx}$  adalah momen lapangan arah sumbu x,  $M_{ly}$  adalah momen lapangan arah sumbu y,  $M_{tx}$  adalah momen tumpuan arah sumbu x,  $M_{ty}$  adalah momen tumpuan arah sumbu y, x adalah konstanta perbandingan antara  $l_y$  dan  $l_x$  untuk masing-masing jenis momen,  $l_x$  adalah panjang pelat arah sumbu x,  $l_y$  adalah panjang pelat arah sumbu y.

### 3.5.1 Penulangan Pelat Lantai

- Ketebalan minimum pelat lantai dihitung dengan persamaan,

$$h_{\min} = \frac{1}{24}l_n \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad (3.35)$$

dengan  $h_{\min}$  adalah tinggi minimum,  $l_n$  adalah panjang bentang netto balok

- Tinggi efektif pelat dihitung dengan persamaan,

$$d_x = h - P_b - \frac{1}{2}\phi_p \quad (3.36a)$$

$$d_y = h - P_b - \phi_{px} - \frac{1}{2}\phi_p \quad (3.36b)$$

dengan  $d_x$  adalah tinggi efektif pelat arah sumbu-x,  $d_y$  adalah tinggi efektif pelat arah sumbu-y,  $P_b$  adalah tebal selimut pelat,  $\phi_{px}$  adalah diameter tulangan arah sumbu-x,  $\phi_p$  adalah diameter tulangan.

- Rasio penulangan dihitung dengan persamaan-persamaan,

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3.37)$$

dengan  $\rho_{\min}$  adalah rasio penulangan minimum,

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3.38)$$

dengan  $\rho_b$  adalah rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan seimbang,  $\beta_1$  adalah faktor reduksi kekuatan yang nilainya,

$$0,85 \quad \text{untuk } f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$$

$$0,85 - 0,008 \cdot (f_c' - 30) \quad \text{untuk } f_c' > 30 \text{ Mpa}$$

tidak boleh kurang dari 0,65,

$$\rho_{\max} = 0,75\rho_b \quad (3.39)$$

dengan  $\rho_{\max}$  adalah rasio tulangan maksimum.

- Luas tulangan perlu dihitung melalui persamaan-persamaan berikut:

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \quad (3.40)$$

dengan  $R_n$  adalah koefisien tahanan,

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \quad (3.41)$$

dengan  $m$  adalah faktor perbandingan antara kuat ijin baja dan kuat ijin beton tereduksi,

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right); \quad \rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}} \quad (3.42)$$

dengan  $\rho_{\text{perlu}}$  adalah rasio tulangan yang dipakai dalam perencanaan.

- Tulangan pokok terpasang

Luasan tulangan tarik dihitung dengan persamaan,

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (3.43)$$

Luasan tulangan tekan dihitung dengan persamaan,

$$A'_s = \rho' \cdot b \cdot d_s \quad (3.44)$$

- Luasan tulangan bagi dihitung dengan persamaan,

$$A_{s \text{ bagi}} = 0,0014 \cdot b \cdot d \quad (3.45)$$

### 3.6 Redistribusi Momen

Masalah-masalah yang timbul dalam perencanaan sebuah struktur seperti, tidak berimbangnya momen lentur tumpuan dan lapangan dapat menyebabkan tinggi balok tidak dimanfaatkan secara optimal untuk mendapatkan kuat lentur yang diperlukan. Momen tumpuan yang terlalu besar dan adanya perbedaan momen tumpuan dikiri dan kanan kolom interior dapat mengakibatkan diperlukannya tulangan lentur pada balok secara berlebihan dari yang sebenarnya dibutuhkan. Hal ini mengingat bahwa balok sebenarnya dapat meredistribusi momen melalui aksi inelastis. Tulangan lentur yang berlebihan membawa konsekuensi pada pembesaran momen rencana kolom dan pondasi.

Selain itu perlu pula diperhatikan pembatasan besar momen yang boleh diredistribusi, sebab redistribusi momen yang terlalu jauh berbeda dari hasil



analisa struktur dapat mengakibatkan retak yang berlebihan saat struktur dilanda gempa kecil dan sedang. SK SNI T-15-1991-03 menyatakan nilai maksimum redistribusi momen adalah sebesar,

$$30 \left( 1 - \frac{4}{3} \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \right) \% ; \quad \rho - \rho' < 0.5\rho_b \quad (3.46)$$

dengan  $\rho$  adalah rasio tulangan tarik,  $\rho'$  adalah rasio tulangan tekan,  $\rho_b$  adalah rasio tulangan tarik dalam keadaan seimbang (*balance*)

### 3.7 Pengenalan Konsep Daktilitas

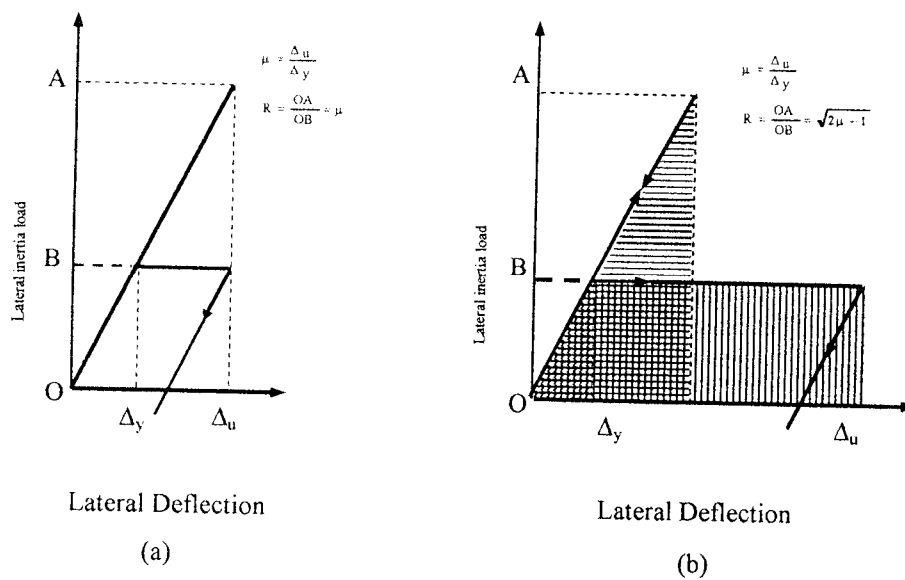
Struktur yang elastis mempunyai kemampuan mengembalikan seluruh energi potensial pada masing-masing siklus menjadi energi kinetik, sedangkan struktur yang elastoplastis hanya sebagian energi potensial yang dikembalikan. Oleh karena itu kebutuhan energi potensial pada struktur yang elastoplastis untuk masing-masing siklus tidak sebesar pada struktur yang elastis, dan simpangan maksimum pada struktur yang elastoplastis tidak lebih besar dari struktur elastis. Sejumlah analisis dinamik menunjukkan bahwa simpangan maksimum yang dicapai pada struktur elastis dan elastoplastis diperkirakan sama (Gambar 3.2.a).

Ukuran daktilitas suatu struktur adalah faktor daktilitas simpangan  $\mu$ , yang didefinisikan sebagai rasio antara simpangan ultimit  $\Delta_u$  dengan simpangan ketika luluh pertama dicapai  $\Delta_y$  (Park Paulay, 1975). Definisi di atas juga dapat dikatakan bahwa daktilitas simpangan setara dengan rasio antara beban elastis dengan beban non elastis atau beban disain (*Design Load*), rasio ini disebut faktor reduksi beban  $R$  (Gambar 3.2.a), yang nilainya adalah

$$R = \frac{1}{\mu} \quad (3.47)$$

Sedangkan menurut konsep energi sama (Gambar 3.4.b), menyatakan bahwa energi potensial yang tersimpan oleh sistem elastis pada simpangan maksimum adalah sama dengan yang tersimpan oleh sistem elastoplastis, sehingga nilai R adalah:

$$R = \frac{1}{\sqrt{2\mu - 1}} \quad (3.48)$$



**Gambar 3.4** Asumsi respon dari struktur elastik dan elastoplastik. (a) Respon dengan defleksi sama. (b) Respon dengan energi potensial sama.

### 3.8 Tingkat Daktilitas

Pada perencanaan tingkat daktilitas terbatas menurut Istimawan,1994 adalah beton bertulang diproporsikan berdasarkan suatu ketentuan penyelesaian pendetailan khusus yang memungkinkan struktur memberikan respon inelastik terhadap beban siklis yang bekerja tanpa mengalami keruntuhan getas ( $\mu=2$ ,  $K_{min}=2$ ).

$$V = 2.C.I.W_t \quad (3.49)$$

Sedangkan tingkat daktilitas penuh memungkinkan struktur memberikan respon inelastik terhadap beban siklis yang bekerja dan mampu menjamin pengembangan mekanisme terbentuknya sendi-sendi plastis dengan kapasitas perencanaan energi yang diperlukan tanpa mengalami keruntuhan ( $\mu=4, K_{min}=1$ )

$$V = C.I.W_t \quad (3.50)$$

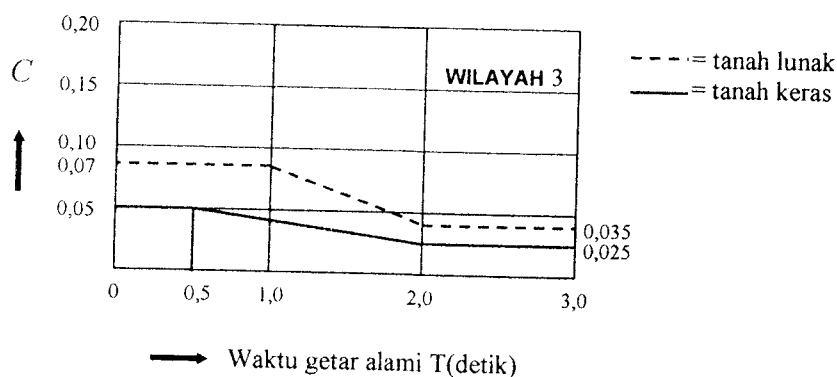
### 3.9 Gaya Geser Dasar

Analisis gaya-gaya dalam struktur dengan pembebanan gempa menurut PPKGURDG 1987 dihitung dengan persamaan,

$$V_b = C.I.K.W_t \quad (3.51)$$

dengan  $V_b$  adalah gaya gempa dasar,  $C$  adalah koefisien gempa dasar,  $I$  adalah faktor keutamaan struktur = 1,5 (bangunan sekolah),  $K$  adalah faktor jenis struktur,  $W_t$  adalah berat kombinasi beban mati dan beban hidup yang direduksi.

Koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 3 ditentukan dengan menggunakan waktu getar alami struktur seperti pada gambar berikut:



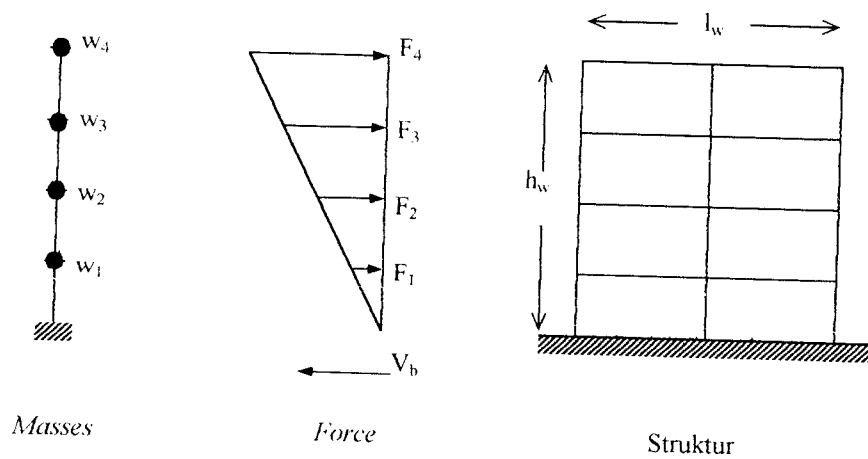
**Gambar 3.5 Koefisien gempa dasar (C)**

Waktu getar alami  $T$  untuk portal beton ditentukan dengan persamaan,

$$T = 0,06H^{\frac{1}{3}}$$

dengan:  $H$  adalah tinggi struktur

(3.52)



**Gambar 3.6** Pembebanan Gempa menurut PPKGURDG 1987

$$F_x = \frac{W_x h_x}{\sum W_x h_x} \times V_b \quad ; \text{ untuk } \frac{h_w}{l_w} < 3,0 \quad (3.53a)$$

$$F_x = 0,9 \frac{W_x h_x}{\sum W_x h_x} \times V_b + (0,1 V_b \text{ dipuncak}) \quad ; \text{ untuk } \frac{h_w}{l_w} \geq 3,0 \quad (3.53b)$$

Uraian di atas memberikan gambaran bahwa tingkat daktilitas terbatas memberikan kekuatan geser dua kali lebih besar dibandingkan tingkat daktilitas penuh, dengan kepastian bahwa kekuatan lentur akan tercapai lebih dahulu daripada tegangan geser dan sebaliknya, dengan demikian perencanaan dengan tingkat daktilitas terbatas akan lebih banyak menggunakan tulangan longitudinal daripada tulangan transversal. Kemudian kenaikan nilai daktilitas sebanding dengan penurunan gaya geser rancang.

Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa kapasitas momen rencana ( $M_R$ ) yang digunakan sama dengan momen ideal ( $M_n$ ) dikalikan faktor reduksi.

$$M_R = \phi M_n \quad (3.54)$$

### 3.9 Perencanaan Struktur Rangka

#### 3.9.1 Perencanaan Struktur Rangka dengan Daktilitas Penuh

##### a. Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Lentur

Menurut Gideon HK, 1993, kuat lentur perlu balok portal yang dinyatakan dengan  $M_{u,b}$  harus ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan tanpa atau dengan beban gempa berpedoman pada SK SNI T-15-1991-03, sebagai berikut :

$$M_{u,b} = 1,2M_{D,b} + 1,6M_{L,bR} \quad (3.55)$$

$$M_{u,b} = 1,05(M_{D,b} + M_{E,bR} + M_{E,b}) \quad (3.56)$$

$$M_{u,b} = 0,9M_{D,b} + M_{E,b} \quad (3.57)$$

dengan  $M_{D,b}$  adalah momen lentur balok portal akibat beban mati tak terfaktor,  $M_{L,b}$  adalah momen lentur balok portal akibat beban hidup tak terfaktor dengan memperhitungkan reduksinya sehubungan dengan peluang terjadinya pada lantai tingkat yang ditinjau, sesuai dengan "Tata Cara Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987",  $M_{E,b}$  adalah momen lentur balok portal akibat beban gempa tak terfaktor.

Perencanaan kuat lentur nominal balok harus dihitung dengan persamaan,

$$\phi M_{nak,b} \geq M_{ub} \quad (3.58)$$

dengan  $M_{nak,b}$  = kuat lentur nominal balok berdasarkan tulangan terpasang.

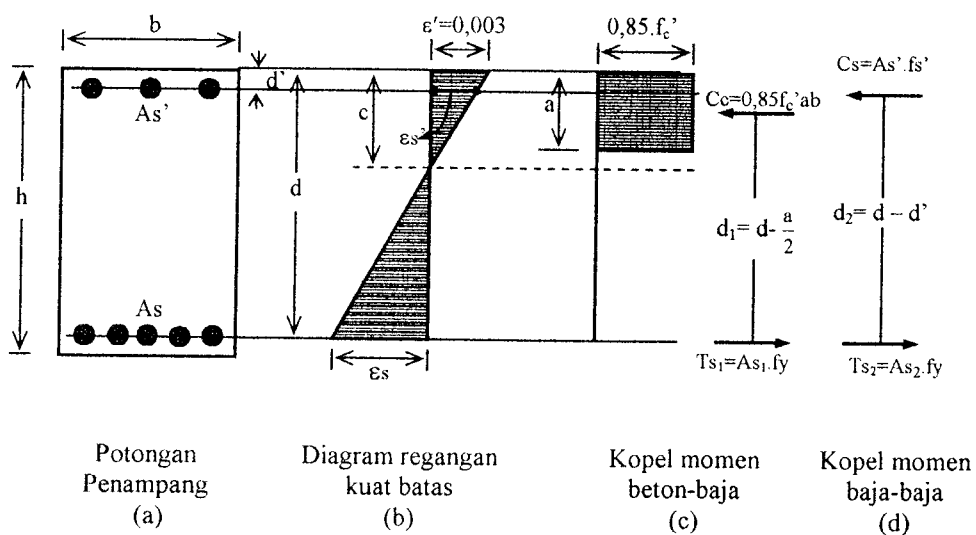
Khusus untuk portal dengan daktilitas penuh perlu dihitung kapasitas lentur sendi plastis balok yang besarnya ditentukan sebagai berikut :

$$M_{kap,b} = \phi_0 M_{nak,b} \quad (3.59a)$$

$$M'_{kap,b} = \phi_0 M'_{kap,b} \quad (3.59b)$$

dengan  $M_{kap,b}$  adalah kapasitas lentur aktual balok pada pusat pertemuan balok kolom dengan memperhitungkan luas tulangan tarik terpasang,  $M'_{kap,b}$  adalah kapasitas lentur aktual balok pada pusat pertemuan balok kolom dengan memperhitungkan luas tulangan tekan terpasang,  $M_{nak,b}$  adalah kuat lentur nominal balok berdasarkan luas tulangan tarik terpasang,  $M'_{nak,b}$  adalah kuat lentur nominal balok berdasarkan luas tulangan tekan,  $\phi_0$  adalah faktor penambahan kekuatan sebesar 1,25 untuk  $f_y < 400$  MPa dan 1,4 untuk  $f_y > 400$  Mpa.

Kuat lentur nominal balok ditentukan dengan persamaan-persamaan berikut:



**Gambar 3.7 Analisis balok bertulangan rangkap**

Kuat gaya tekan balok dihitung dengan persamaan,

$$C_c = 0,85.f'_c.a.b \quad (3.59c)$$

dengan  $a$  adalah tinggi blok tegangan tekan beton dan  $b$  adalah lebar penampang beton,  $f'_c$  adalah kuat tekan beton.

Dengan menganggap tulangan baja tekan sudah meluluh ( $f_s' = f_y$ ), dapat ditentukan kuat tekan baja dengan persamaan,

$$C_s = A_s' (f_y - 0,85.f_c') \quad (3.59d)$$

dengan  $A_s'$  adalah luasan tulangan baja tekan,  $f_y$  adalah kuat leleh baja.

Dengan menganggap tulangan baja tarik sudah meluluh ( $f_s = f_y$ ), dapat ditentukan kuat tarik baja melalui persamaan-persamaan berikut:

$$T = A_s.f_y \quad (3.59e)$$

dengan  $A_s$  adalah luasan total baja tulangan yang nilainya  $A_s = A_{s1} + A_{s2}$  (gambar 3.9.1.c dan d).

Keseimbangan gaya-gaya yang terjadi dibuat dalam persamaan berikut:

$$\begin{aligned} T_1 + T_2 &= C_c + C_s && \text{atau;} \\ T &= C_c + C_s \end{aligned} \quad (3.59f)$$

Tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen dihitung dengan persamaan:

$$a = \frac{A_s.f_y - A_s' (f_y - 0,85.f_c')}{0,85.f_c'.b} \quad (3.59g)$$

Kuat momen lentur nominal balok ditentukan dari kopel momen antara desak beton dengan baja tarik dan kopel momen antara baja desak dengan baja tarik,

$$M_{nak,b} = C_c.d_1 + C_s.d_2 \quad \text{atau;} \quad (3.59h)$$

$$M_{nak,b} = A_{s1}.f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s'.f_y.(d - d') \quad (3.59i)$$

dengan  $d_1$  adalah kopel momen antara desak beton dengan baja tarik dan  $d_2$  adalah kopel momen antara baja desak dengan baja tarik

**b. Perencanaan Balok Portal terhadap Beban Geser**

Perencanaan kuat geser balok harus memenuhi ketentuan berikut,

$$\phi V_n \geq V_{u,b} \quad (3.60a)$$

dengan  $\phi V_n$  adalah kapasitas geser rencana balok.

Dengan konsep desain kapasitas, kuat geser balok portal dihitung dalam kondisi terjadi sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok portal tersebut dengan ketentuan berikut,

$$V_{u,b} = 0,7 \frac{M_{kap} + M'_{kap}}{l_n} + 1,05 V_g \quad (3.60b)$$

dengan  $V_u$  adalah kuat geser terfaktor pada penampang yang ditinjau,  $M_{kap}$  adalah momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada salah satu ujung balok atau bidang muka kolom,  $M'_{kap}$  adalah momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada ujung balok atau bidang muka kolom yang lain.

namun tidak perlu lebih besar dari,

$$V_{u,b} = 1,0 \left( V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4}{K} V_{E,b} \right) \quad (3.60c)$$

dengan  $V_{D,b}$  adalah gaya geser balok akibat beban mati,  $V_{L,b}$  adalah gaya geser balok akibat beban hidup,  $V_{E,b}$  adalah gaya geser balok akibat beban gempa,  $K$  adalah faktor jenis struktur ( $K \geq 1,0$ ).

Gaya geser maksimum dihitung dengan ketentuan berikut,

$$V_{u,max} = \frac{V_{u,b}}{\phi} \quad (3.60d)$$



Gaya geser pada penampang kritis, sejauh  $d$  dari garis tengah kolom dihitung dengan ketentuan berikut,

$$V_u = \frac{l_n - d}{l_n} \cdot V_{u,\max} \quad (3.60e)$$

dengan  $l_n$  adalah bentang bersih balok dan  $d$  adalah tinggi efektif penampang.

Kuat geser beton untuk komponen yang mengalami geser dan lentur,

$$\phi V_c = 0,6 \cdot \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad (3.60f)$$

dengan  $b_w$  adalah lebar penampang balok.

Kuat geser nominal ( $V_n$ ) dihitung dengan ketentuan,

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.60g)$$

dengan  $b_w$  adalah lebar balok,  $V_s$  adalah kuat geser yang disediakan sengkang.

Kriteria perencanaan tulangan geser:

1.  $V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c$ ; maka tidak perlu tulangan geser, (3.60h)

akan tetapi didalam perencanaan digunakan tulangan geser jarak maksimum.

2.  $\frac{1}{2} \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$ ; maka diperlukan tulangan geser minimum (3.60i)

Luas tulangan geser minimum (sengkang vertikal) ditentukan dari,

$$A_v = \frac{1}{3} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_y} \quad \text{atau} \quad s = \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b_w} \quad (3.60j)$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (3.60k)$$

dengan  $A_v$  adalah luasan total tulangan geser,  $s$  adalah jarak pusat kepusat tulangan geser kearah sejajar tulangan longitudinal.

3.  $\phi V_c \leq V_u \leq \phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \right)$ ; (3.60l)

maka diperlukan tulangan geser untuk menahan gaya geser kelebihan,

$$V_{s,perlu} = V_u - \phi V_c \quad (3.60m)$$

dengan spasi,

$$s \leq \frac{d}{2} \quad \text{atau} \quad s \leq 600 \text{ mm} \quad (3.60n)$$

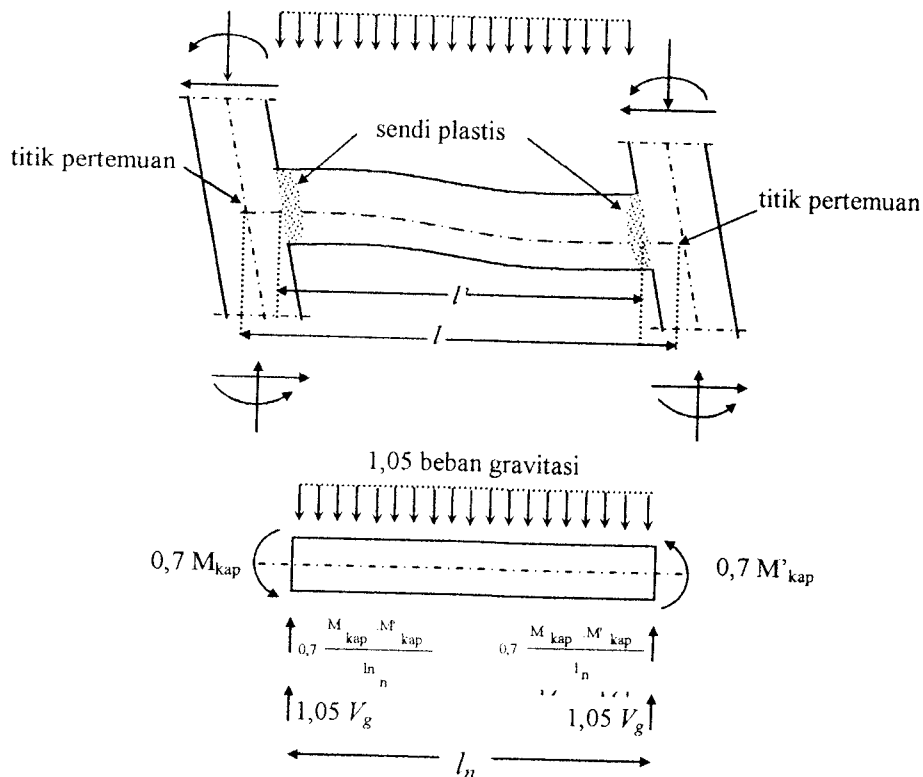
$$4. \quad \phi \left( V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \right) \leq V_u \leq \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \right); \quad (3.60o)$$

maka diperlukan tulangan geser untuk menahan gaya geser kelebihan,

$$s \leq \frac{d}{4} \quad \text{atau} \quad s \leq 300 \text{ mm} \quad (3.60p)$$

$$5. \quad V_u > \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \right); \quad (3.60q)$$

pada kejadian ini penampang balok harus diperbesar.



**Gambar 3.8 Balok Portal dengan Sendi Plastis pada Kedua Ujungnya**

**c. Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Lentur dan Aksial**

Perencanaan kuat lentur kolom menurut Gideon K, harus memenuhi,

$$\phi M_n \geq M_{u,k} \quad (3.61)$$

Kuat lentur kolom portal dengan daktilitas penuh yang ditentukan pada bidang muka balok  $M_{u,k}$  harus dihitung berdasarkan terjadinya kapasitas lentur sendi plastis pada ujung balok yang bertemu dengan kolom dengan ketenyuan,

$$\sum M_{u,k} = \frac{h}{h_n} 0,7 \cdot \phi_o \cdot \omega_d \cdot \alpha_k \sum M_{kap,b} \quad (3.62a)$$

atau:

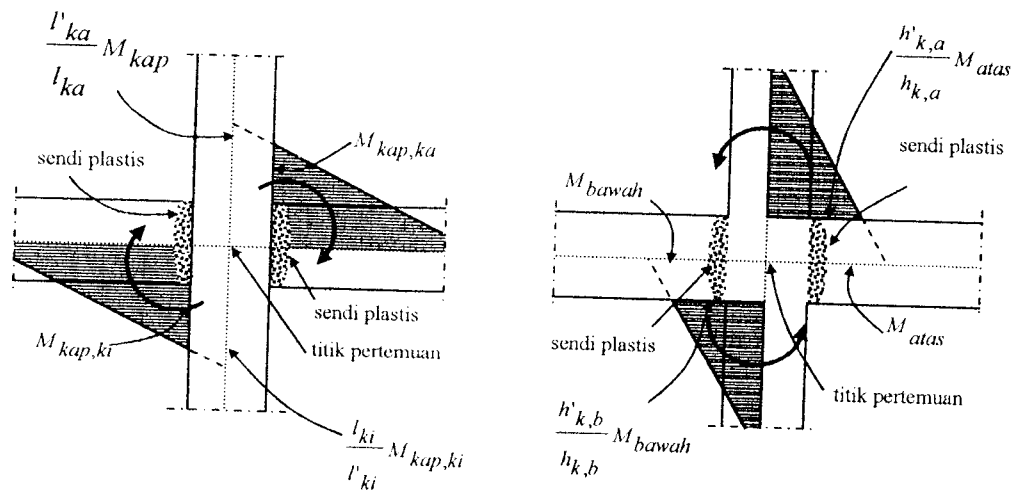
$$M_{u,k} = \frac{h}{h_n} 0,7 \cdot \phi_o \cdot \omega_d \cdot \alpha_k \left( \frac{I_{ki}}{I_{nki}} M_{kap,ki} + \frac{I_{ka}}{I_{nka}} M_{kap,ka} \right) \quad (3.62b)$$

$$\alpha_k = \frac{k_{ka} \cdot k_b}{k_a + k_b} \quad (3.62c)$$

dengan  $M_{kap,ki}$  adalah momen kapasitas lentur balok di sebelah kiri bidang muka kolom,  $M_{kap,ka}$  adalah momen kapasitas lentur balok di sebelah kanan bidang muka kolom,  $\omega_d$  adalah faktor pembesar dinamis yang memperhitungkan pengaruh terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan ( $\omega_d = 1,3$ ),  $\alpha_k$  adalah faktor distribusi momen kolom portal sesuai dengan kekakuan relatif kolom atas dan kolom bawah,  $k$  adalah kekakuan relatif kolom, namun dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari,

$$M_{u,k} = 1,05 \left( M_{D,k} + M_{L,k} + \frac{4}{K} M_{E,k} \right) \quad (3.63)$$

dengan  $M_{D,k}$  adalah momen kolom akibat beban mati,  $M_{L,k}$  adalah momen kolom akibat beban hidup,  $M_{E,k}$  adalah momen kolom akibat beban gempa,  $K$  adalah faktor jenis struktur ( $K \geq 1,0$ ).



**Gambar 3.9 Pertemuan Balok Kolom dengan Sendi Plastis pada ujung-ujungnya**

Sedangkan beban aksial rencana,  $N_{u,k}$  yang bekerja pada kolom portal dengan daktilitas penuh dihitung dari,

$$N_{u,k} = \frac{0,7R_n \sum M_{kap,b}}{l_b} + 1,05N_{g,k} \quad (3.64a)$$

dengan  $N_{g,k}$  adalah gaya aksial kolom akibat beban gravitasi,  $R_n$  adalah faktor reduksi yang ditentukan sebesar,

1,0	untuk $1 < n < 4$
$1,1 - 0,025 \cdot n$	untuk $4 < n < 20$
0,6	untuk $n > 20$

dan  $n$  adalah jumlah lantai di atas kolom yang ditinjau,  $l_b$  adalah bentang balok dari pusat ke pusat kolom

tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari,

$$N_{u,k} = 1,05 \left( N_{g,k} + \frac{4}{K} N_{E,k} \right) \quad (3.64b)$$

dengan  $N_{E,k}$  adalah gaya aksial kolom akibat beban gempa.

Perencanaan kuat tekan kolom perlu memperhatikan faktor kelangsingan kolom yang nilainya ditentukan dari,

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (3.65a)$$

dengan  $r$  adalah jari-jari putaran komponen struktur tekan,  $I$  adalah inersia penampang dan  $A$  adalah luas penampang total,

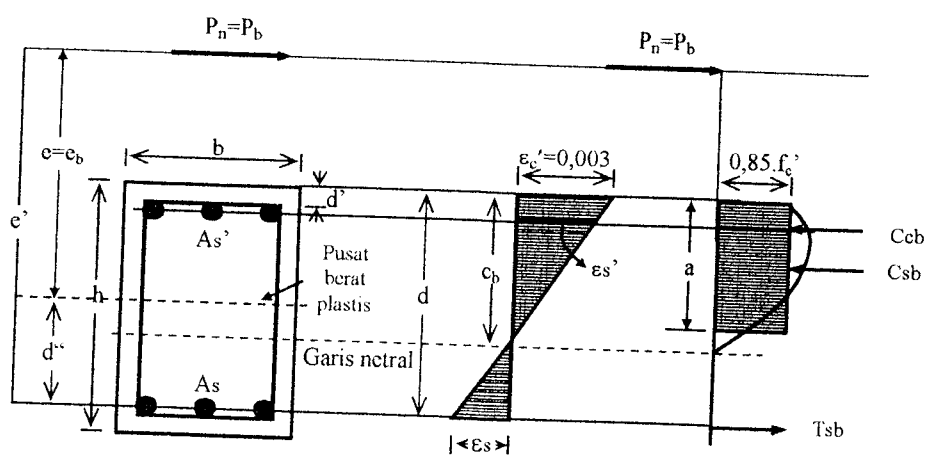
kelangsingan dapat diabaikan bila,

$$\frac{k.l_u}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right) \quad (3.65b)$$

$$\frac{k.l_u}{r} < 22 \quad (3.65c)$$

dengan  $l_u$  adalah panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang,  $k$  adalah faktor panjang efektif tahanan ujung ( $k=1,0$ ),  $M_{1b}$  dan  $M_{2b}$  adalah momen-momen ujung berfaktor,  $M_{1b} > M_{2b}$ .

Perencanaan struktur kolom yang menahan gaya aksial dan momen dengan tinjauan terhadap kondisi seimbang, untuk luas tulangan 1%  $A_g$  dihitung menurut ketentuan- ketentuan berikut (Istimawan Dipohusodo):



Gambar 3.10 Keadaan keseimbangan tegangan kolom persegi

Luasan penampang bruto ( $A_g$ ) ditentukan dari,

$$A_g = b \cdot h \quad (3.65d)$$

Luasan baja tulangan total ditentukan dari,

$$A_{st} = 0,01 \cdot b \cdot h \quad (3.65e)$$

Tinggi efektif penampang ditentukan dari,

$$d = h - d' \quad (3.65f)$$

Jarak serat tekan terluar kegaris netral pada kondisi seimbang ( $c_b$ ) ditentukan dari,

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} \quad (3.65g)$$

Tinggi blok tekan ekuivalen pada kondisi seimbang ( $a_b$ ) ditentukan dari:

$$a_b = \beta \cdot c_b \quad (3.65h)$$

dengan  $\beta$  adalah faktor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekuivalen beton (0,85).

Kuat desak baja tulangan ditentukan dari,

$$f_s' = E_s \cdot \left[ \varepsilon_c' \cdot \left( \frac{c_b - d'}{c_b} \right) \right] \quad (3.65i)$$

bila  $f_s' > f_y$ , maka digunakan  $f_y$ , dengan anggapan bahwa baja desak telah luluh,

dengan  $\varepsilon_c'$  adalah regangan beton.

Kuat tarik baja tulangan ditentukan dari,

$$f_s = E_s \cdot \left[ \varepsilon_c' \cdot \left( \frac{d - c_b}{c_b} \right) \right] \quad (3.65j)$$

bila  $f_s > f_y$ , maka digunakan  $f_y$ , dengan anggapan bahwa baja tarik telah luluh.

Gaya tekan beton pada kondisi seimbang ditentukan dari,

$$C_{cb} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b \quad (3.65k)$$

Gaya tekan baja pada kondisi seimbang ditentukan dari,

$$C_{sb} = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \quad (3.65l)$$

dengan  $A'_s$  adalah luasan baja tulangan tekan.

Gaya tarik baja pada kondisi seimbang ditentukan dari,

$$T_{sb} = A_s f_y \quad (3.65m)$$

dengan  $A_s$  adalah luasan baja tulangan tarik.

Kuat beban aksial nominal pada kondisi seimbang ditentukan dari,

$$P_{nb} = \phi(C_{cb} + C_{sb} - T_{sb}) \quad (3.65n)$$

Kuat momen nominal pada kondisi seimbang ditentukan dari,

$$M_{nb} = \phi \left[ C_{cb} \cdot \left( \frac{h - a_b}{2} \right) + C_{sb} \cdot \left( \frac{h}{2} - d' \right) + T_{sb} \cdot \left( d - \frac{h}{2} \right) \right] \quad (3.65o)$$

dengan eksentrisitas gaya pada kondisi seimbang,

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \quad (3.65p)$$

Tinjauan kolom terhadap kondisi patah desak untuk luas tulangan 1%. Ag diambil harga  $c > c_b$ , dengan urutan pengerjaan seperti pada kondisi seimbang.

Begitu pula untuk tinjauan terhadap kondisi patah tarik untuk luas tulangan 1%. Ag diambil harga  $c < c_b$ , dengan urutan pengerjaan seperti pada kondisi seimbang.

Perencanaan kolom untuk kondisi pembebanan tanpa eksentrisitas (aksial murni) ditentukan dengan,

$$P_o = 0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \quad (3.65q)$$

$$P_{no} = \phi P_o \quad (3.65r)$$

Perencanaan kolom untuk kondisi lentur tanpa beban aksial (lentur murni) ditentukan dengan menggunakan anggapan berikut:

Dengan menganggap tulangan tekan belum luluh, maka nilai  $c$  dicari dari,

$$0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b + \frac{x - d'}{x} 600 \cdot A'_s - A_s \cdot f_y = 0$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot c^2 \cdot b + (c - d') 600 \cdot A'_s - A_s \cdot f_y = 0$$

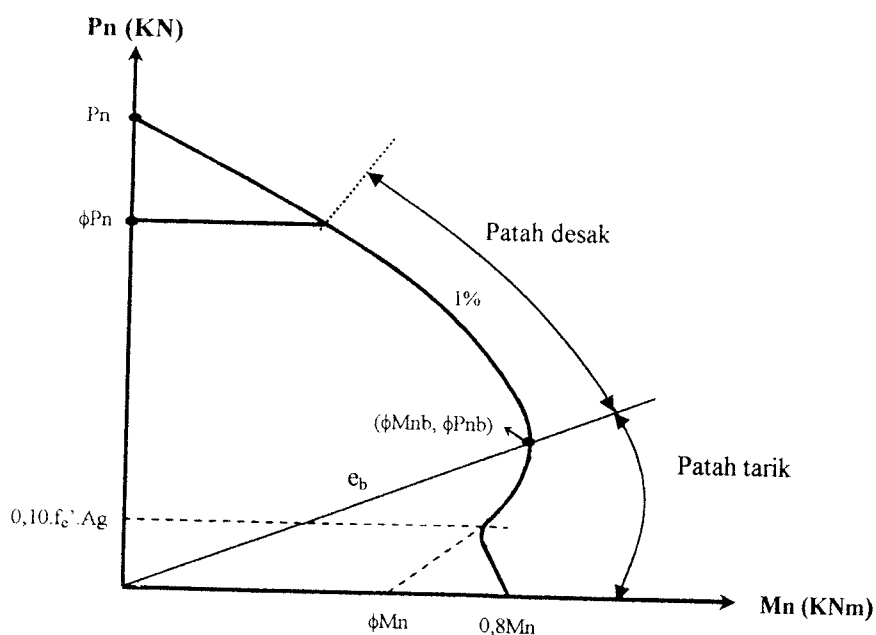
$$0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot c^2 \cdot b + (600 \cdot A'_s - A_s \cdot f_y) c - 600 \cdot A'_s \cdot d' = 0 \quad (3.65s)$$

didapat harga:  $c$ , sehingga  $a = 0,85 \cdot c$

$$M_o = \left[ 0,85 \cdot f'_c \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s \cdot f_y \cdot (d - d') \right] \quad (3.65t)$$

$$M_{no} = \phi M_o \quad (3.65u)$$

kemudian hasil-hasil perhitungan diplotkan kedalam diagram interaksi  $P_n$ - $M_n$  sebagai berikut:



**Gambar 3.11 Diagram interaksi  $P_n$ - $M_n$  untuk luas tulangan 1%**

Selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama terhadap kondisi seimbang, patah desak dan patah tarik untuk luas tulangan 2%-6%  $A_g$ .



Kontrol kapasitas kolom terhadap keruntuhan tarik dengan keseimbangan momen diperhitungkan terhadap titik berat tulangan tarik, dengan demikian eksentrisitas diperhitungkan sebagai:

$$e' = \left[ e + \left( d - \frac{h}{2} \right) \right] \quad (3.65v)$$

dengan  $e'$  adalah eksentrisitas gaya terhadap titik berat tulangan tarik, selanjutnya didapat hubungan sebagai berikut:

$$\left( 1 - \frac{e'}{d} \right) = \frac{h - 2 \cdot e}{2 \cdot d} \quad (3.65w)$$

Kapasitas kolom terhadap keruntuhan tarik ditentukan dari,

$$P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d \cdot \left[ \left( 1 - \frac{e'}{d} \right) + \sqrt{\left( 1 - \frac{e'}{d} \right)^2 + 2 \cdot m \cdot \rho \cdot \left( 1 - \frac{d'}{d} \right)} \right] > P_u \quad (3.65x)$$

Kontrol kapasitas kolom terhadap keruntuhan tekan ditentukan dengan cara,

$$P_o = \frac{A'_s \cdot f_y}{\frac{e}{(d - d')} + 0,05} + \frac{b \cdot h \cdot f'_c}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18} \quad (3.65y)$$

$$P_{no} = \phi \cdot P_o > P_u \quad (3.65z)$$

dengan  $P_o$  adalah kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol.

#### d. Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Geser

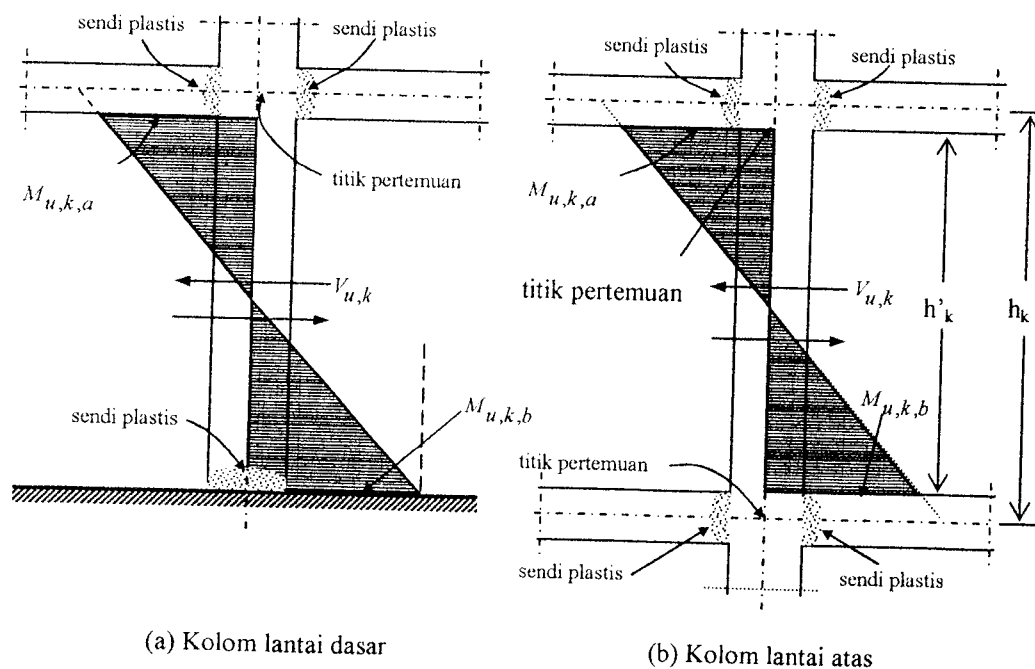
Kuat geser kolom portal dengan daktilitas penuh berdasarkan terjadinya sendi-sendi plastis pada ujung balok-balok yang bertemu pada kolom tersebut menurut Gideon K, dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,k \text{ atas}} + M_{u,k \text{ bawah}}}{h'_k} \quad (3.66a)$$

dan dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1,05 \left( M_{D,k} + M_{L,k} + \frac{4}{K} V_{E,k} \right) \quad (3.66b)$$

dengan  $M_{u,k \text{ atas}}$  adalah momen rencana kolom pada ujung atas dihitung pada muka balok,  $M_{u,k \text{ bawah}}$  adalah momen rencana kolom pada ujung bawah dihitung pada muka balok,  $M_{kap,k \text{ bawah}}$  adalah kapasitas lentur ujung dasar kolom lantai yang nilainya sama dengan  $\phi_0 M_{nak,k \text{ bawah}}$ ,  $M_{nak,k \text{ bawah}}$  adalah kuat lentur nominal aktual ujung dasar kolom lantai dasar (berdasarkan luas tulangan aktual yang terpasang),  $h'_k$  adalah tinggi bersih kolom,  $V_{D,k}$  adalah gaya geser kolom akibat beban mati,  $V_{L,k}$  adalah gaya geser kolom akibat beban hidup,  $V_{E,k}$  adalah gaya geser kolom akibat beban gempa.



**Gambar 3.12 Kolom Lantai Dasar dan Kolom Lantai Atas**

Kuat geser yang disumbangkan beton untuk struktur yang dibebani tekan aksial diberikan dengan ketentuan,

$$V_c = 2 \left( 1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \left( \frac{l}{6} \sqrt{f'_c} \right) b_w \cdot d \quad (3.66c)$$

Spasi tulangan transversal kolom menurut SK SNI-15-1991-03 ayat 3.14.4 butir 4, yaitu:

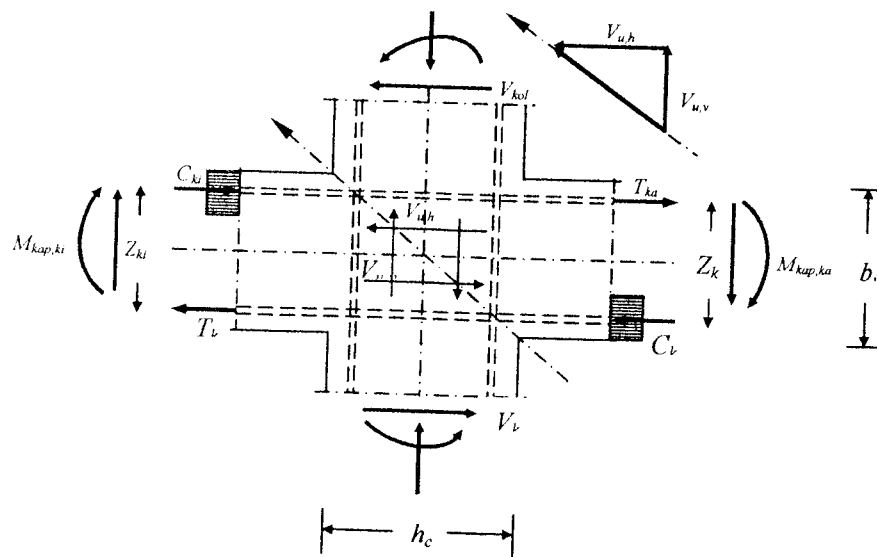
a.  $\leq$  seperempat dari dimensi komponen struktur terkecil (3.66d)

b.  $\leq$  delapan kali diameter tulangan memanjang (3.66e)

c.  $\leq 100$  mm (3.66f)

#### e. Perencanaan Panel Pertemuan Balok Kolom

Panel pertemuan balok kolom portal diproporsikan untuk dapat memenuhi persyaratan kuat geser horizontal perlu ( $V_{u,h}$ ) dan kuat geser vertikal perlu ( $V_{u,v}$ ) yang berkaitan dengan terjadinya momen kapasitas pada sendi plastis pada kedua ujung balok (**Gideon K.**), seperti gambar berikut:



Gambar 3.14 Panel pertemuan balok dan kolom portal

Gaya-gaya yang membentuk keseimbangan pada join rangka ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:

Gaya geser horizontal kolom pada join ( $V_{kol}$ ) ditentukan dari,

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left( \frac{l_{ki}}{l'_{ki}} M_{kap,ki} + \frac{l_{ka}}{l'_{ka}} M_{kap,ka} \right)}{\frac{1}{2} (h_{k,a} + h_{k,b})} \quad (3.67a)$$

dengan  $l_{ki}$  adalah panjang bentang balok sebelah kiri join,  $l'_{ki}$  adalah panjang bentang netto balok sebelah kiri join,  $l_{ka}$  adalah panjang bentang balok sebelah kanan join,  $l'_{ka}$  adalah panjang bentang netto balok sebelah kanan join,  $h_{ka}$  adalah tinggi kolom atas,  $h_{kb}$  adalah tinggi kolom bawah.

Tegangan geser horizontal nominal ( $V_{jh}$ ) dalam join adalah,

$$V_{jh} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol} \quad (3.67b)$$

dengan  $C_{ki}$  adalah gaya desak beton dalam inti join,  $T_{ki}$  adalah gaya tarik baja dalam inti join yang nilainya ditentukan sebagai berikut:

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,7 \frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}} \quad (3.67c)$$

$$T_{ka} = C_{ka} = 0,7 \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}} \quad (3.67d)$$

dengan  $Z$  adalah kopel momen antara gaya desak beton dan gaya tarik baja dalam inti beton disebelah kiri dan kanan join.

Kontrol tegangan geser horizontal minimal ditentukan dari,

$$V_{j,h} = \frac{V_{j,h}}{b_j \cdot h_c} \quad (3.67e)$$

dengan  $b_j$  adalah tinggi balok dan  $h_c$  adalah tinggi potongan penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau,

dengan nilai  $V_{jh}$  tidak boleh melebihi ketentuan berikut:

$$V_{jh} \leq 1,5\sqrt{f'_c} \text{ (Mpa)} \quad (3.67f)$$

Gaya geser horizontal  $V_{jh}$  ditahan oleh dua mekanisme kuat geser inti join, yaitu :

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

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

- Tegangan tekan rata-rata minimal pada penampang bruto kolom beton di atas join, termasuk tegangan prategang, apabila ada, melebihi nilai  $0,1 f'_c$ , maka :

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \left\{ \sqrt{\left( \frac{N_{n,k}}{A_g} - 0,1f'_c \right)} \right\} b_j h_c \quad (3.67g)$$

- Balok diberi gaya prategang yang melewati join, maka :

$$V_{ch} = 0,7P_{cs} \quad (3.67h)$$

dengan  $P_{cs}$  adalah gaya permanen dalam baja prategang yang terletak di sepertiga bagian tengah tinggi kolom.

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

$$V_{ch} = 0,5 \left( \frac{A'_s}{A_s} \right) V_{jh} \left( 1 + \frac{N_{n,k}}{0,4A_g f'_c} \right) \quad (3.67i)$$

dimana rasio  $\frac{A'_s}{A_s} \leq 1$ .

Bila tegangan tekan rata-rata minimum pada penampang bruto kolom di atas join kurang dari  $0,1f_c'$  ( $\rho_c < 0,1f_c'$ ) maka:

$$V_{sh} = V_{jh} - \frac{2}{3} \sqrt{\left( \frac{N_{u,k}}{A_g} \right)} - (0,1f_c')b_{jh} \quad (3.67j)$$

Pada join rangka dengan melakukan relokasi sendi plastis

$$V_{sh} = V_{jh} - 0,5 \frac{A_s'}{A_s} V_{jh} \left( 1 + \frac{N_{u,k}}{0,4A_g f_c'} \right) \quad (3.67k)$$

Luas total efektif tulangan geser horizontal yang melewati bidang kritis diagonal dengan yang diletakkan didaerah tekan join efektif  $b_j$  tidak boleh kurang dari

$$A_{jh} = \frac{V_{jh}}{f_y} \quad (3.67l)$$

Geser join vertikal  $V_{jv}$  dapat dihitung dari,

$$V_{jv} = V_{jh} \frac{h_c}{b_j} \quad (3.67m)$$

Tulangan join geser vertikal didapat dari

$$V_{sv} = V_{jv} - V_{cv} \quad (3.67n)$$

menjadi:

$$V_{cv} = A_{sc}' \frac{V_{sh}}{V_{sc}} \left( 0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g f_c'} \right) \quad (3.67o)$$

dengan  $A_{sc}'$  adalah luas tulangan longitudinal tekan,  $A_{sc}$  adalah luas tulangan longitudinal tarik

Luas tulangan join vertikal ditentukan dari

$$A_{jv} = \frac{V_{sv}}{f_y} \quad (3.67p)$$

### 3.8.2 Perencanaan Struktur Rangka dengan Daktilitas Terbatas

#### a. Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Lentur

Kuat lentur perlu balok portal yang dinyatakan dengan  $M_{u,b}$  dihitung dengan cara yang sama untuk balok portal dengan daktilitas penuh.

#### b. Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Geser

Gaya geser rencana balok portal dengan daktilitas terbatas menurut Gideon K, harus dihitung menurut persamaan berikut :

$$V_{u,b} = 1,05 \left( V_{D,b} + V_{L,b} \pm \frac{4}{K} V_{E,k} \right) \quad (3.68)$$

dengan  $V_{D,b}$  adalah gaya geser balok akibat beban mati takterfaktor,  $V_{L,b}$  adalah gaya geser balok akibat beban hidup takterfaktor,  $V_{E,b}$  adalah gaya geser balok akibat beban gempa takterfaktor, K adalah faktor jenis struktur ( $K \geq 2,0$ )

#### c. Perencanaan Kolom Terhadap Beban Lentur dan Aksial

Kuat lentur kolom portal dengan daktilitas terbatas menurut Gideon K, harus memenuhi:

$$M_{u,k} = 1,05 (M_{D,k} + M_{L,k} \pm \omega_d N_{E,k}) \quad (3.69)$$

dengan  $M_{D,k}$  adalah momen kolom akibat beban mati takterfaktor,  $M_{L,k}$  adalah momen kolom akibat beban hidup takterfaktor,  $M_{E,k}$  adalah momen kolom akibat beban gempa takterfaktor,  $\omega_d$  adalah faktor pembesar dinamis = 1,3.

Gaya akibat rencana  $N_{u,k}$  yang bekerja pada kolom portal dihitung dari :

$$N_{u,k} = 1,05 (N_{D,k} + N_{L,k} \pm \omega_d N_{E,k}) \quad (3.70)$$



dengan  $N_{D,k}$  adalah gaya aksial kolom akibat beban mati takterfaktor,  $N_{L,k}$  adalah gaya aksial kolom akibat beban hidup takterfaktor,  $N_{E,k}$  adalah gaya aksial kolom akibat beban gempa takterfaktor,  $\omega_d$  adalah faktor pembesaran dinamis (1,3).

#### d. Perencanaan Kolom Terhadap Beban Geser

Kuat geser rencana kolom portal dengan daktilitas terbatas,  $V_{u,k}$  menurut Gideon K, harus dihitung dari :

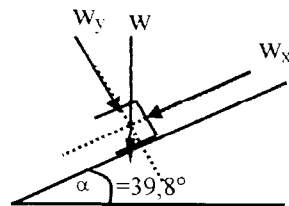
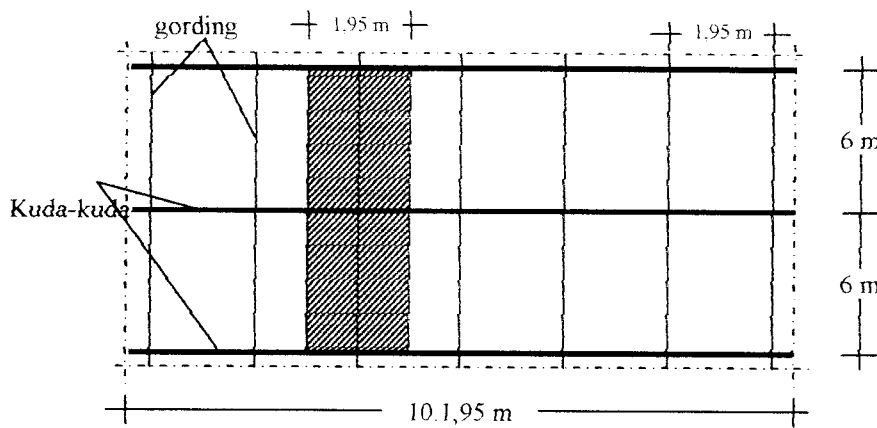
$$V_{u,k} = 1,05(V_{D,k} + V_{L,k} \pm \omega_d V_{E,k}) \quad (3.71)$$

dengan  $V_{D,k}$  adalah gaya geser kolom akibat beban mati takterfaktor,  $V_{L,k}$  adalah gaya geser kolom akibat beban hidup takterfaktor,  $V_{E,k}$  adalah gaya geser kolom akibat beban gempa takterfaktor,  $\omega_d$  adalah faktor pembesaran dinamis.



**BAB IV**  
**PERHITUNGAN STRUKTUR**

**4.1. Perencanaan Gording (untuk kuda-kuda KA<sub>1</sub>, KA<sub>2</sub>, KA<sub>3</sub>, KA<sub>4</sub>)**



**Gambar 4.1** Arah Pembebanan Gording

**4.1.1 Pembebanan Gording**

- a. Beban Mati, (Genting beton =  $0,5 \text{ kN/m}^2$ ), (dari 3.1)
- Genteng beton, reng, usuk :  $0,5 \times 1,95 = 0,975 \text{ kN/m}$
  - Gording taksiran :  $\underline{\quad = 0,15 \text{ kN/m}$
- $W_D = 1,125 \text{ kN/m}$

b. Beban Hidup, ( $L = 0,2 \text{ kN/m}^2$ ), (dari 3.2)

– Beban pekerja atap :  $W_L = 0,2 \times 1,95 = 0,39 \text{ kN/m}$

c. Beban Air Hujan, (dari 3.3)

– Beban air hujan :  $W_R = (40 - 0,8\alpha) \cdot 0,0195 = 0,159 \text{ kN/m}$

d. Beban Angin ( $W = 0,4 \text{ kN/m}^2$ ), (dari 3.4)

– Tiup angin:

$$c_1 = (0,02 \alpha) - 0,4 = (0,02 \times 39,8) - 0,4 = 0,396 \quad (\text{dari 3.4a})$$

$$w_t = 0,396 \times 0,4 \times 1,95 = 0,309 \text{ kN/m}$$

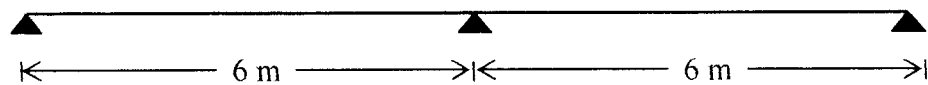
– Hisap angin

$$c_2 = -0,4 \quad (\text{dari 3.4b})$$

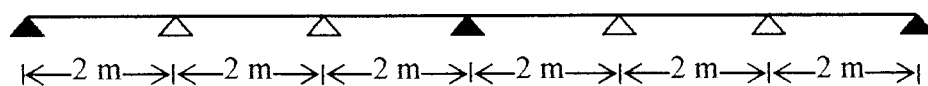
$$w_h = -0,4 \cdot 0,4 \cdot 1,95 = -0,312 \text{ kN/m}$$

e. Momen arah sumbu x dan sumbu y, (dari 3.5)

– Sumbu x (satu sagrod)



– Sumbu y (dua sagrod)



**Tabel 4.1** Pembebanan dan momen sumbu x dan sumbu y

No	Jenis pembebanan	Wx	Wy	Mx	My
		$w \cdot \sin 39,8^\circ$	$w \cdot \cos 39,8^\circ$	$M_x = \frac{1}{11} \cdot w_y \cdot L^2$	$M_y = \frac{1}{11} \cdot w_x \cdot L^2$
1	Beban mati (D)	0,720	0,864	0,262	2,828
2	Beban hidup (L)	0,250	0,300	0,091	0,981
3	Beban hujan (R)	0,102	0,122	0,037	0,399
4	Beban angin (W)				
	- Tiup angin	0	0,309	0	1,011
	- Hisap angin	0	-0,312	0	-1,021

**Tabel 4.2** Kombinasi pembebanan LRFD

No	Kombinasi	Mu,x (kNm)	Mu,y (kNm)
1	1,4 MD	0,367	3,959
2	1,2 MD + 0,5 ML	0,460	3,672
3	1,2 MD + 0,5MR	0,333	3,381
4	1,2 MD + 1,6 ML + 0,8 MW <sub>tiup</sub>	<b>0,460</b>	<b>5,772</b>
5	1,2 MD + 1,6 ML + 0,8 MW <sub>hisap</sub>	0,460	3,934
6	1,2 MD + 1,3 MW <sub>tiup</sub> + 0,5 ML	0,339	4,986
7	1,2 MD + 1,3 MW <sub>hisap</sub> + 0,5 ML	0,339	2,345

#### 4.1.2 Pendimensian Gording

##### a. Arah sumbu x

$$M_{u,x} = 0,440 \text{ kNm}$$

$$F_y = 250 \text{ MPa,}$$

Asumsi penampang kompak, kuat desain:

$$S_y \geq \frac{0,460 \times 10^6}{0,9 \times 250} = 1955,56 \text{ mm}^3 = 1,96 \text{ cm}^3 \quad (\text{dari 3.6})$$

Dipakai Profil I 250x50x20x4,0

$$S_x = 83,7 \text{ cm}^3 \quad ; \quad S_y = 5,66 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 1050 \text{ cm}^4 \quad ; \quad I_y = 23,3 \text{ cm}^4$$

##### b. Arah sumbu y

$$M_{u,y} = 5,559 \text{ kNm}$$

$$S_x = \frac{5,559 \times 10^6}{0,9 \times 250} = 24706,667 \text{ mm}^3$$

$$= 24,707 \text{ cm}^3 < 83,7 \text{ cm}^3$$

profil aman digunakan.

### c. Kontrol Lendutan

- Lendutan sejajar gording

$$E = 210.000 \text{ MPa}$$

$$L = 2000 \text{ mm} \quad (\text{dipasang dua sagrod})$$

$$W_x = 1,2 \cdot 0,720 + 1,6 \cdot 0,250 + 0,8 \cdot 0 = 1,264 \text{ kN/m}$$

dari persamaan 3.7a, didapat:

$$\delta_x = \frac{5}{384} \times 1,264 \times \frac{2000^4}{2 \cdot 10^5 \times 23,3 \cdot 10^4} = 5,4 \text{ mm} < \frac{2000}{360} = 5,6 \text{ mm}$$

- Lendutan tegak lurus gording

$$E = 210.000 \text{ MPa}$$

$$L = 6000 \text{ mm}$$

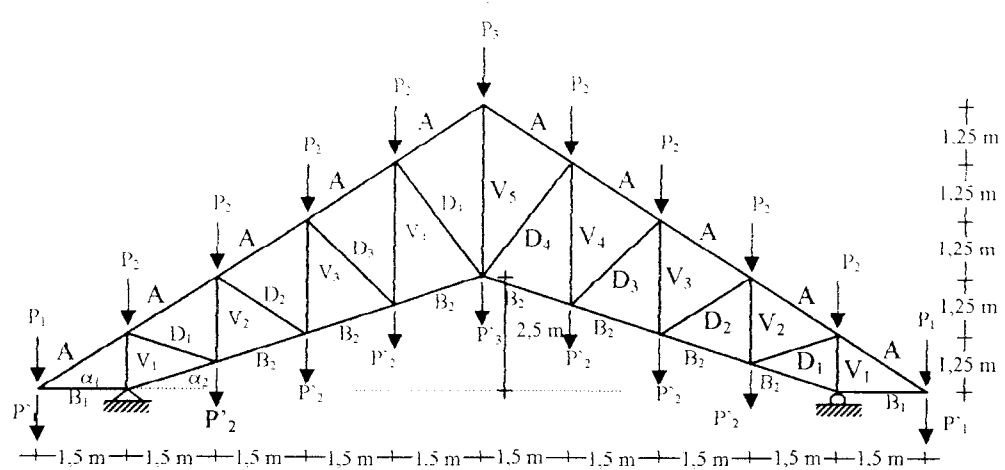
$$W_x = 1,2 \cdot 0,864 + 1,6 \cdot 0,300 + 0,8 \cdot 0,309 = 1,764 \text{ kN/m}$$

dari persamaan 3.7b, didapat:

$$\delta_y = \frac{5}{384} \times 1,764 \times \frac{6000^4}{2 \cdot 10^5 \times 1050 \cdot 10^4} = 14,175 \text{ mm} < \frac{6000}{360} = 16,67$$

## 4.2 Perencanaan Rangka Kuda-Kuda

### 4.2.1 Perencanaan Pembebanan Kuda-kuda KA<sub>1</sub>



Gambar 4.2 Kuda-kuda baja KA<sub>1</sub>

#### 4.2.1.1 Beban Mati (dari 3.8)

$$P_1 = \text{berat gording} : 0,11 \times 6 = 0,66 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times 6 \times 0,5 \times 1,95 = 2,93 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_1 = 3,59 \text{ kN}$$

$$P_2 = \text{berat gording} : 0,11 \times 6 = 0,66 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times 6 \times 1,95 = 5,86 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_2 = 6,52 \text{ kN}$$

$$P_3 = \text{berat gording} : 0,11 \times 6 \times 2 = 1,23 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times 6 \times 1,95 = 5,86 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_3 = 7,09 \text{ kN}$$

$$P'_1 = \text{berat eternit + penggantung} : 0,18 \times 6 \times 0,5 \times 1,5 = 0,81 \text{ kN}$$

$$\text{berat taksiran kuda-kuda} : 0,5 \times 0,5 \times 1,5 = 0,38 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P'_1 = 1,19 \text{ kN}$$

$$P'_2 = \text{berat eternit} + \text{penggantung} = 0,18 \times 6 \times 1,625 = 1,76 \text{ kN}$$

$$\text{berat taksiran kuda-kuda} = 0,5 \times 1,625 = 0,81 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P'_2 = 2,57 \text{ kN}$$

#### 4.2.1.2 Beban Hidup, (dari 3.9)

$$P_1 = \text{beban hidup} = 0,2 \times 6 \times 0,5 \times 1,95 = 1,17 \text{ kN}$$

$$P_2 = P_3 = \text{beban hidup} = 0,2 \times 6 \times 1,95 = 2,34 \text{ kN}$$

#### 4.2.1.3 Beban Angin, (dari 3.9)

$$\text{muatan angin} = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

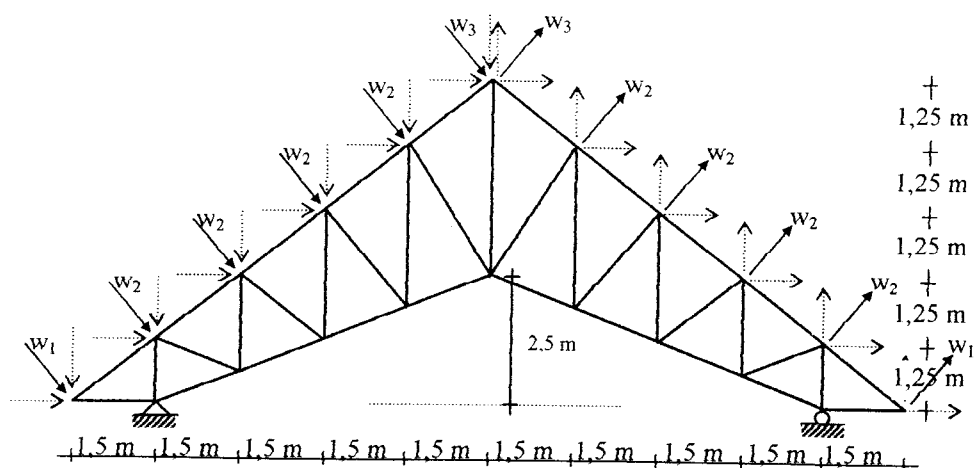
$$\text{koefisien angin tekan, } c_1 = (0,02 \times \alpha) - 0,4 = 0,02 (39,8) - 0,4 = 0,396$$

$$\text{koefisien angin hisap, } c_2 = -0,4$$

$$w_t = 0,396 \times 0,4 = 0,16 \text{ kN/m}^2$$

$$w_h = -0,4 \times 0,4 = -0,16 \text{ kN/m}^2$$

#### a. Angin Kiri



**Gambar 4.3** Beban angin kiri pada kuda-kuda baja KA<sub>1</sub>

– sisi kiri = angin tekan

$$wt_1 = 0,16 \times 0,5 \times 1,95 \times 6 = 0,93 \text{ kN}$$

$$wt_{x1} = 0,93 \times \sin 39,8 = 0,59 \text{ kN}$$

$$wt_{y1} = 0,93 \times \cos 39,8 = 0,71 \text{ kN}$$

$$wt_2 = 0,16 \times 1,95 \times 6 = 1,85 \text{ kN}$$

$$wt_{x2} = 1,85 \times \sin 39,8 = 1,19 \text{ kN}$$

$$wt_{y2} = 1,85 \times \cos 39,8 = 1,42 \text{ kN}$$

– sisi kanan = angin hisap

$$wh_1 = -0,16 \times 0,5 \times 1,95 \times 6 = -0,93 \text{ kN}$$

$$wh_{x1} = 0,93 \times \sin 39,8 = 0,59 \text{ kN}$$

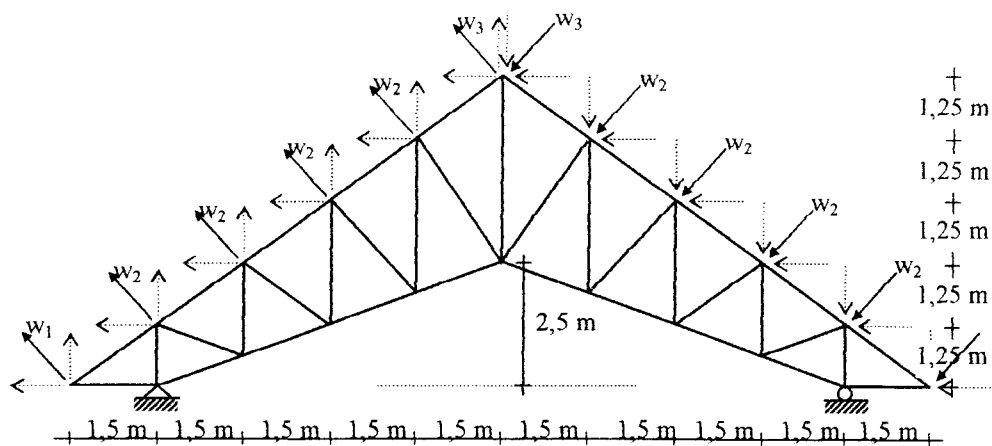
$$wh_{y1} = 0,93 \times \cos 39,8 = 0,72 \text{ kN}$$

$$wh_2 = -0,16 \times 1,95 \times 6 = -1,87 \text{ kN}$$

$$wh_{x2} = 1,87 \times \sin 39,8 = 1,19 \text{ kN}$$

$$wh_{y2} = 1,87 \times \cos 39,8 = 1,44 \text{ kN}$$

### b. Angin Kanan



**Gambar 4.4** Beban angin kanan pada kuda-kuda baja KA<sub>1</sub>





#### 4.2.2.1 Beban Mati

$$P_1 = \text{berat gording} : 0,11 \times 6 = 0,66 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,98}{2} \right] = 2,75 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_1 = 3,41 \text{ kN}$$

$$P_2 = \text{berat gording} : 0,11 \times 4,5 = 0,49 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times \left[ \frac{(5,25 + 3,75) \times 1,95}{2} \right] = 4,39 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_2 = 4,88 \text{ kN}$$

$$P_3 = \text{berat gording} : 0,11 \times 3 = 0,33 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,95}{2} \right] = 2,93 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_3 = 3,26 \text{ kN}$$

$$P_4 = \text{berat gording} : 0,11 \times 3 = 0,33 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,95}{2} \right) \times 2 + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \times 2 \right) \right] = 3,21 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_4 = 3,54 \text{ kN}$$

$$P'_1 = \text{berat eternit + penggantung} : 0,18 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,75}{2} \right] = 0,76 \text{ kN}$$

$$\text{berat taksiran kuda-kuda} : 0,5 \times 0,5 \times 1,5 = 0,38 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P'_1 = 1,14 \text{ kN}$$

$$P'_3 = \text{berat eternit + penggantung} = 0,18 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,63}{2} \right] = 0,88 \text{ kN}$$

$$\text{berat taksiran kuda-kuda} = 0,5 \times 1,5 = 0,75 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P'_3 = 1,63 \text{ kN}$$

$P'_4$  = berat eternit + penggantung :

$$0,18 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,63}{2} \right) \times 2 + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \times 2 \right) \right] = 0,98 \text{ kN}$$

$$\text{berat taksiran kuda-kuda} : 0,5 \times 2,25 = 1,13 \text{ kN}$$

Berat total  $P'_4 = 2,11 \text{ kN}$

#### 4.2.2.2 Beban Hidup

$$P_1 = 0,2 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,98}{2} \right] = 1,09 \text{ kN}$$

$$P_2 = 0,2 \times \left[ \frac{(5,25 + 3,75) \times 1,95}{2} \right] = 1,76 \text{ kN}$$

$$P_3 = 0,2 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,95}{2} \right] = 1,17 \text{ kN}$$

$$P_4 = 0,2 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,95}{2} \right) \times 2 + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \times 2 \right) \right] = 1,28 \text{ kN}$$

#### 4.2.2.3 Beban Angin

$$\text{muatan angin} = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{koefisien angin tekan, } c_1 = (0,02 \times \alpha) - 0,4 = 0,02 (39,8) - 0,4 = 0,396$$

$$\text{koefisien angin hisap, } c_2 = -0,4$$

$$w_t = 0,396 \times 0,4 = 0,16 \text{ kN/m}^2$$

$$w_h = -0,4 \times 0,4 = -0,16 \text{ kN/m}^2$$

##### a. Angin Kiri

– sisi kiri = tekan

$$w_{t1} = 0,16 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,98}{2} \right] = 0,87 \text{ kN}$$

$$wt_2 = 0,16 \times \left[ \frac{(5,25 + 3,75) \times 1,95}{2} \right] = 1,39 \text{ kN}$$

$$wt_3 = 0,16 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,95}{2} \right] = 0,93 \text{ kN}$$

$$wt_4 = 0,16 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,95}{2} \right) + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right) \right] = 0,508 \text{ kN}$$

– sisi kanan = hisap

$$wh_1 = -0,16 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,98}{2} \right] = 0,88 \text{ kN}$$

$$wh_2 = -0,16 \times \left[ \frac{(5,25 + 3,75) \times 1,95}{2} \right] = 1,41 \text{ kN}$$

$$wh_3 = -0,16 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,95}{2} \right] = 0,94 \text{ kN}$$

$$wh_4 = -0,16 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,95}{2} \right) + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right) \right] = 0,52 \text{ kN}$$

## b. Angin Kanan

– sisi kiri = hisap

$$wh_1 = -0,16 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,98}{2} \right] = 0,88 \text{ kN}$$

$$wh_2 = -0,16 \times \left[ \frac{(5,25 + 3,75) \times 1,95}{2} \right] = 1,41 \text{ kN}$$

$$wh_3 = -0,16 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,95}{2} \right] = 0,94 \text{ kN}$$

$$wh_4 = -0,16 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,95}{2} \right) + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right) \right] = 0,52 \text{ kN}$$

– sisi kanan = tekan

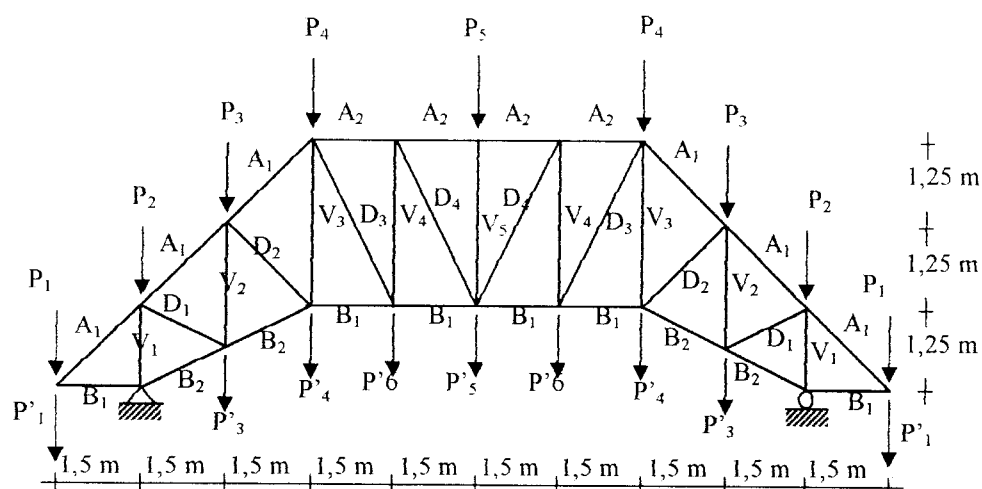
$$wt_1 = 0,16 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,98}{2} \right] = 0,88 \text{ kN}$$

$$wt_2 = 0,16 \times \left[ \frac{(5,25 + 3,75) \times 1,95}{2} \right] = 1,39 \text{ kN}$$

$$wt_3 = 0,16 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,95}{2} \right] = 0,93 \text{ kN}$$

$$wt_4 = 0,16 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,95}{2} \right) + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right) \right] = 0,51 \text{ kN}$$

### 4.2.3 Perencanaan Pembebanan Kuda-kuda KA<sub>3</sub>



Gambar 4.6 Kuda-Kuda KA<sub>3</sub>

#### 4.2.3.1 Beban Mati

$$P_1 = \text{berat gording} : 0,11 \times 6 = 0,66 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,98}{2} \right] = 2,75 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_1 = 3,41 \text{ kN}$$

$$P_2 = \text{berat gording} : 0,11 \times 4,5 = 0,49 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times \left[ \frac{(5,25 + 3,75) \times 1,95}{2} \right] = 4,39 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_2 = 4,88 \text{ kN}$$

$$P_3 = \text{berat gording} : 0,11 \times 3 = 0,33 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,95}{2} \right] = 2,93 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_3 = 3,26 \text{ kN}$$

$$P_4 = \text{berat gording} : 0,11 \times 3 = 0,33 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,95}{2} \right) \times 2 + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \times 2 \right) \right] = 3,21 \text{ kN}$$

$$RKA_{2 \text{ ki/ka}} : = 2,17 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_4 = 5,71 \text{ kN}$$

$$P_5 = \text{berat gording} : 0,11 \times 3 = 0,33 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times 3 \times 2,25 = 3,38 \text{ kN}$$

$$RKA_{2 \text{ teng}} : = 2,61 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_5 = 6,32 \text{ kN}$$

$$P'_1 = \text{berat eternit + penggantung} : 0,18 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,75}{2} \right] = 0,76 \text{ kN}$$

$$\text{berat taksiran kuda-kuda} : 0,5 \times 0,5 \times 1,5 = 0,38 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P'_1 = 1,14 \text{ kN}$$

$$P'_3 = \text{eternit + penggantung} = 0,18 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,625}{2} \right] = 0,88 \text{ kN}$$

$$\text{berat taksiran kuda-kuda} = 0,5 \times 1,5 = 0,75 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P'_3 = 1,63 \text{ kN}$$

$P'_4 =$  berat eternit + penggantung :

$$0,18 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,63}{2} \right) \times 2 + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \times 2 \right) \right] = 0,98 \text{ kN}$$

berat taksiran kuda-kuda :  $0,5 \times 2,25 = 1,13 \text{ kN}$

$RKA_2'_{ki/ka} = 0,26 \text{ kN}$

Berat total  $P'_4 = 4,07 \text{ kN}$

$P'_5 =$  berat eternit + penggantung =  $0,18 \times 3 \times 2,44 = 1,32 \text{ kN}$

berat taksiran kuda-kuda =  $0,5 \times 3 = 1,50 \text{ kN}$

$RKA_2'_{teng} = 1,69 \text{ kN}$

Berat total  $P'_5 = 4,51 \text{ kN}$

$P'_6 =$  berat eternit + penggantung =  $0,18 \times 3 \times 2,44 = 1,32 \text{ kN}$

berat taksiran kuda-kuda =  $0,5 \times 3 = 1,50 \text{ kN}$

Berat total  $P'_6 = 2,82 \text{ kN}$

#### 4.2.3.2 Beban Hidup

$$P_1 = 0,2 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,98}{2} \right] = 1,09 \text{ kN}$$

$$P_2 = 0,2 \times \left[ \frac{(5,25 + 3,75) \times 1,95}{2} \right] = 1,76 \text{ kN}$$

$$P_3 = 0,2 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,95}{2} \right] = 1,17 \text{ kN}$$

$$P_4 = 0,2 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,95}{2} \right) \times 2 + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \times 2 \right) \right] + 0,66 = 1,94 \text{ kN}$$

$P_4' = RKA_2'_{ki/ka} = 0,04 \text{ kN}$

$P_5 = 0,2 \times 3 \times 2,25 + 0,78 = 2,13 \text{ kN}$

$P_5' = RKA_2'_{teng} = 0,44 \text{ kN}$

### 4.2.3.3 Beban Angin

$$\text{muatan angin} = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{koefisien angin tekan, } c_1 = (0,02 \times \alpha) - 0,4 = 0,02 (39,8) - 0,4 = 0,4$$

$$\text{koefisien angin hisap, } c_2 = -0,4$$

$$w_t = 0,4 \times 0,4 = 0,16 \text{ kN/m}^2$$

$$w_h = -0,4 \times 0,4 = -0,16 \text{ kN/m}^2$$

#### a. Angin Kiri

– sisi kiri = tekan

$$w_{t1} = 0,16 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,98}{2} \right] = 0,87 \text{ kN}$$

$$w_{t_{x1}} = 0,87 \times \sin 39,8 = 0,56 \text{ kN}$$

$$w_{t_{y1}} = 0,87 \times \cos 39,8 = 0,67 \text{ kN}$$

$$w_{t2} = 0,16 \times \left[ \frac{(5,25 + 3,75) \times 1,95}{2} \right] = 1,39 \text{ kN}$$

$$w_{t_{x2}} = 1,39 \times \sin 39,8 = 0,89 \text{ kN}$$

$$w_{t_{y2}} = 1,39 \times \cos 39,8 = 1,07 \text{ kN}$$

$$w_{t3} = 0,1584 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,95}{2} \right] = 0,93 \text{ kN}$$

$$w_{t_{x3}} = 0,93 \times \sin 39,8 = 0,59 \text{ kN}$$

$$w_{t_{y3}} = 0,93 \times \cos 39,8 = 0,71 \text{ kN}$$

$$w_{t4} = 0,16 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,95}{2} \right) + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right) \right] = 0,51 \text{ kN}$$

$$w_{t_{x4}} = 0,51 \times \sin 39,8 = 0,33 \text{ kN}$$

$$w_{t_{y4}} = 0,51 \times \cos 39,8 = 0,39 \text{ kN}$$

$$P_4 = RKA_{2\text{ki/ka}} = -0,02 \text{ kN}$$

$$P_4' = RKA_{2'\text{ki/ka}} = 0,04 \text{ kN}$$

$$P_5 = RKA_{2\text{teng}} = 0,16 \text{ kN}$$

$$P_5' = RKA_{2'\text{teng}} = 0,62 \text{ kN}$$

– sisi kanan = hisap

$$wh_1 = -0,16 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,98}{2} \right] = 0,88 \text{ kN}$$

$$wh_{x1} = 0,88 \times \sin 39,8 = 0,56 \text{ kN}$$

$$wh_{y1} = 0,88 \times \cos 39,8 = 0,68 \text{ kN}$$

$$wh_2 = -0,16 \times \left[ \frac{(5,25 + 3,75) \times 1,95}{2} \right] = 1,41 \text{ kN}$$

$$wh_{x2} = 1,41 \times \sin 39,8 = 0,90 \text{ kN}$$

$$wh_{y2} = 1,41 \times \cos 39,8 = 1,08 \text{ kN}$$

$$wh_3 = -0,16 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,95}{2} \right] = 0,94 \text{ kN}$$

$$wh_{x3} = 0,94 \times \sin 39,8 = 0,60 \text{ kN}$$

$$wh_{y3} = 0,94 \times \cos 39,8 = 0,72 \text{ kN}$$

$$wh_4 = -0,16 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,95}{2} \right) + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right) \right] = 0,51 \text{ kN}$$

$$wh_{x4} = 0,51 \times \sin 39,8 = 0,33 \text{ kN}$$

$$wh_{y4} = 0,51 \times \cos 39,8 = 0,39 \text{ kN}$$

## b. Angin Kanan

– sisi kiri = hisap

$$wh_1 = -0,16 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,98}{2} \right] = 0,88 \text{ kN}$$

$$wh_{x1} = 0,88 \times \sin 39,8 = 0,56 \text{ kN}$$



$$wh_{y1} = 0,88 \times \cos 39,8 = 0,66 \text{ kN}$$

$$wh_2 = -0,16 \times \left[ \frac{(5,25 + 3,75) \times 1,95}{2} \right] = 1,41 \text{ kN}$$

$$wh_{x2} = 1,41 \times \sin 39,8 = 0,90 \text{ kN}$$

$$wh_{y2} = 1,41 \times \cos 39,8 = 1,08 \text{ kN}$$

$$wh_3 = -0,16 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,95}{2} \right] = 0,94 \text{ kN}$$

$$wh_{x3} = 0,94 \times \sin 39,8 = 0,60 \text{ kN}$$

$$wh_{y3} = 0,94 \times \cos 39,8 = 0,72 \text{ kN}$$

$$wh_4 = -0,16 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,95}{2} \right) + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right) \right] = 0,51 \text{ kN}$$

$$wh_{x4} = 0,51 \times \sin 39,8 = 0,33 \text{ kN}$$

$$wh_{y4} = 0,51 \times \cos 39,8 = 0,39 \text{ kN}$$

$$P_4 = RKA_{2 \text{ ki ka}} = 0,02 \text{ kN}$$

$$P_4' = RKA_{2' \text{ ki ka}} = -0,04 \text{ kN}$$

$$P_5 = RKA_{2 \text{ teng}} = -0,63 \text{ kN}$$

$$P_5' = RKA_{2' \text{ teng}} = -0,63 \text{ kN}$$

\_ sisi kanan = tekan

$$wt_1 = 0,16 \times \left[ \frac{(6 + 5,25) \times 0,98}{2} \right] = 0,87 \text{ kN}$$

$$wt_{x1} = 0,87 \times \sin 39,8 = 0,56 \text{ kN}$$

$$wt_{y1} = 0,87 \times \cos 39,8 = 0,67 \text{ kN}$$

$$wt_2 = 0,16 \times \left[ \frac{(5,25 + 3,75) \times 1,95}{2} \right] = 1,39 \text{ kN}$$

$$wt_{x2} = 1,39 \times \sin 39,8 = 0,89 \text{ kN}$$

$$wt_{y2} = 1,39 \times \cos 39,8 = 1,07 \text{ kN}$$

$$wt_3 = 0,16 \times \left[ \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,95}{2} \right] = 0,93 \text{ kN}$$

$$wt_{x3} = 0,93 \times \sin 39,8 = 0,59 \text{ kN}$$

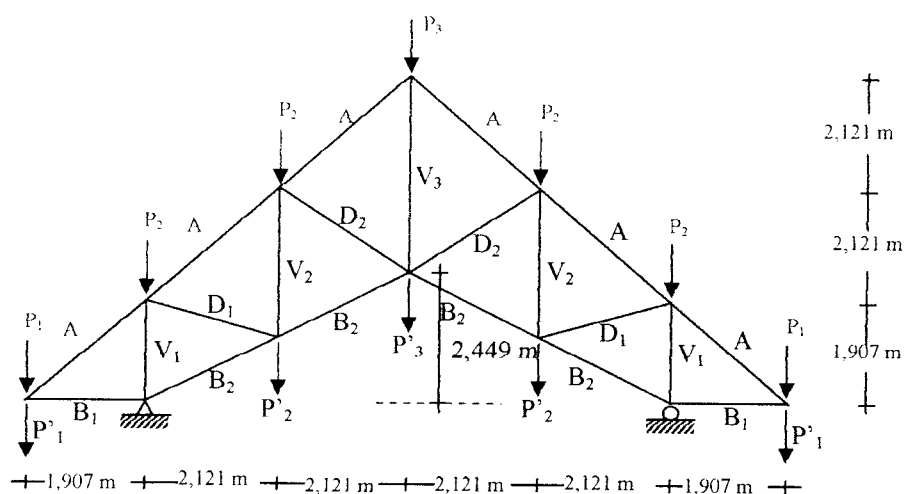
$$wt_{y3} = 0,93 \times \cos 39,8 = 0,71 \text{ kN}$$

$$wt_4 = 0,16 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,95}{2} \right) + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right) \right] = 0,51 \text{ kN}$$

$$wt_{x4} = 0,51 \times \sin 39,8 = 0,33 \text{ kN}$$

$$wt_{y4} = 0,51 \times \cos 39,8 = 0,39 \text{ kN}$$

#### 4.2.4 Perencanaan Kuda-Kuda KA<sub>4</sub>



Gambar 4.7 Kuda-Kuda KA<sub>4</sub>

##### 4.2.4.1 Beban Mati

$$P_1 = \text{berat gording} : 0,11 \times 8,7 = 0,96 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times \left[ \left( \frac{(4,35 + 3,68) \times 0,95}{2} \right) \times 2 \right] = 3,82 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_1 = 4,78 \text{ kN}$$

$$P_2 = \text{berat gording} : 0,11 \times 6 = 0,66 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times \left[ \left( \frac{(3,68 + 2,25) \times 2,01}{2} \right) \times 2 \right] = 5,97 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_2 = 6,63 \text{ kN}$$

$$P_3 = \text{berat gording} : 0,11 \times 3 = 0,33 \text{ kN}$$

$$\text{berat genteng} : 0,5 \times \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 2,12}{2} \right) \times 2 \right] = 3,18 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P_3 = 3,41 \text{ kN}$$

$$P_4 = \text{berat genteng} : 0,5 \cdot 4 \cdot \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \times 1,95}{2} \right) \cdot 2 + \left( \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right) \cdot 2 \right] = 1,13 \text{ kN}$$

$$P'_1 = \text{berat eternit + penggantung} : 0,18 \left[ \left( \frac{(4,35 + 3,68) \cdot 0,675}{2} \right) \cdot 2 \right] = 0,98 \text{ kN}$$

$$\text{berat taksiran kuda-kuda} : 0,5 \times 0,5 \times 1,91 = 0,48 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P'_1 = 1,46 \text{ kN}$$

$$P'_3 = \text{berat eternit + penggantung} = 0,18 \cdot \left[ \left( \frac{(2,25 + 0,75) \cdot 2,12}{2} \right) \cdot 2 \right] = 1,14 \text{ kN}$$

$$\text{berat taksiran kuda-kuda} = 0,5 \times 2,12 = 1,07 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P'_3 = 2,21 \text{ kN}$$

$$P'_4 = \text{berat eternit + penggantung} : 0,18 \times \left[ \frac{0,75}{2} \times 0,75 \times 2 \right] = 0,10 \text{ kN}$$

$$\text{berat taksiran kuda-kuda} : 0,5 \times 1,06 = 0,53 \text{ kN}$$

$$\text{Berat total } P'_4 = 0,63 \text{ kN}$$

$$P'_4 = 0,63 \times 4 = 2,52 \text{ kN}$$

#### 4.2.4.2 Beban Hidup

$$P_1 = 0,2 \times \left[ \left( \frac{(6 + 5,25) \times 0,98}{2} \right) \times 2 \right] = 1,53 \text{ kN}$$

$$P_2 = 0,2 \times \left[ \left( \frac{(5,25 + 3,75) \times 1,95}{2} \right) \times 2 \right] = 2,39 \text{ kN}$$

$$P_3 = 0,2 \times \left[ \left( \frac{(3,75 + 2,25) \times 1,95}{2} \right) \times 2 \right] = 1,27 \text{ kN}$$

$$P_4 = 0,2 \times 4 \times \left[ \frac{0,75}{2} \times 0,75 \times 2 \right] = 0,45 \text{ kN}$$

#### 4.2.4.3 Beban Angin

$$\text{muatan angin} = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{sudut kemiringan } \alpha = 45^\circ$$

$$\text{koefisien angin tekan, } c_1 = (0,02 \times \alpha) - 0,4 = 0,02 (45) - 0,4 = 0,5$$

$$\text{koefisien angin hisap, } c_2 = -0,4$$

$$w_t = 0,5 \times 0,4 = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$w_h = -0,4 \times 0,4 = -0,16 \text{ kN/m}^2$$

##### a. Angin Kiri

\_ sisi kiri = tekan

$$w_{t1} = 0,2 \times \left[ \frac{(4,35 + 3,68) \times 0,95}{2} \right] = 0,77 \text{ kN}$$

$$w_{x1} = w_{y1} = 0,77 \times \sin 45 = 0,54 \text{ kN}$$

$$w_{t2} = 0,2 \times \left[ \frac{(3,68 + 2,25) \times 2,01}{2} \right] = 1,19 \text{ kN}$$

$$w_{x2} = w_{y2} = 1,19 \times \sin 45 = 0,84 \text{ kN}$$

$$wt_3 = 0,2 \times \left[ \frac{(2,25 + 0,75) \times 2,12}{2} \right] = 0,64 \text{ kN}$$

$$wt_{x3} = wt_{y3} = 0,64 \times \sin 45 = 0,45 \text{ kN}$$

$$wt_4 = 0,2 \times \left[ \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right] = 0,06 \text{ kN}$$

$$wt_{x4} = wt_{y4} = 2 \times (0,06 \times \sin 45) = 2 \times 0,04 = 0,08 \text{ kN}$$

– sisi kanan = hisap

$$wh_1 = -0,16 \times \left[ \frac{(4,35 + 3,68) \times 0,95}{2} \right] = 0,61 \text{ kN}$$

$$wh_{x1} = wh_{y1} = 0,61 \times \sin 45 = 0,43 \text{ kN}$$

$$wh_2 = -0,16 \times \left[ \frac{(3,68 + 2,25) \times 2,01}{2} \right] = 0,96 \text{ kN}$$

$$wh_{x2} = wh_{y2} = 0,96 \times \sin 45 = 0,68 \text{ kN}$$

$$wh_3 = -0,16 \times \left[ \frac{(2,25 + 0,75) \times 2,12}{2} \right] = 0,51 \text{ kN}$$

$$wh_{x3} = wh_{y3} = 0,51 \times \sin 45 = 0,36 \text{ kN}$$

$$wh_4 = -0,16 \times \left[ \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right] = 0,05 \text{ kN}$$

$$wh_{x4} = wh_{y4} = 2 \times (0,05 \times \sin 45) = 0,06 \text{ kN}$$

## b. Angin Kanan

– sisi kiri = hisap

$$wh_1 = -0,16 \times \left[ \frac{(4,35 + 3,68) \times 0,95}{2} \right] = 0,61 \text{ kN}$$

$$wh_{x1} = wh_{y1} = 0,61 \times \sin 45 = 0,43 \text{ kN}$$

$$wh_2 = -0,16 \times \left[ \frac{(3,68 + 2,25) \times 2,01}{2} \right] = 0,96 \text{ kN}$$

$$wh_{x2} = wh_{y2} = 0,96 \times \sin 45 = 0,68 \text{ kN}$$

$$wh_3 = -0,16 \times \left[ \frac{(2,25 + 0,75) \times 2,12}{2} \right] = 0,51 \text{ kN}$$

$$wh_{x3} = wh_{y3} = 0,51 \times \sin 45 = 0,36 \text{ kN}$$

$$wh_4 = -0,16 \times \left[ \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right] = 0,05 \text{ kN}$$

$$wh_{x4} = wh_{y4} = 2 \times (0,05 \times \sin 45) = 0,06 \text{ kN}$$

– sisi kanan = tekan

$$wt_1 = 0,2 \times \left[ \frac{(4,35 + 3,68) \times 0,95}{2} \right] = 0,77 \text{ kN}$$

$$wt_{x1} = wt_{y1} = 0,77 \times \sin 45 = 0,54 \text{ kN}$$

$$wt_2 = 0,2 \times \left[ \frac{(3,68 + 2,25) \times 2,01}{2} \right] = 1,19 \text{ kN}$$

$$wt_{x2} = wt_{y2} = 1,19 \times \sin 45 = 0,84 \text{ kN}$$

$$wt_3 = 0,2 \times \left[ \frac{(2,25 + 0,75) \times 2,12}{2} \right] = 0,64 \text{ kN}$$

$$wt_{x3} = wt_{y3} = 0,64 \times \sin 45 = 0,45 \text{ kN}$$

$$wt_4 = 0,2 \times \left[ \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right] = 0,06 \text{ kN}$$

$$wt_{x4} = wt_{y4} = 2 \times (0,06 \times \sin 45) = 0,08 \text{ kN}$$

$$wt_1 = 0,2 \times \left[ \frac{(4,35 + 3,68) \times 0,95}{2} \right] = 0,77 \text{ kN}$$

$$wt_{x1} = wt_{y1} = 0,77 \times \sin 45 = 0,54 \text{ kN}$$

$$wt_2 = 0,2 \times \left[ \frac{(3,68 + 2,25) \times 2,01}{2} \right] = 1,19 \text{ kN}$$

$$wt_{x2} = wt_{y2} = 1,19 \times \sin 45 = 0,84 \text{ kN}$$

$$wt_3 = 0,2 \times \left[ \frac{(2,25 + 0,75) \times 2,12}{2} \right] = 0,64 \text{ kN}$$

$$wt_{x3} = wt_{y3} = 0,64 \times \sin 45 = 0,45 \text{ kN}$$

$$wt_4 = 0,2 \times \left[ \frac{0,75}{2} \times 0,75 \right] = 0,06 \text{ kN}$$

$$wt_{x4} = wt_{y4} = 2 \times (0,06 \times \sin 45) = 2 \times 0,04 = 0,08 \text{ kN}$$

### 4.3 Pendimensionian Rangka Kuda-Kuda

#### 4.3.1 Dimensi Rangka Kuda-Kuda KA<sub>1</sub>

##### a. Perhitungan Batang Desak Vertikal

$$N_u = -64,588 \text{ kN}$$

$$L = 1,250 \text{ m}$$

$$F_y = 250 \text{ MPa} = 250 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$$

Menentukan  $N_n$  perlu

$$N_n = \frac{-64,588}{0,85} = -75,99 \text{ kN}$$

Estimasi jarak kopel minimum

$$L_1 = \frac{1250}{3} = 416,667 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.11})$$

Menentukan  $i$  minimum perlu

$$i_{x \min} = i_{y \min} ; \quad i_{\min} = \frac{416,667}{200} = 2,083 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.12a})$$

Dicoba profil 2 L 50.50.5

$$A_g = 480 \text{ mm}^2 \quad i_{\eta} = 9,8 \text{ mm}$$

$$I_x = I_y = 11 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

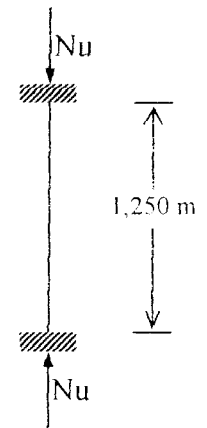
Kontrol kestabilan elemen batang

$$\lambda_1 = \frac{1 \times 416,67}{9,8} = 42,52 < 50 \quad (\text{dari 3.13})$$

Jari-jari batang ganda

$$I_x = 2 \cdot 11 \cdot 10^4 = 22 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad (\text{dari 3.14a})$$

$$i_x = \sqrt{\frac{22 \cdot 10^4}{2 \cdot 480}} = 15,1 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.14c})$$



(dari 3.10)



$$I_y = 2 \left[ 10000 + 480(14 + 0,5x5)^2 \right] = 481360 \text{ mm}^4 \quad (\text{dari 3.14d})$$

$$i_y = \sqrt{\frac{481360}{960}} = 22,392 \quad (\text{dari 3.14e})$$

Kontrol batas kelangsingan dan batas kekompakan profil

$$\lambda_r = \frac{50}{5} = 10 < \lambda_r = \frac{200}{\sqrt{250}} = 12,65 \quad (\text{dari 3.15})$$

Kelangsingan arah sumbu bahan (sumbu x-x)

$$\lambda_x = \frac{1 \times 1250}{30,2} = 82,781 \quad (\text{dari 3.16})$$

Kontrol kestabilan batang

$$\frac{\lambda_x}{\lambda_1} = \frac{82,781}{42,517} = 1,947 > 1,2 \quad (\text{dari 3.17})$$

Kelangsingan arah sumbu bebas bahan (sumbu y-y)

$$\lambda_y = \frac{1 \times 1250}{22,392} = 55,823 \quad (\text{dari 3.18})$$

Kelangsingan ideal, (dari 3.19)

$$\lambda_{iy} = \sqrt{55,823^2 + \frac{2}{2} \times 42,517^2} = 70,170 > 1,2\lambda_1 = 1,2 \times 42,517 = 51,02$$

Tekuk terjadi pada sumbu bahan

$$\lambda_{cx} = \frac{82,781}{\pi} \sqrt{\frac{250}{2 \times 10^5}} = 0,932 ; (0,25 < \lambda_c < 1,2) \quad (\text{dari 3.20})$$

$$\omega_x = \frac{1,43}{(1,6 - 0,67 \times 0,932)} = 1,466 \quad (\text{dari 3.20b})$$

Tekuk terjadi pada sumbu bebas bahan

$$\lambda_{ey} = \frac{70,170}{\pi} \sqrt{\frac{250}{2 \times 10^5}} = 0,789 ; (0,25 < \lambda_c < 1,2) \quad (\text{dari 3.21})$$

$$\omega_y = 1,3347 \quad (\text{dari 3.20b})$$

Kapasitas gaya tekan, (dari 3.22a dan 22b)

$$\phi N_{nx} = 0,85 \times 960 \times \frac{250}{1,466} \times 10^{-3} = 139,154 \text{ kN} > N_u = 64,5876 \text{ kN}$$

$$\phi N_{ny} = 0,85 \times 960 \times \frac{250}{1,3347} \times 10^{-3} = 152,843 \text{ kN} > N_u = 64,5876 \text{ kN}$$

Kontrol tekuk lentur-torsi ( $\nu = 0,3$ )

$$G = \frac{2 \cdot 10^5}{2(1+0,3)} = 76923,077 \text{ MPa} \quad (\text{dari 3.23a})$$

$$J = \sum 2 \left[ \frac{1}{12} \times 50 \times 5^3 + \frac{1}{3} \left( 50 - \frac{5}{2} \right) \times 5^3 \right] = 8125 \text{ mm}^4 \quad (\text{dari 3.23b})$$

$$y_o = 14 - \frac{5}{2} = 11,5 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.23c})$$

$$x_o = 0 \quad (\text{dari 3.23d})$$

$$r_o^2 = \frac{110000 + 110000}{960} + 0 + 11,5^2 = 361,417 \text{ mm}^2 \quad (\text{dari 3.23e})$$

$$f_{crz} = \frac{76923,077 \times 8125}{960 \times 361,417} = 1801,359 \text{ MPa} \quad (\text{dari 3.23f})$$

$$H = 1 - \left( \frac{0 + 11,5^2}{361,417} \right) = 0,634 \quad (\text{dari 3.23g})$$

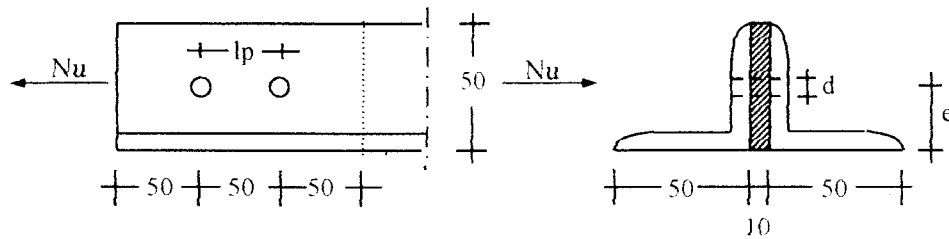
$$f_{cry} = \frac{250}{1,466} = 170,532 \text{ MPa} \quad (\text{dari 3.23h})$$

$$f_{ct} = \left( \frac{170,532 + 1801,359}{2 \times 0,634} \right) \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 170,532 \times 1801,359 \times 0,634}{(170,532 + 1801,359)^2}} \right]$$

$$= 164,483 \text{ MPa} \quad (\text{dari 3.23i})$$

$$\phi N_{nt} = 134,218 \text{ kN} > N_u = 64,588 \text{ kN} \quad (\text{dari 3.23j})$$

b. Perencanaan Batang Tarik Bawah



Gambar 4.8 Gambar Batang Tarik Ganda

$$Nu = 60,023 \text{ kN}$$

$$L = 1,625 \text{ m}$$

Rumus yang digunakan dalam perhitungan batang tarik sama dengan perhitungan batang desak sampai pada perhitungan kestabilan batang ganda

Estimasi jarak kopel minimum

$$L_1 = \frac{1625}{3} = 541,67 \text{ mm}$$

Menentukan  $i$  minimum perlu

$$i_{x \min} = i_{y \min} ; \quad i_{\min} = \frac{541,67}{240} = 2,257 \text{ mm}$$

Menentukan luas ( $A_g$ ) perlu

$$A_g = \frac{60,023 \cdot 1000}{0,9 \cdot 250} = 266,77 \text{ mm}^2$$

Menentukan luas efektif ( $A_e$ ) perlu

$$A_g = \frac{60,023 \cdot 1000}{0,75 \cdot 310} = 258,164 \text{ mm}^2$$

Dicoba profil 2 L 50.50.5

$$A_g = 480 \text{ mm}^2 \qquad i_{\eta} = 9,8 \text{ mm} > i_{\min} = 2,257 \text{ mm}$$

$$I_x = I_y = 11.10^4 \text{ mm}^4$$

Kestabilan batang ganda

$$I_x = 2.11.10^4 = 22.10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{22.10^4}{2.480}} = 15,1 \text{ mm}$$

$$I_y = 2 \left[ 110000 + 480(14 + 0,5 \cdot 5)^2 \right] = 481360 \text{ mm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{481360}{960}} = 22,392$$

$$\frac{L}{i_{\min}} = \frac{1625}{15,1} = 107,6 < 240$$

Luas penampang netto

$$A_n = 960 - 1 \times 14 \times 5 = 890 \text{ mm}^2 \qquad \text{(dari 3.24)}$$

Luas penampang efektif (tarik murni)

$$A_e = \left( 1 - \frac{14}{50} \right) 890 = 640,8 \text{ mm}^2 \qquad \text{(dari 3.25)}$$

Luas bidang geser (geser murni)

$$A_{ns} = 2(2 \times 50) \times 5 = 1000 \text{ mm}^2 \qquad \text{(dari 3.26)}$$

Luas bidang kombinasi geser + tarik pada blok ujung

$$A_{nt} = \left[ (50 - 14) - \frac{1}{2} \times 14 \right] \times 5 = 145 \text{ mm}^2 \qquad \text{(dari 3.27a)}$$

$$A_{gt} = (50 - 14) \times 5 = 180 \text{ mm}^2 \qquad \text{(dari 3.27b)}$$

$$A_{nv} = (100 - 14 \times 1,5) \times 5 = 395 \text{ mm}^2 \qquad \text{(dari 3.27c)}$$

$$A_{gv} = 100 \times 5 = 500 \text{ mm}^2 \quad (\text{dari 3.27d})$$

Kontrol kapasitas penampang

a. Tarik murni (kriteria leleh), (dari 3.28a dan 3.28b)

- Leleh ;  $\phi_t N_n = 0,9 \times 250 \times (2 \times 480) \times 10^{-3} = 216 \text{ kN}$

- Fraktur;  $\phi_t N_n = 0,75 \times 310 \times 640,8 \times 10^{-3} = 190,65 \text{ kN}$

b. Geser murni (kriteria fraktur), (dari 3.28c)

$$\phi_t N_n = 0,75 (0,6 \times 310) 500 \times 10^{-3} = 69,75 \text{ kN}$$

c. Kombinasi geser + tarik (pada blok ujung), (dari 3.28d dan 3.28e)

- Geser fraktur;  $N_n = 0,6 \times 310 \times 395 \times 10^{-3} = 73,47 \text{ kN}$

- Tarik fraktur;  $N_n = 310 \times 145 \times 10^{-3} = 44,95 \text{ kN}$

Kapasitas satu penampang adalah:

- Kriteria pelelehan geser – retakan tarik

$$\phi_t N = 0,75(0,6 \times 250 \times 500 + 310 \times 145) \times 10^{-3}$$

$$= 90,017 \text{ kN} > \frac{1}{2} N_u = 30,0116 \text{ kN} \quad (\text{dari 3.29a})$$

- Kriteria retakan geser – pelelehan tarik

$$\phi N = 0,75(250 \times 180 + 0,6 \times 310 \times 395) \times 10^{-3}$$

$$= 88,852 \text{ kN} > \frac{1}{2} N_u = 30,0116 \text{ kN} \quad (\text{dari 3.29b})$$

Untuk perhitungan rangka batang kuda-kuda yang lainnya ditabelkan dibawah ini



Lanjutan Tabel 4.3.a Perencanaan Batang Tarik Kuda-Kuda KA<sub>1</sub>

Batang	Beban Rencana		L (mm)	Profil	Data Profil			Penamapng Perlu				Nn Fraktur (kN)	Cek Blok Geser		Aman/tdk aman Nn frak = 190,65 kN Nn PGRT = 89,9 kN	
	Tarik (kN)	Tekan (kN)			Luas Ag mm <sup>2</sup>	i min (mm)	Ae=U <sub>1</sub> An (mm <sup>2</sup> )	Ag mm <sup>2</sup>	i min (mm)	Ae (mm <sup>2</sup> )	Nn PGRT		Nn RGPT			
V <sub>1</sub>	-	-64,5876	1250	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>2</sub>	-	-32,5632	1875	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>3</sub>	-	-13,0000	2500	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>4</sub>	4,5174	-	3125	2L 50.50.5	960	9,8	1353,6	20,09	6,510	19,43	423	405,01	198,84	157,01	-	Aman
V <sub>5</sub>	59,9688	-	3750	2L 50.50.5	960	9,8	2676,6	266,53	7,813	257,9	697,5	622,31	279,5	242,16	-	Aman
V <sub>6</sub>	7,0992	-	3125	2L 50.50.5	960	9,8	1353,6	31,56	6,510	30,53	423	405,01	198,84	157,01	-	Aman
V <sub>7</sub>	-	-13,5485	2500	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>8</sub>	-	-32,5632	1875	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>9</sub>	-	-64,5876	1250	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D <sub>1</sub>	46,3380	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	205,96	6,771	199,3	216	190,65	146,94	89,9	-	Aman
D <sub>2</sub>	16,7468	-	1953	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	74,45	8,138	72,03	216	190,65	146,94	89,9	-	Aman
D <sub>3</sub>	3,7960	-	2401	2L 50.50.5	960	9,8	1166,2	16,89	5,002	16,33	283,95	271,11	191,39	114,04	-	Aman
D <sub>4</sub>	-	-12,5953	2915	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D <sub>5</sub>	-	-14,6025	2915	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D <sub>6</sub>	6,2764	-	2401	2L 50.50.5	960	9,8	1166,2	27,89	5,002	26,94	283,95	271,11	191,39	114,04	-	Aman
D <sub>7</sub>	17,3171	-	1953	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	76,98	8,138	74,36	216	190,65	146,94	89,9	-	Aman
D <sub>8</sub>	46,3380	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	205,96	6,771	198,9	216	190,65	146,94	89,9	-	Aman

Tabel 4.3.b Perencanaan Batang Tekan Kuda-Kuda KA1

Btg	Beban Rencana		L (mm)	Profil	Data Profil			L <sub>1</sub>	L <sub>1</sub> /l min <50	Penampang perlu		λR	λcx	ωx	Nix kN	λcy	ωy	Nny kN	Aman/ tdk aman Nmx&Nny > Nn perlu
	Tarik (kN)	Tekan (kN)			Ag mm <sup>2</sup>	i min (mm)	Nn perlu (kN)			i min (mm)	b $\lambda = \frac{b}{t}$								
A <sub>1</sub>	11,19	-	1953	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A <sub>2</sub>	-	-44,49	1953	2L 50.50.5	960	9,8	448,25	45,73	-52,34	2,24	10	12,64	0,52	1,139	210,64	1,09	1,647	123,88	Aman
A <sub>2</sub>	-	-61,24	1953	2L 50.50.5	960	9,8	448,25	45,73	-72,05	2,24	10	12,64	0,52	1,139	210,64	1,09	1,647	123,88	Aman
A <sub>4</sub>	-	-62,41	1953	2L 50.50.5	960	9,8	448,25	45,73	-73,43	2,24	10	12,64	0,52	1,139	210,64	1,09	1,647	123,88	Aman
A <sub>5</sub>	-	-55,80	1953	2L 50.50.5	960	9,8	448,25	45,73	-65,65	2,24	10	12,64	0,52	1,139	210,64	1,09	1,647	123,88	Aman
A <sub>6</sub>	-	-55,80	1953	2L 50.50.5	960	9,8	448,25	45,73	-65,65	2,24	10	12,64	0,52	1,139	210,64	1,09	1,647	123,88	Aman
A <sub>7</sub>	-	-62,41	1953	2L 50.50.5	960	9,8	448,25	45,73	-73,43	2,24	10	12,64	0,52	1,139	210,64	1,09	1,647	123,88	Aman
A <sub>8</sub>	-	-61,24	1953	2L 50.50.5	960	9,8	448,25	45,73	-72,05	2,24	10	12,64	0,52	1,139	210,64	1,09	1,647	123,88	Aman
A <sub>9</sub>	-	-44,49	1953	2L 50.50.5	960	9,8	448,25	45,73	-52,35	2,24	10	12,64	0,52	1,139	210,64	1,09	1,647	123,88	Aman
A <sub>10</sub>	11,19	-	1953	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>1</sub>	-	-8,93	1500	2L 50.50.5	960	9,8	375	38,27	-10,51	1,87	10	12,64	0,43	1,090	220,042	0,89	1,428	142,87	Aman
B <sub>2</sub>	-	-22,37	1625	2L 50.50.5	960	9,8	406,25	41,45	-26,31	2,03	10	12,64	0,47	1,087	220,709	0,95	1,481	137,78	Aman
B <sub>3</sub>	48,78	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>4</sub>	60,02	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>5</sub>	59,09	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>6</sub>	52,90	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>7</sub>	50,97	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>8</sub>	37,03	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>9</sub>	-	-9,68	1625	2L 50.50.5	960	9,8	406,25	41,45	-11,38	2,03	10	12,64	0,47	1,087	220,71	0,95	1,481	137,78	Aman
B <sub>10</sub>	-	-8,93	1500	2L 50.50.5	960	9,8	375	38,27	-10,51	1,87	10	12,64	0,43	1,090	220,04	0,89	1,428	142,87	Aman





Tabel 4.4.a Perencanaan Batang Tarik Kuda-Kuda KA<sub>2</sub>

Batang	Beban Rencana		L (mm)	Profil	Luas Ag (mm <sup>2</sup> )	Data Profil			Penampang Perlu			Nn Leleh (kN)	Nn Fraktur (kN)	Cek Blok Geser		Aman/tdk aman Nn frak = 190,65 kN Nn PGRT = 89,9 kN
	Tarik (kN)	Tekan (kN)				I min (mm)	Ae (mm <sup>2</sup> )	Ag (mm <sup>2</sup> )	i min (mm)	Ae (mm <sup>2</sup> )	Nn PGRT			Nn RGPT		
A <sub>1</sub>	10,5764	-	1952	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	49,179	8,133	47,51	216	190,65	146,94	89,9	Aman	
A <sub>2</sub>	4,1708	-	1952	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	18,537	8,133	17,91	216	190,65	146,94	89,9	Aman	
A <sub>2</sub>	6,8436	-	1952	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	30,416	8,133	29,38	216	190,65	146,94	89,9	Aman	
B <sub>11</sub>	-	-8,4437	1500	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B <sub>12</sub>	-	-2,6666	1625	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B <sub>13</sub>	2,6666	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	11,852	6,771	11,45	216	190,65	146,94	89,9	Aman	
V <sub>21</sub>	-	-14,504	1250	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
V <sub>22</sub>	-	-2,148	1874	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
V <sub>23</sub>	0	-	2499	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	0	5,206	0	216	190,65	146,94	89,9	Aman	
D <sub>30</sub>	5,3308	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	23,692	6,771	22,89	216	190,65	146,94	89,9	Aman	
D <sub>31</sub>	-	-3,4919	1952	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A <sub>8</sub>	5,7124	-	1952	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	25,388	8,133	24,53	216	190,65	146,94	89,9	Aman	
A <sub>9</sub>	3,4168	-	1952	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	15,186	8,133	14,67	216	190,65	146,94	89,9	Aman	
A <sub>10</sub>	10,5764	-	1952	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	47,006	8,133	45,41	216	190,65	146,94	89,9	Aman	
B <sub>18</sub>	-	-4,0999	1625	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B <sub>19</sub>	-	-9,1472	1625	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B <sub>20</sub>	-	-8,4437	1500	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
V <sub>27</sub>	0	-	2499	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	0	5,206	0	216	190,65	146,94	89,9	Aman	
V <sub>28</sub>	-	-2,632	1874	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
V <sub>29</sub>	-	-15,2284	1250	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D <sub>36</sub>	-	-3,0634	1952	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D <sub>37</sub>	5,9588	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	26,484	6,771	25,58	216	190,65	146,94	89,9	Aman	





Lanjutan Tabel 4.5.a Perencanaan Batang Tarik Kuda-Kuda KA<sub>3</sub>

Batang	Beban Rencana		L (mm)	Profil	Data Profil			Penampang Perlu				Nn Leleh (kN)	Nn Fraktur (kN)	Cek Blok Geser		Aman/tdk aman Nn frak = 190,65 kN Nn PGRT = 89,9 kN	
	Tarik (kN)	Tekan (kN)			Luas Ag (mm <sup>2</sup> )	i min (mm)	Ae=U <sub>1</sub> A <sub>n</sub> (mm <sup>2</sup> )	Ag (mm <sup>2</sup> )	i min (mm)	Ae (mm <sup>2</sup> )	Nn PGRT			Nn RGPT			
V <sub>21</sub>	-	-32,7524	1250	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>22</sub>	-	-14,3144	1874	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>23</sub>	5,4873	-	2499	2L 50.50.5	960	9,8	1211,5	31,56	5,206	30,53	283,95	281,67	194,98	113,62	-	Aman	
V <sub>24</sub>	-	-4,8840	2499	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>25</sub>	-	-6,3888	2499	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>26</sub>	-	-5,2426	2499	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>27</sub>	3,3166	-	2499	2L 50.50.5	960	9,8	1764,2	14,74	5,206	14,23	283,95	281,67	194,98	113,62	-	Aman	
V <sub>28</sub>	-	-14,3144	1874	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>29</sub>	-	-32,7524	1250	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D <sub>30</sub>	21,1516	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	205,96	6,771	590,4	216	190,65	146,94	89,9	-	Aman	
D <sub>31</sub>	6,8324	-	1952	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	74,45	8,133	590,4	216	190,65	146,94	89,9	-	Aman	
D <sub>32</sub>	6,1143	-	2915	2L 50.50.5	960	9,8	1166,2	16,89	6,073	590,4	283,95	271,11	191,39	114,04	-	Aman	
D <sub>33</sub>	6,1143	-	2915	2L 50.50.5	960	9,8	1166,2	16,89	6,073	590,4	283,95	271,11	191,39	114,04	-	Aman	
D <sub>34</sub>	6,1143	-	2915	2L 50.50.5	960	9,8	1166,2	16,89	6,073	590,4	283,95	271,11	191,39	114,04	-	Aman	
D <sub>35</sub>	6,1143	-	2915	2L 50.50.5	960	9,8	1166,2	16,89	6,073	590,4	283,95	271,11	191,39	114,04	-	Aman	
D <sub>36</sub>	7,2263	-	1952	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	76,98	8,133	590,4	216	190,65	146,94	89,9	-	Aman	
D <sub>37</sub>	21,1516	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	205,96	6,771	590,4	216	190,65	146,94	89,9	-	Aman	

Tabel 4.5.b Perencanaan Batang Tekan Kuda-Kuda KA<sub>3</sub>

Btg	Beban Rencana		L (mm)	Profil	Data Profil		L <sub>1</sub>	L <sub>1</sub> /i min <50	Penampang perlu		λR	λcx	ωx	Nhx kN	λcy	ωy	Nny kN	Aman/ tak aman Nhx&Nny > Nn perlu	
	Tarik (kN)	Tekan (kN)			Ag Mm <sup>2</sup>	i min (mm)			Nn perlu (kN)	i min (mm)									$\lambda = \frac{b}{t}$
A <sub>1</sub>	10,58	-	1952	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A <sub>2</sub>	-	-14,84	1952	2L 50.50.5	960	9,8	448	49,79	-17,46	2,24	10	12,64	0,51	1,14	210,63	1,09	1,646	123,93	Aman
A <sub>3</sub>	-	-21,67	1952	2L 50.50.5	960	9,8	448	49,79	-25,49	2,24	10	12,64	0,51	1,14	210,63	1,09	1,646	123,93	Aman
A <sub>4</sub>	-	-19,58	1500	2L 50.50.5	960	9,8	375	38,26	-23,04	1,87	10	12,64	0,43	1,09	220,04	0,89	1,427	142,90	Aman
A <sub>5</sub>	-	-22,51	1500	2L 50.50.5	960	9,8	375	38,26	-26,48	1,87	10	12,64	0,43	1,09	220,04	0,89	1,427	142,90	Aman
A <sub>6</sub>	-	-22,51	1500	2L 50.50.5	960	9,8	375	38,26	-26,48	1,87	10	12,64	0,43	1,09	220,04	0,89	1,427	142,90	Aman
A <sub>7</sub>	-	-19,58	1500	2L 50.50.5	960	9,8	375	38,26	-23,04	1,87	10	12,64	0,43	1,09	220,04	0,89	1,427	142,90	Aman
A <sub>8</sub>	-	-21,67	1952	2L 50.50.5	960	9,8	448	49,79	-25,49	2,24	10	12,64	0,51	1,14	210,63	1,09	1,646	123,93	Aman
A <sub>9</sub>	-	-14,84	1952	2L 50.50.5	960	9,8	448	49,79	-17,46	2,24	10	12,64	0,51	1,14	210,63	1,09	1,646	123,93	Aman
A <sub>10</sub>	10,58	-	1952	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>11</sub>	-	-8,44	1500	2L 50.50.5	960	9,8	375	38,26	-10,50	1,87	10	12,64	0,43	1,09	220,04	0,89	1,427	142,90	Aman
B <sub>12</sub>	-	-12,00	1625	2L 50.50.5	960	9,8	406	41,45	-26,31	2,03	10	12,64	0,46	1,08	220,71	0,94	1,481	137,78	Aman
B <sub>13</sub>	17,00	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>14</sub>	19,98	-	1500	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>15</sub>	21,41	-	1500	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>16</sub>	10,48	-	1500	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>17</sub>	17,34	-	1500	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>18</sub>	12,77	-	1625	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>19</sub>	-	-9,15	1625	2L 50.50.5	960	9,8	406	41,45	-11,38	2,03	10	12,64	0,46	1,08	220,71	0,94	1,481	137,78	Aman
B <sub>20</sub>	-	-8,45	1500	2L 50.50.5	960	9,8	375	38,26	-10,50	1,87	10	12,64	0,43	1,09	220,04	0,89	1,427	142,90	Aman



Tabel 4.6.a Perencanaan Batang Tarik Kuda-Kuda KA<sub>1</sub>

Batang	Beban Rencana		L (mm)	Profil	Luas Ag mm <sup>2</sup>	Data Profil			Penamapng Perlu				Cek Blok Geser		Aman/tdk aman Nn frak = 190,65 kN Nn PGRT = 89,9 kN
	Tarik (kN)	Tekan (kN)				i min (mm)	Ae=U,An (mm <sup>2</sup> )	Ag mm <sup>2</sup>	i min (mm)	Ae (mm <sup>2</sup> )	Nn Fraktur (kN)	Nn Leleh (kN)	Nn Fraktur (kN)	Nn PGRT	
A <sub>1</sub>	13,4108	-	2697	2L 50.50.5	960	9,8	1373,5	187,5	5,619	181,1	310,95	319,3	199,17	121,94	Aman
A <sub>2</sub>	-	-1,9206	3000	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A <sub>2</sub>	-	-2,7701	3000	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A <sub>4</sub>	-	-2,5057	3000	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A <sub>5</sub>	-	-2,1013	3000	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A <sub>6</sub>	13,4108	-	2697	2L 50.50.5	960	9,8	1373,5	187,5	5,619	181,1	310,95	319,3	199,17	121,94	Aman
B <sub>7</sub>	-	-9,4832	1907	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>8</sub>	-	-14,1809	2449	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>9</sub>	4,7395	-	2449	2L 50.50.5	960	9,8	1764,2	31,56	5,102	30,53	283,95	281,67	194,98	113,62	Aman
B <sub>10</sub>	2,9806	-	2449	2L 50.50.5	960	9,8	1764,2	31,56	5,102	30,53	283,95	281,67	194,98	113,62	Aman
B <sub>11</sub>	-	-10,9508	2449	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>12</sub>	-	-9,4832	1907	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>13</sub>	-	-25,4940	1907	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>14</sub>	-	-7,0516	2803	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>15</sub>	5,3046	-	3700	2L 50.50.5	960	9,8	2041	95,158	7,708	92,09	553,5	474,71	276,36	144,97	Aman
V <sub>16</sub>	-	-6,8948	2803	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>17</sub>	-	-25,4940	1907	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D <sub>18</sub>	11,3322	-	2228	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	56,765	4,642	54,93	216	190,65	146,94	89,9	Aman
D <sub>19</sub>	1,6828	-	2644	2L 50.50.5	960	9,8	1373,5	187,5	5,508	181,1	310,95	319,3	199,17	121,94	Aman
D <sub>20</sub>	1,4228	-	2644	2L 50.50.5	960	9,8	1373,5	187,5	5,508	181,1	310,95	319,3	199,17	121,94	Aman



Lanjutan Tabel 4.6.a Perencanaan Batang Tarik Kuda-Kuda KA<sub>1</sub>

Batang	Beban Rencana		L (mm)	Profil	Data Profil				Penampang Perlu				Nn Leleh (kN)	Nn Fraktur (kN)	Cek Blok Geser		Aman/tdk aman Nn frak = 190,65 kN Nn PGRT = 89,9 kN
	Tarik (kN)	Tekan (kN)			Luas Ag mm <sup>2</sup>	i min (mm)	Ae=U <sub>1</sub> A <sub>n</sub> (mm <sup>2</sup> )	Ag mm <sup>2</sup>	i min (mm)	Ae (mm <sup>2</sup> )	Nn PGRT	Nn RGPT					
D <sub>21</sub>	11,1496	-	2228	2L 50.50.5	960	9,8	820	56,765	4,642	54,93	216	190,65	146,94	89,9	Aman		
A <sub>22</sub>	13,4108	-	2697	2L 50.50.5	960	9,8	1373,5	187,5	5,619	181,1	310,95	319,3	199,17	121,94	Aman		
A <sub>23</sub>	-	-1,9596	3000	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
A <sub>24</sub>	-	-3,1861	3000	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
A <sub>25</sub>	-	-3,1861	3000	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
A <sub>26</sub>	-	-2,5355	3000	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
A <sub>27</sub>	13,4108	-	2697	2L 50.50.5	960	9,8	1373,5	187,5	5,619	181,1	310,95	319,3	199,17	121,94	Aman		
B <sub>28</sub>	-	-9,4832	1907	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
B <sub>29</sub>	-	-13,9664	2449	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
B <sub>30</sub>	4,5497	-	2449	2L 50.50.5	960	9,8	1764,2	31,56	5,102	30,53	283,95	281,67	194,98	113,62	Aman		
B <sub>31</sub>	2,8636	-	2449	2L 50.50.5	960	9,8	1764,2	31,56	5,102	30,53	283,95	281,67	194,98	113,62	Aman		
B <sub>32</sub>	-	-10,9508	2449	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
B <sub>33</sub>	-	-9,4832	1907	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
V <sub>34</sub>	-	-25,4940	1907	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
V <sub>35</sub>	-	-7,2310	2803	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
V <sub>36</sub>	-	-6,8948	2803	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
V <sub>37</sub>	-	-25,4940	1907	2L 50.50.5	960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
D <sub>38</sub>	11,5428	-	2228	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	56,765	4,642	54,93	216	190,65	146,94	89,9	Aman		
D <sub>39</sub>	1,8115	-	2644	2L 50.50.5	960	9,8	1373,5	187,5	5,508	181,1	310,95	319,3	199,17	121,94	Aman		
D <sub>40</sub>	1,3565	-	2644	2L 50.50.5	960	9,8	1373,5	187,5	5,508	181,1	310,95	319,3	199,17	121,94	Aman		
D <sub>41</sub>	11,1496	-	2228	2L 50.50.5	960	9,8	640,8	56,765	4,642	54,93	216	190,65	146,94	89,9	Aman		

**Tabel 4.6.b Perencanaan Batang Tekan Kuda-Kuda KA<sub>1</sub>**

Btg	Beban Rencana		L (mm)	Profil	Data Profil		L <sub>1</sub>	L <sub>1</sub> /l min <50	Penampang perlu		λR	λcx	ωx	Nhx kN	λcy	ωy	Nny kN	Aman/tdk aman Nnx&Nny > Nn perlu	
	Tarik (kN)	Tekan (kN)			Ag mm <sup>2</sup>	i min mm			Nn perlu (kN)	i min (mm)									b x= t
A <sub>1</sub>	13,41	-	2697	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A <sub>2</sub>	-	-1,92	3000	2L 50.50.5	960	9,8	600	47,6	-2,2295	3	9,28	12,64	0,53	1,15	377,47	1,58	0,35	71,49	Aman
A <sub>2</sub>	-	-2,77	3000	2L 50.50.5	960	9,8	600	47,6	-3,2589	3	9,28	12,64	0,53	1,15	377,47	1,58	0,35	71,49	Aman
A <sub>4</sub>	-	-2,50	3000	2L 50.50.5	960	9,8	600	47,6	-2,9479	3	9,28	12,64	0,53	1,15	377,47	1,58	0,35	71,49	Aman
A <sub>5</sub>	-	-2,10	3000	2L 50.50.5	960	9,8	600	47,6	-2,4721	3	9,28	12,64	0,53	1,15	377,47	1,58	0,35	71,49	Aman
A <sub>6</sub>	13,41	-	2697	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>7</sub>	-	-9,48	1907	2L 50.50.5	960	9,8	476,7	48,6	-11,1567	2,3	10	12,64	0,54	1,15	206,96	1,07	1,62	125,8	Aman
B <sub>8</sub>	-	-14,18	2449	2L 50.50.5	960	9,8	489,8	45,7	-16,6834	2,4	9,16	12,64	0,51	1,13	276,84	1,34	2,25	90,34	Aman
B <sub>9</sub>	4,73	-	2449	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>10</sub>	2,98	-	2449	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>11</sub>	-	-10,95	2449	2L 50.50.5	960	9,8	489,8	45,7	-12,8833	2,4	9,16	12,64	0,51	1,13	276,84	1,34	2,25	90,34	Aman
B <sub>12</sub>	-	-9,48	1907	2L 50.50.5	960	9,8	476,7	48,6	-10,8038	2,3	10	12,64	0,54	1,15	206,96	1,07	1,62	125,8	Aman
V <sub>13</sub>	-	-25,49	1907	2L 50.50.5	960	9,8	476,7	48,6	-29,9929	2,3	10	12,64	0,54	1,15	206,96	1,07	1,62	125,8	Aman
V <sub>14</sub>	-	-7,05	2803	2L 50.50.5	960	9,8	560,6	47,9	-8,2960	2,8	10	12,64	0,53	1,15	299,28	1,48	2,76	73,72	Aman
V <sub>15</sub>	5,30	-	3700	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V <sub>16</sub>	-	-6,89	2803	2L 50.50.5	960	9,8	560,6	47,9	-8,1115	2,8	10	12,64	0,53	1,15	299,28	1,48	2,76	73,72	Aman
V <sub>17</sub>	-	-25,49	1907	2L 50.50.5	960	9,8	476,7	48,6	-29,9929	2,3	10	12,64	0,54	1,15	206,96	1,07	1,62	125,8	Aman
D <sub>18</sub>	11,33	-	2228	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D <sub>19</sub>	1,68	-	2644	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D <sub>20</sub>	1,42	-	2644	2L 50.50.5	960	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Aman



#### 4.4 Perencanaan Plat Lantai

##### 4.4.1 Lantai ruang kuliah (plat 10)

###### a. Pembebanan plat per meter panjang

- Beban mati (dari 3.30a)

$$\text{slab beton} : 0,12 \times 24 \times 1 \times 1 = 2,88 \text{ kN/m}$$

$$\text{pasir} : 0,04 \times 18 \times 1 \times 1 = 0,72 \text{ kN/m}$$

$$\text{speci} : 0,02 \times 21 \times 1 \times 1 = 0,42 \text{ kN/m}$$

$$\text{tegel} : 0,01 \times 24 \times 1 \times 1 = 0,24 \text{ kN/m}$$

---

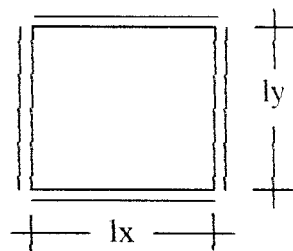

$$W_D = 4,26 \text{ kN/m}$$

- Beban hidup ruang kuliah

$$W_L = 2,5 \text{ kN/m} \quad (\text{dari 3.30b})$$

- Beban berfaktor yang bekerja adalah:

$$W_U = 1,2 \times 4,26 + 1,6 \times 2,5 = 9,112 \text{ kN/m} \quad (\text{dari 3.30c})$$



$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{3}{3} = 1$$

$$f'_c = 22,5 \text{ MPa}$$

$$f_y = 350 \text{ MPa}$$

- Momen-momen yang bekerja

$$M_{lx} = 0,025 \times 9,112 \times 3^2 = 1,953 \text{ kNm} \quad (\text{dari 3.31a})$$

$$M_{ly} = 0,025 \times 9,112 \times 3^2 = 1,953 \text{ kNm} \quad (\text{dari 3.31b})$$

$$M_{lx} = -0,051 \times 9,112 \times 3^2 = -3,9841 \text{ kNm} \quad (\text{dari 3.31c})$$

$$M_{ly} = -0,051 \times 9,112 \times 3^2 = -3,9841 \text{ kNm} \quad (\text{dari 3.31d})$$

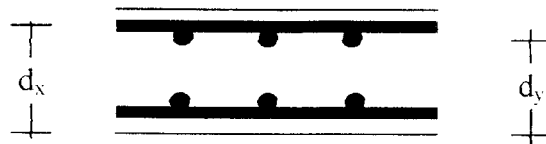
## b. Penulangan Plat

- Tebal plat

$$h_{\min} = \frac{1}{24} \times 3000 \left( 0,4 + \frac{350}{700} \right) = 112,5 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.32})$$

dipakai  $h = 120 \text{ mm}$

- Tinggi efektif balok



selimut beton ( $p_b$ ) = 20 mm

tulangan pokok polos ( $\phi_p$ ) = 10 mm

tulangan bagi polos ( $\phi_b$ ) = 8 mm

$$d_x = 120 - 20 - \frac{1}{2} 10 = 95 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.33a})$$

$$d_y = 120 - 20 - 10 - \frac{1}{2} 10 = 85 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.33b})$$

- Rasio penulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{350} = 0,004 \quad (\text{dari 3.34})$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 22,5}{350} \times 0,85 \left( \frac{600}{600 + 350} \right) = 0,0293 \quad (\text{dari 3.35})$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times 0,2608 = 0,022 \quad (\text{dari 3.36})$$

- Luas tulangan

☆ Tulangan lapangan arah x

$$R_n = \frac{1,953 \times 10^6}{0,8 \times 1000 \times 95^2} = 0,2705 \quad (\text{dari 3.37})$$

$$m = \frac{350}{0,85 \times 22,5} = 18,30 \quad (\text{dari 3.38})$$

Dari persamaan 3.39)

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{18,30} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,30 \times 0,2705}{350}} \right) = 0,00078 < \rho_{\text{min}} = 0,004$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,004 \times 1000 \times 95 = 380 \text{ mm}^2 \quad (\text{dari 3.40})$$

dipakai tulangan :  $\emptyset_{10-200}$

Seperti langkah - langkah perhitungan tulangan lapangan arah x, didapat:

- Tulangan lapangan arah y

$$R_n = \frac{1,953 \times 10^6}{0,8 \times 1000 \times 85^2} = 0,2705$$

$$m = 18,30$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00078 < \rho_{\text{min}} = 0,004$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,004 \times 1000 \times 85 = 340 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan :  $\emptyset_{10-200}$

- Tulangan tumpuan arah x

$$R_n = \frac{3,9841 \times 10^6}{0,8 \times 1000 \times 95^2} = 0,5518$$

$$m = 18,30$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0016 < \rho_{\text{min}} = 0,004$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,004 \times 1000 \times 95 = 380 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan :  $\emptyset_{10-200}$

- Tulangan tumpuan arah y

$$R_n = \frac{3,9841 \times 10^6}{0,8 \times 1000 \times 85^2} = 0,5518$$

$$m = 18,30$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0016 < \rho_{\text{min}} = 0,004$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,004 \times 1000 \times 85 = 340 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan :  $\emptyset_{10-200}$

- Tulangan bagi untuk tumpuan dan lapangan arah x

$$A_{s_{\text{bagi}}} = 0,0014 \times 1000 \times 95 = 168 \text{ mm}^2 \quad (\text{dari 3.41})$$

dipakai tulangan :  $\emptyset_{8-300}$

- Tulangan bagi untuk tumpuan dan lapangan arah y

$$A_{s_{\text{bagi}}} = 0,0014 \times 1000 \times 85 = 119 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan :  $\emptyset_{8-300}$

Tabel 4.7 Penulangan plat

plat	tebal (mm)	tebal efektif (mm)	arah plat	M $\phi.b.d^2$	Rasio tulangan $\rho_{min} = 0,004$		tulangan pokok terpasang		tulangan bagi	
					$\rho_{perlu}$	$\rho_{pasang}$	As (mm <sup>2</sup> )	Tulangan	As (mm <sup>2</sup> )	tulangan pasang
1	120	95	$M_{lx}$	0,2705	0,0008	0,0066	628	$\phi 10-115$	251,3	$\phi 8-200$
		85	$M_{ly}$	0,2705	0,0008	-	-	-	251,3	$\phi 8-200$
		95	$M_{tx}$	0,5578	0,0016	0,0066	628	$\phi 10-115$	251,3	$\phi 8-200$
		85	$M_{ty}$	0,5578	0,0016	-	-	-	251,3	$\phi 8-200$
2	120	95	$M_{lx}$	1,0092	0,0029	0,0066	628	$\phi 10-115$	251,3	$\phi 8-200$
		85	$M_{ly}$	0,5971	0,0017	-	-	-	251,3	$\phi 8-200$
		95	$M_{tx}$	1,7926	0,0054	0,0066	628	$\phi 10-115$	251,3	$\phi 8-200$
		85	$M_{ty}$	1,8245	0,0055	-	-	-	251,3	$\phi 8-200$
3	120	95	$M_{lx}$	1,0092	0,0029	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ly}$	0,5971	0,0017	0,0055	471	$\phi 10-165$	-	-
		95	$M_{tx}$	1,7926	0,0054	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ty}$	1,8245	0,0055	0,0055	471	$\phi 10-165$	-	-
4	120	95	$M_{lx}$	1,0092	0,0029	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ly}$	0,5971	0,0017	0,0055	471	$\phi 10-165$	-	-
		95	$M_{tx}$	1,7926	0,0054	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ty}$	1,8245	0,0055	0,0055	471	$\phi 10-165$	-	-
5	120	95	$M_{lx}$	0,9029	0,0026	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ly}$	0,7298	0,0021	0,0055	471	$\phi 10-165$	-	-
		95	$M_{tx}$	1,9121	0,0058	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ty}$	1,7914	0,0054	0,0055	471	$\phi 10-165$	-	-
6	120	95	$M_{lx}$	1,0092	0,0029	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ly}$	0,5971	0,0017	0,0055	471	$\phi 10-165$	-	-
		95	$M_{tx}$	1,7926	0,0054	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ty}$	1,8245	0,0055	0,0055	471	$\phi 10-165$	-	-
7	120	95	$M_{lx}$	1,5403	0,0046	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ly}$	0,4976	0,0015	0,0055	471	$\phi 10-165$	-	-
		95	$M_{tx}$	2,1776	0,0066	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ty}$	1,7250	0,0052	0,0055	471	$\phi 10-165$	-	-

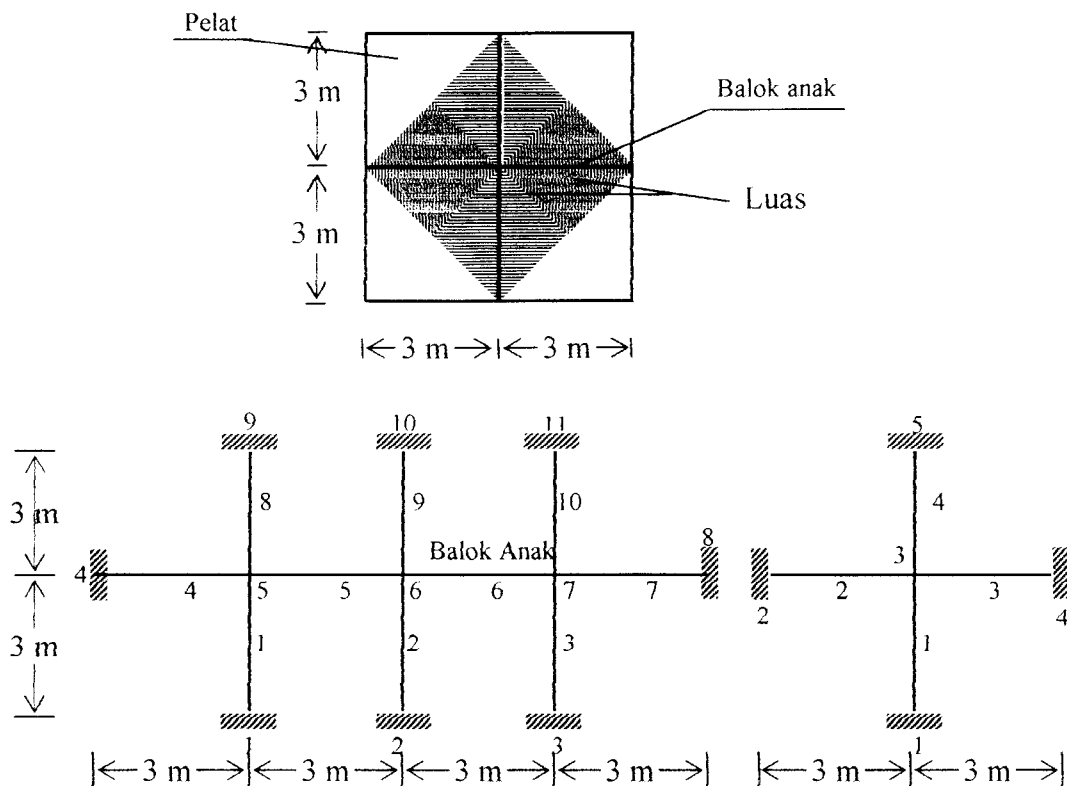


Lanjutan Tabel 4.7 Penulangan plat

plat	tebal (mm)	Tebal Efektif (mm)	arah plat	$\frac{M}{\phi \cdot b \cdot d^2}$	Rasio tulangan $\rho_{min} = 0,004$		tulangan pokok terpasang		tulangan bagi	
					$\rho_{perlu}$	$\rho_{pasang}$	As (mm <sup>2</sup> )	Tulangan	As (mm <sup>2</sup> )	tulangan pasang
8	120	95	$M_{lx}$	1,0092	0,0029	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ly}$	0,5971	0,0017	0,0055	471	$\phi 10-165$	-	-
		95	$M_{tx}$	1,7926	0,0054	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ty}$	1,8245	0,0055	0,0055	471	$\phi 10-165$	-	-
9	120	95	$M_{lx}$	0,4112	0,0012	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ly}$	0,2703	0,0008	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	-	-
		95	$M_{tx}$	0,7358	0,0022	0,0066	628	$\phi 10-115$	-	-
		85	$M_{ty}$	0,7434	0,0022	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	-	-
10	120	95	$M_{lx}$	0,2705	0,0008	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	168	$\phi 8-300$
		85	$M_{ly}$	0,2705	0,0008	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	168	$\phi 8-300$
		95	$M_{tx}$	0,5578	0,0016	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	168	$\phi 8-300$
		85	$M_{ty}$	0,5578	0,0016	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	168	$\phi 8-300$
11 & 12	120	95	$M_{lx}$	0,4972	0,0014	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	168	$\phi 8-300$
		85	$M_{ly}$	0,4969	0,0014	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	-	-
		95	$M_{tx}$	0,9447	0,0028	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	168	$\phi 8-300$
		85	$M_{ty}$	1,09722	0,0032	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	-	-
13 & 14	120	95	$M_{lx}$	0,3529	0,0010	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	-	-
		85	$M_{ly}$	0,2255	0,0007	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	-	-
		95	$M_{tx}$	0,5170	0,0015	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	-	-
		85	$M_{ty}$	0,5536	0,0016	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	-	-
15	120	95	$M_{lx}$	0,5088	0,0015	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	168	$\phi 8-300$
		85	$M_{ly}$	0,1440	0,0004	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	168	$\phi 8-300$
		95	$M_{tx}$	0,6811	0,0019	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	168	$\phi 8-300$
		85	$M_{ty}$	0,5228	0,0015	0,0040	392,7	$\phi 10-200$	168	$\phi 8-300$
16	120	80	$M_{lx}$	2,367	0,0072	0,0096	769,3	$\phi 10-100$	168	$\phi 8-300$
		75	$M_{ly}$	0,666	0,0020	0,0068	509	$\phi 10-150$	168	$\phi 8-300$
		80	$M_{tx}$	3,069	0,0096	0,0096	769,3	$\phi 10-100$	168	$\phi 8-300$
		75	$M_{ty}$	2,23	0,0068	0,0068	509	$\phi 10-150$	168	$\phi 8-300$

Keterangan: plat 16 adalah plat atap (mangkok)

#### 4.5 Perencanaan Balok Anak



##### 4.5.1 Pembebanan Balok anak

Perhitungan pembebanan seperti perhitungan sebelumnya

- Beban plat

$$W_D = 4,26 \times \frac{4,5}{3} = 6,39 \text{ KN/m}$$

- Berat taksiran balok anak

$$W_{D_0} = 3,0 \text{ KN/m}$$

- Beban mati total

$$W_D = 6,39 + 3 = 9,39 \text{ KN/m}$$

- Beban hidup

$$W_L = 2,5 \times \frac{4,5}{3} = 3,75 \text{ KN/m}$$

Tabel 4.8 Reaksi Akibat Beban Rencana (SAP 90)

EI	L (m)	Akibat beban mati			Akibat beban hidup			1,4 D			1,2 D+1,2 L		
		Torsi (KNm)	Geser (KN)	Momen (KNm)	Torsi (KNm)	Geser (KN)	Momen (KNm)	Torsi (KNm)	Geser (KN)	Momen (KNm)	Torsi (KNm)	Geser (KN)	Momen (KNm)
1	0.0	1,857	35,361	-38,95	0,744	14,159	-15,599	2,598	49,505	-54,5384	3,418	65,0876	-71,705
	3.0	1,857	7,191	24,87	0,744	2,879	9,959	2,600	10,067	34,8194	3,418	13,2356	45,779
2	0.0	0,060	43,157	-50,56	0,023	17,281	-20,282	0,084	60,419	-70,7854	0,108	79,438	-93,124
	3.0	0,061	14,987	36,56	0,024	6,001	14,642	0,085	20,981	51,1924	0,111	27,586	67,306
3	0.0	0	42,861	-50,20	0	17,163	-20,104	0,000	60,005	-70,2884	0	78,894	-92,413
	3.0	0	14,691	36,12	0	5,883	14,464	0,000	20,567	50,5694	0	27,042	66,487
4	0.0	-0,060	43,157	-50,56	-0,023	17,281	-20,282	-0,084	60,419	-70,7854	-0,108	79,438	-93,124
	3.0	-0,060	14,987	36,56	-0,023	6,001	14,642	-0,084	20,981	51,1924	-0,108	27,586	67,306
5	0.0	-1,857	35,361	-38,95	-0,743	14,159	-15,599	-2,600	49,505	-54,5384	-3,417	65,0876	-71,705
	3.0	-1,857	7,191	24,87	-0,743	2,879	9,959	-2,600	10,067	34,8194	-3,417	13,2356	45,779
6	0.0	0	25,464	-29,05	0	10,169	-11,636	0,000	35,649	-40,6826	0	46,8272	-53,488
	3.0	0	-2,706	5,07	0	-1,084	2,033	0,000	-3,7884	7,1092	0	-4,9816	9,3464
7	0.0	0	11,675	1,36	0	4,675	0,547	0,000	16,345	1,9124	0	21,49	2,5144
	3.0	0	-16,495	-5,86	0	-6,605	-2,348	0,000	-23,093	-8,2082	0	-30,362	-10,792
8	0.0	0	13,479	-5,97	0	5,398	-2,394	0,000	18,870	-8,3706	0	24,8116	-11,005
	3.0	0	-14,691	-7,79	0	-5,883	-3,122	0,000	-1000,5	-10,9144	0	-17,9891	-14,350
9	0.0	0	14,691	-7,79	0	5,883	-3,122	0,000	20,567	-10,9144	0	27,042	-14,350
	3.0	0	-13,467	-5,97	0	-5,398	-2,394	0,000	-18,853	-8,3706	0	-24,7972	-11,005
10	0.0	0	16,495	-5,86	0	6,605	-2,348	0,000	23,093	-8,2082	0	30,362	-10,792
	3.0	0	-11,675	1,36	0	-4,675	0,547	0,000	-16,345	1,9124	0	-21,49	2,405
11	0.0	0	2,706	5,07	0	1,084	2,033	0,000	3,7884	7,1092	0	4,9816	9,3464
	3.0	0	-25,464	-29,05	0	-10,19	-11,636	0,000	-35,649	-40,6826	0	-46,8704	-53,488
12	0.0	-1,857	-7,191	24,87	-0,743	-2,879	9,959	-2,600	-10,067	34,8194	-3,417	-13,2356	45,779
	3.0	-1,857	-35,361	-38,95	-0,743	-14,15	-15,599	-2,600	-49,505	-54,5384	-3,417	-65,0876	-71,705
13	0.0	-0,060	-14,987	36,56	-0,023	-6,001	14,642	-0,084	-20,981	51,1924	-0,108	-27,586	67,306
	3.0	-0,060	-43,157	-50,56	-0,023	-17,28	-20,282	-0,084	-60,419	-70,7854	-0,108	-79,438	-93,124
14	0.0	0	-14,691	36,12	0	-5,883	14,464	0,000	-20,567	50,5694	0	-27,042	66,487
	3.0	0	-42,861	-50,20	0	-17,16	-20,104	0,000	-60,005	-70,2884	0	-78,894	-92,413
15	0.0	0,060	-14,987	36,56	0,023	-6,001	14,642	0,084	-20,981	51,1924	0,108	-27,586	67,306
	3.0	0,060	-43,157	-50,56	0,023	-17,28	-20,282	0,084	-60,419	-70,7854	0,108	-79,438	-93,124
16	0.0	1,856	-7,191	24,87	0,743	-2,879	9,959	2,598	-10,067	34,8194	3,416	-13,2356	45,779
	3.0	1,856	-35,361	-38,95	0,743	-14,15	-15,599	2,598	-49,505	-54,5384	3,416	-65,0876	-71,705

#### 4.5.2 Dimensi balok anak

Langkah-langkah perencanaan penulangan balok anak (balok non struktural) sama seperti perencanaan penulangan pelat lantai

$$M_u = 93,1244 \text{ KNm}$$

$$f'_c = 22,5 \text{ MPa}$$

$$f_y = 350 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = 0,004$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 22,5}{350} \times 0,85 \times \left( \frac{600}{600 + 350} \right) = 0,029335$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times 0,029335 = 0,022$$

$$\text{dicoba } \rho = 0,0165$$

$$m = 18,3$$

$$R_n = \rho \cdot f_y (1 - 0,5 \cdot \rho \cdot m) = 0,0165 \times 350 (1 - 0,5 \times 0,0165 \times 18,3) = 4,903$$

$$bd^2 = \frac{93,1244}{0,8 \times 4,903} \times 10^6 = 23741688,76 \text{ mm}^3$$

tabel dimensi balok berdasarkan lebar coba-coba

b (mm)	d (mm)
200	344,5
250	308,2

Diambil nilai  $b = 250 \text{ mm}$  ;  $h = 400 \text{ mm}$

- Kontrol berat sendiri balok

$$W = 0,25 \times 0,4 \times 24 = 2,4 \text{ KN/m} < 3 \text{ KN/m}$$

- Dipakai ukuran balok 250/400 mm

$$d' = 40 \text{ mm}^2$$

$$d = 400 - 40 = 360 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{93,1244}{0,8 \times 250 \times 360^2} \times 10^6 = 3,6$$

$$\rho' = \frac{3,6}{4,903} \times 0,0165 = 0,012$$

$$A_s = 0,012 \cdot 250 \cdot 360 = 1090,4 \text{ mm}^2$$

- Kapasitas balok

$$M_n = \frac{93,1244}{0,8} = 116,406 \text{ KNm}$$

$$a = \frac{1090,4 \times 350}{0,85 \times 22,5 \times 250} = 80 \text{ mm}$$

$$M_n = 1090,4 \times 350 \left( 360 - \frac{80}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 122,16 \text{ KNm} > M_n = 116,406 \text{ KNm}$$

dipakai tulangan sebelah  $4D_{20} = 1256,6 \text{ mm}^2 > A_s = 1090,4 \text{ mm}^2$ .

- kontrol regangan yang terjadi

$$\epsilon_y = \frac{350}{210.000} = 0,00167$$

$$c = \frac{80}{0,85} = 94 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{360 - 94}{94} (0,003) = 0,0085 > \epsilon_y$$

- kontrol tulangan torsi

$$T = 3,4188 \text{ KNm}$$

$$\Sigma x^2 y = 250^2 (600) = 37500000 \text{ mm}^3$$

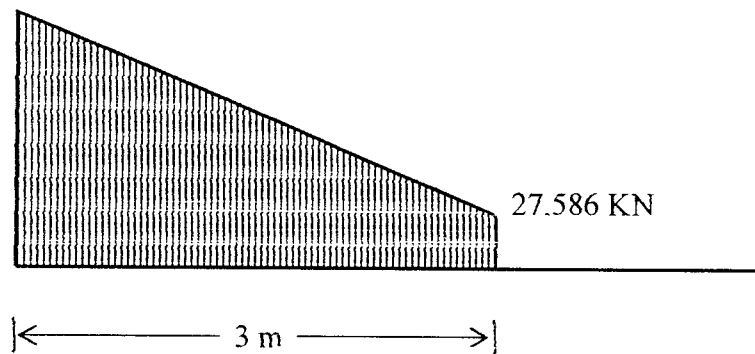
$$\phi \frac{1}{24} f_c' \Sigma x^2 y = 0,6 \frac{1}{24} \times 22,5 \times 37500000 \times 10^{-6}$$

$$= 21,09 \text{ KNm} > 3,4188 \text{ KNm}$$

efek torsi boleh diabaikan

- kontrol tulangan geser

79,438 KN



$$V_u = \frac{3000 - 360}{3000} \times 79,438 = 69,905 \text{ KN}$$

$$V_n = \frac{69,905}{0,60} = 116,509 \text{ KN}$$

$$V_c = \left( \frac{1}{6} \sqrt{22,5} \right) \times 250 \times 360 \times 10^{-3} = 71,151 \text{ KN} < 116,509 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} V_c = 35,5755 \text{ KN}$$

- Kuat geser tulangan geser

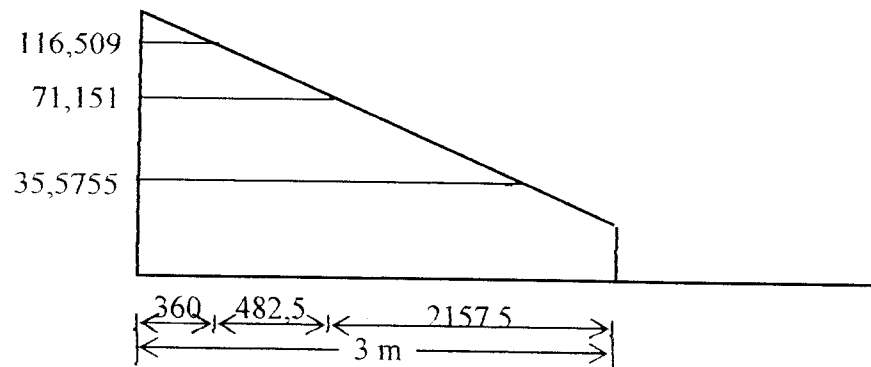
$$V_{s1} = \frac{1}{3} \sqrt{22,5} \times 250 \times 360 \times 10^{-3} = 142,302 \text{ KN}$$

$$V_c + V_{s1} = 71,151 + 142,302 = 213,453 \text{ KN}$$

$$V_c = 71,151 \text{ KN} < V_n = 116,509 \text{ KN} < V_c + V_{s1} = 213,453 \text{ KN}$$

Penampang memerlukan tulangan geser untuk menahan gaya geser yang terjadi.

Dipakai tulangan geser  $2(\phi_{10}) = 157 \text{ mm}^2$



- Untuk semua daerah

Jarak sengkang

$$V_s = 116,509 - 71,151 = 45,358 \text{ KN}$$

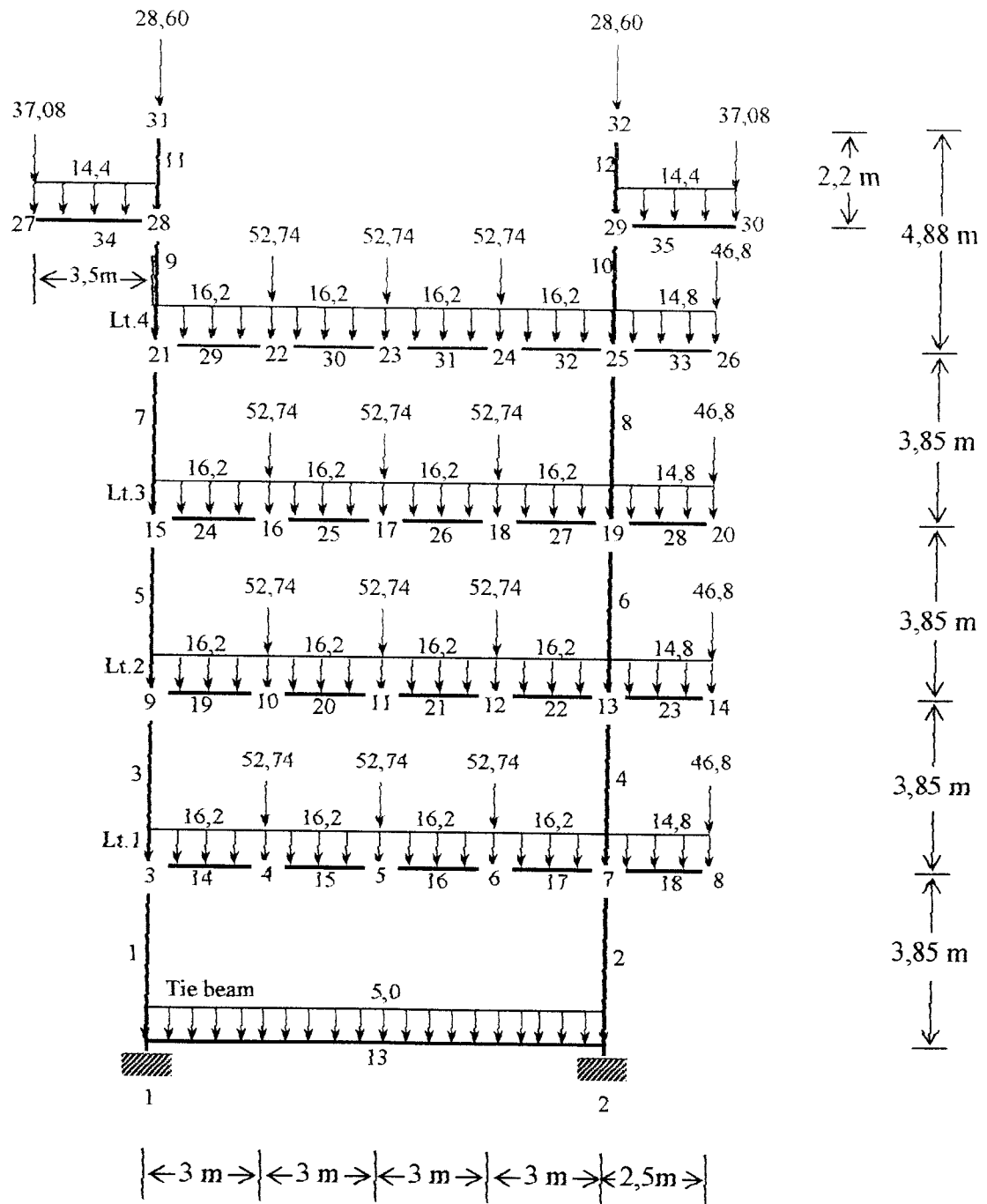
$$s = \frac{157 \times 350 \times 360 \times 10^{-3}}{45,358} = 436 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{2} = 180 \text{ mm}$$

dipakai sengkang P10 - 180 mm

**Pembebanan Portal As. 9 dan As 10**

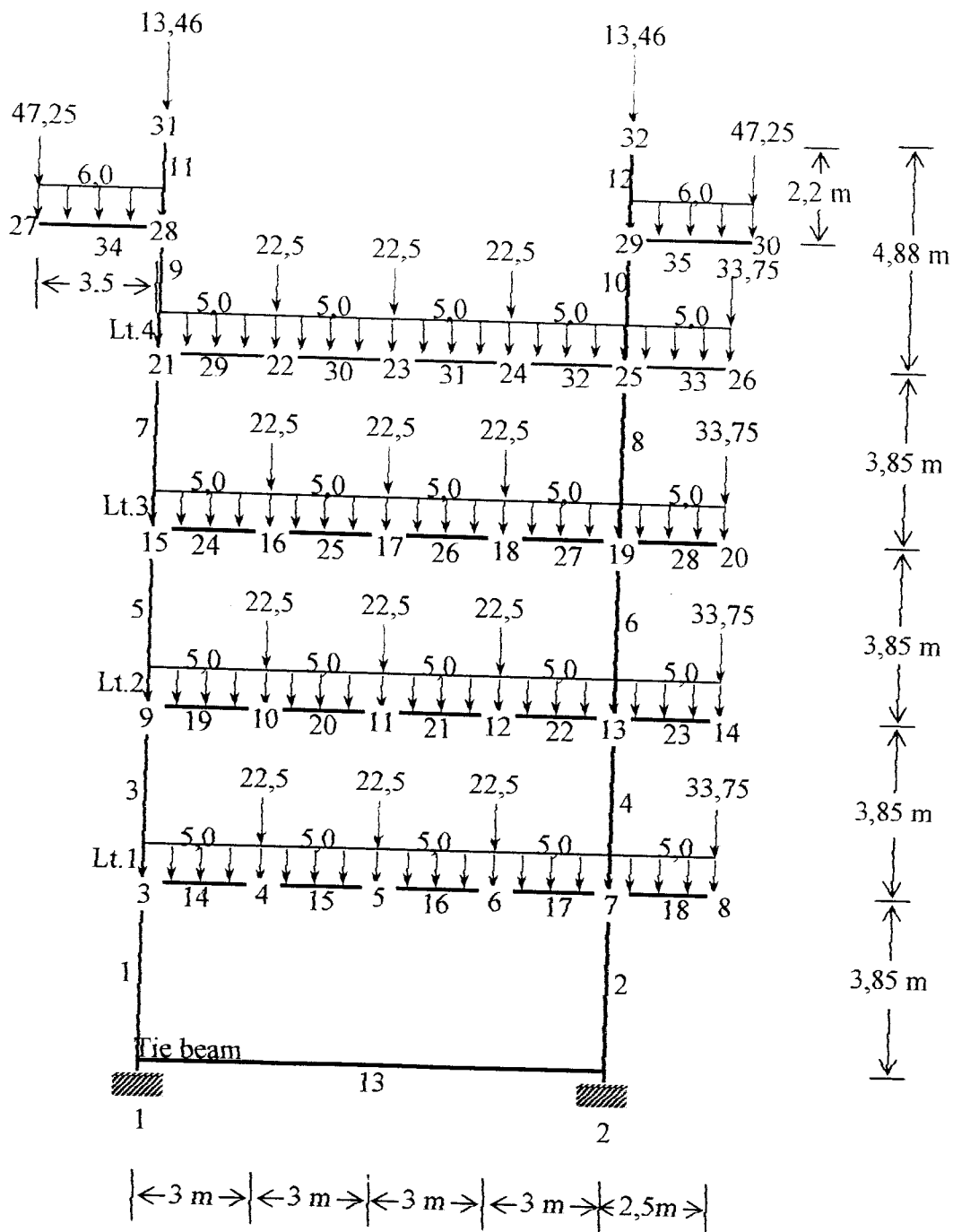
**a. Beban mati**



**Gambar 4.9.a** Pembebanan mati Portal As. 9 dan As 10

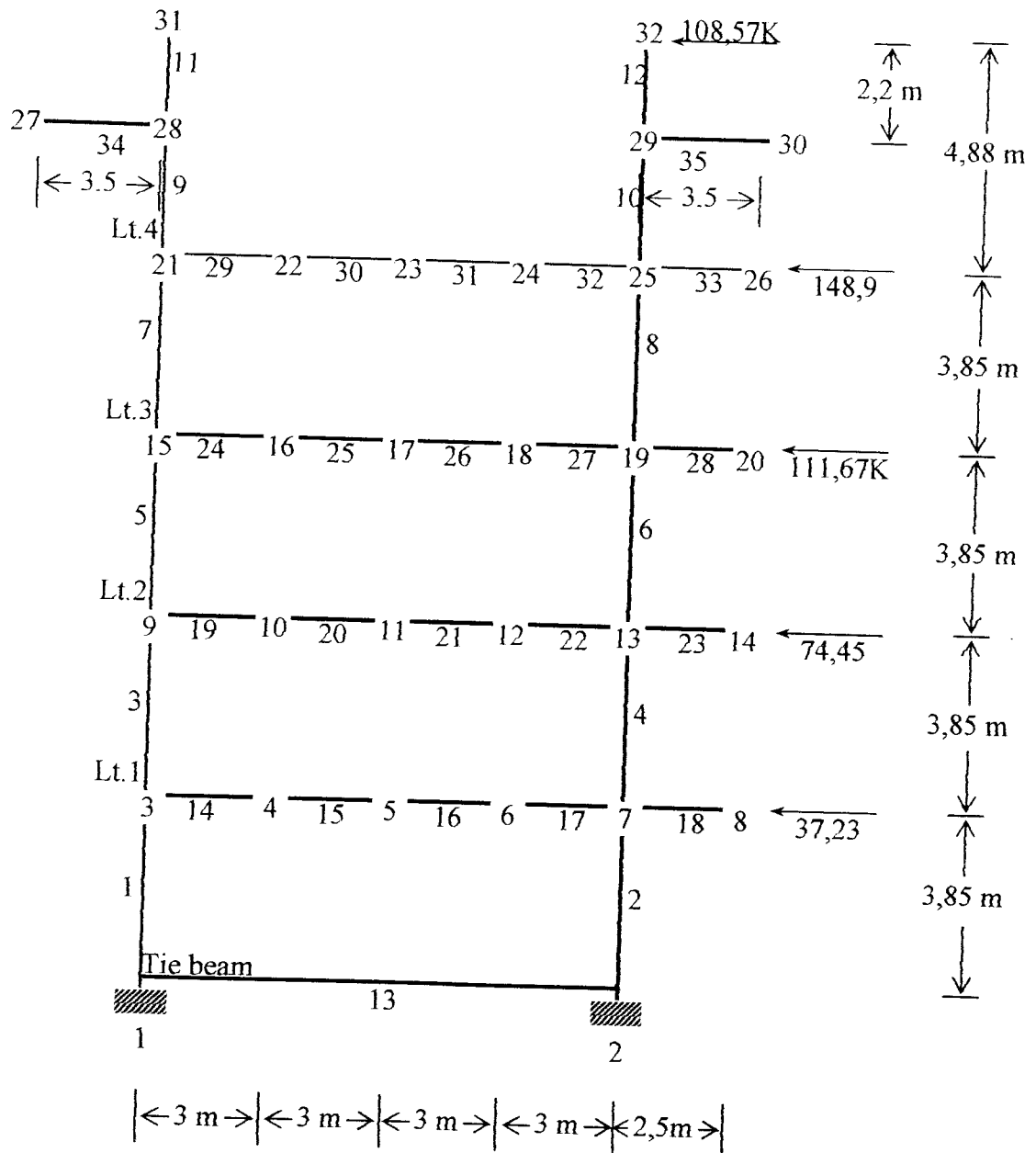


## b. Beban hidup



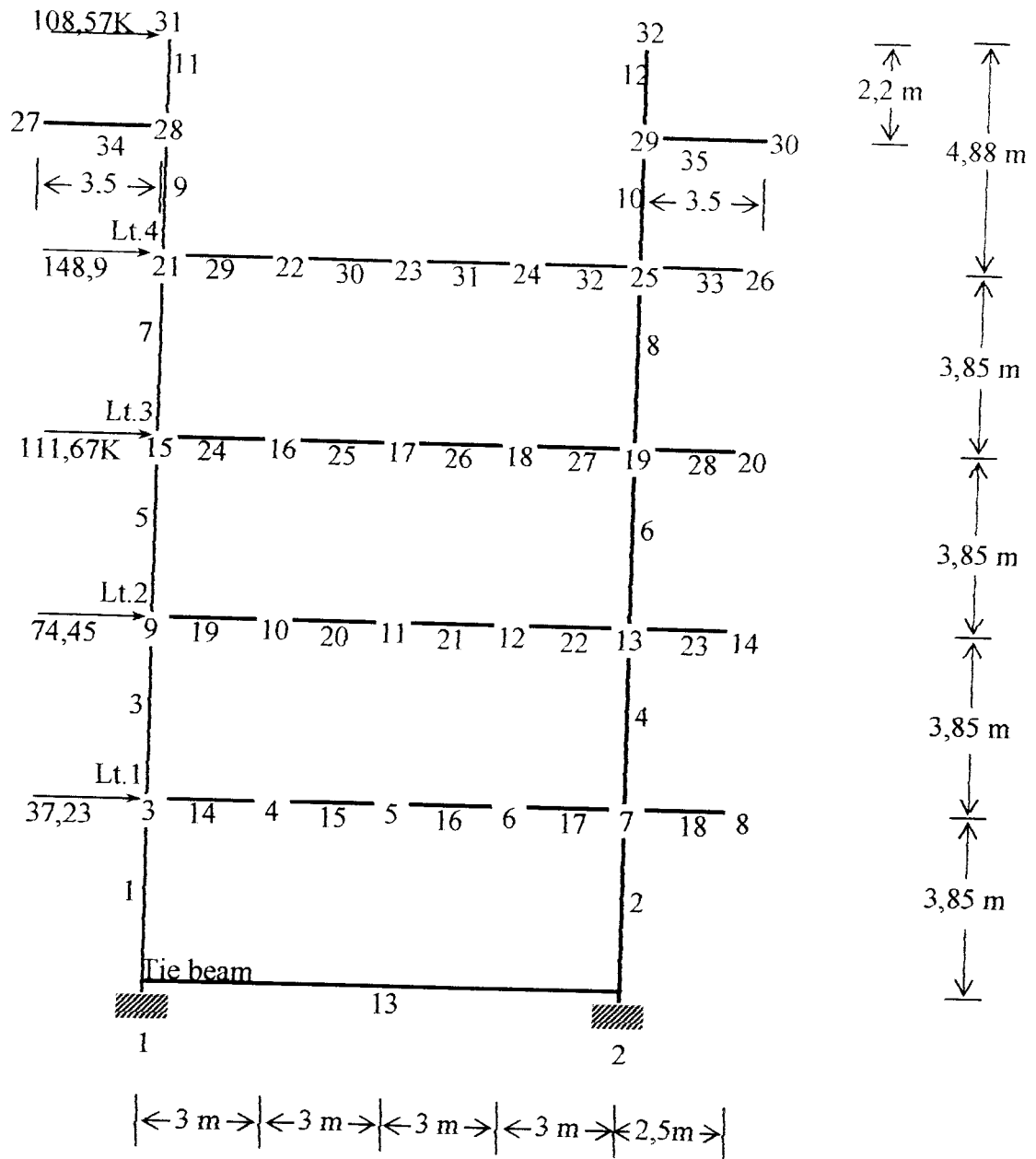
Gambar 4.9.b Pembebanan hidup Portal As. 9 dan As 10

c. Beban gempa kanan



Gambar 4.9.c Pembebanan gempa kanan Portal As. 9 dan As 10

d. Beban gempa kiri



Gambar 4.9.d Pembebanan gempa kiri Portal As. 9 dan As 10

**a. Beban mati**

- Beban terdistribusi merata elemen 14 s/d 17, 19 s/d 22, 24 s/d 27, 29 s/d 32

$$\text{Lantai : } 2.2/3.1,5.4,26 = 8,52 \text{ KN/m}$$

$$\text{Balok : } 0,4.0,8.24 = \underline{7,68 \text{ KN/m}}$$

$$W_{D1} = 16,2 \text{ KN/m}$$

- Beban terdistribusi merata elemen 18, 23, 28, 33

$$\text{Lantai : } 2.2/3.1,25.4,26 = 7,10 \text{ KN/m}$$

$$\text{Balok : } 0,4.0,8.24 = \underline{7,68 \text{ KN/m}}$$

$$W_{D2} = 14,8 \text{ KN/m}$$

- Beban terdistribusi merata elemen 34 & 35

$$\text{Lantai : } 2.2/3.1,75.0,12.24 = 6,72 \text{ KN/m}$$

$$\text{Balok : } 0,4.0,8.24 = \underline{7,68 \text{ KN/m}}$$

$$W_{D3} = 14,40 \text{ KN/m}$$

- Beban terpusat

- Nodal 4 s/d 6, 10 s/d 12, 16 s/d 18, 22 s/d 24

$$P_{D1} \text{ balok anak : } 2.(2.1/2.3.1,5).4,26 + 0,25.0,4.24.6 = 52,74 \text{ KN}$$

- Nodal 31 & 32

$$P_{D2} \text{ R perletakan atap} = 28,60 \text{ KN}$$

- Nodal 27 & 30

$$P_{D3} \text{ penutup Lt 4 : } 1,75.(1,5 + 3).0,12.24 + 0,25.0,4.24.6 = 37,08 \text{ KN}$$

- Nodal 8, 14, 20, 26

$$P_{D4} \text{ Lt selasar : } 2.1,25.(1,5 + 3).0,12.24 + 0,25.0,4.24.6 = 46,8 \text{ KN}$$

**b. Beban hidup**

- Beban terdistribusi merata elemen 14 s/d 17, 19 s/d 22, 24 s/d 27, 29 s/d 32

$$W_{L1} = 2.2/3.1,5.2,5 = 5,0 \text{ KN/m}$$

- Beban terdistribusi merata elemen 18, 23, 28, 33

$$W_{L2} = 2.2/3.1,25.3 = 5,0 \text{ KN/m}$$

- Beban terdistribusi merata elemen 34 & 35

$$W_{L3} = 2.2/3.1,5.3 = 6,0 \text{ KN/m}$$

- Beban terpusat

- Nodal 4 s/d 6, 10 s/d 12, 16 s/d 18, 22 s/d 24

$$P_{L1 \text{ R balok anak}} : 2.(2.1/2.3.1,5).2,5 = 22,50 \text{ KN}$$

- Nodal 31 & 32

$$P_{L2 \text{ R perletakan atap}} : 7,166 + 6,304 = 13,46 \text{ KN}$$

- Nodal 27 & 30

$$P_{L3 \text{ penutup Lt 4}} : 2.1,75.(1,5+3).3 = 47,25 \text{ KN}$$

- Nodal 8, 14, 20, 26

$$P_{L4 \text{ Lt selasar}} : 2.1,25.(1,5+3).3 = 33,75 \text{ KN}$$

**c. Beban gempa**

$$\text{Reaksi atap} \quad : \quad 2 \cdot 28,6 = 57,20 \text{ KN}$$

$$\text{Plat penutup Lt.4} \quad : \quad 2,3,5 \cdot 6,0,12 \cdot 24 = 120,96 \text{ KN}$$

$$\text{Kolom} \quad : \quad 2,0,45 \cdot 0,7,24 \cdot 4,8 = 72,58 \text{ KN}$$

$$\text{Balok} \quad : \quad 2,0,4,0,8 \cdot 24 \cdot 12 = 184,38 \text{ KN}$$

$$\text{Balok} \quad : \quad 2,0,25 \cdot 0,4,24 \cdot 6 = 46,08 \text{ KN}$$

$$\text{Beban hidup tereduksi:} \quad \underline{0,6 \cdot (2,3,5 \cdot 6,3) = 75,60 \text{ KN}}$$

$$\text{Dibulatkan } W_{\text{atap}} = 556,80 \text{ KN}$$

- Berat lantai 4 (tipikal dengan lt. 3, 2,1)

$$\text{Lantai} \quad : \quad 6,15 \cdot 4,26 = 383,40 \text{ KN}$$

$$\text{Kolom} \quad : \quad 2,0,45 \cdot 0,7,3,85 \cdot 24 = 58,21 \text{ KN}$$

$$\text{Balok} \quad : \quad 2,0,4,0,8 \cdot 24 \cdot 12 = 184,32 \text{ KN}$$

$$\text{Balok} \quad : \quad 4,0,25 \cdot 0,4,24 \cdot 6 + 2,0,25 \cdot 0,4,24 \cdot 2,5 = 111,36 \text{ KN}$$

$$\text{Balok} \quad : \quad 2,0,25 \cdot 0,4,24 \cdot 12 = 92,16 \text{ KN}$$

$$\text{Tembok} \quad : \quad 2,5 \cdot 3,85 \cdot 12 = 115,50 \text{ KN}$$

$$\text{B.hidup tereduksi :} \quad \underline{0,6(6,12 \cdot 2,5 + 6,2,5 \cdot 3) = 60,60 \text{ KN}}$$

$$\text{Dibulatkan } W_4 = 1005,6 \text{ KN}$$

$$W_{\text{Total}} : 556,8 + 4 \cdot 1005,6 = 4579,2 \text{ KN}$$

Gaya geser untuk tingkat daktilitas penuh ( $K=1$ )

$$V = C.I.K.W_T$$

$$= 0,07.1,5.1,0.4579,2 = 480,82 \text{ KN}$$

distribusi gaya-gaya lateral akibat gempa

Tingkat	Wi (KN)	hi (m)	Wi hi (KNm)	Fi (KN)
Atap	556,8	20,28	11291,91	108,57
4	1005,6	15,40	15486,24	148,90
3	1005,6	11,55	11614,68	111,67
2	1005,6	7,70	7743,12	74,45
1	1005,6	3,85	3871,56	37,23
			50007,51	480,82

Gaya geser untuk tingkat daktilitas penuh ( $K=2$ )

$$V = C.I.K.W_T$$

$$= 0,07.1,5.2,0.4579,2 = 961,64 \text{ KN}$$

distribusi gaya-gaya lateral akibat gempa

Tingkat	Wi (KN)	hi (m)	Wi hi (KNm)	Fi (KN)
Atap	556,8	20,28	11291,91	217,14
4	1005,6	15,40	15486,24	297,80
3	1005,6	11,55	11614,68	223,34
2	1005,6	7,70	7743,12	148,90
1	1005,6	3,85	3871,56	74,46
			50007,51	961,64

## 4.6 Perencanaan Penulangan Portal As 9 dan As 10 Daktilitas Penuh ( $K=1$ )

### 4.6.1 Penulangan lentur dan geser balok

tabel momen rencana balok didapat:

$$M_{\text{tumpuan}}^- = 1196,13 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{tumpuan}}^+ = 397,08 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 506,15 \text{ KNm}$$

a. Pemeriksaan rasio tulangan apakah boleh dilakukan redistribusi momen

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 22,5}{350} \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + 350} \right) = 0,0029 \quad (\text{dari 3.3})$$

$$R_n = \frac{1196,13 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 400 \cdot 750^2} = 5,316 \quad (\text{dari 3.37})$$

$$\rho = \frac{1}{18,3} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 5,316 \cdot 18,3}{350}} \right) = 0,018 \quad (\text{dari 3.39})$$

$$R_n = \frac{397,08 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 400 \cdot 750^2} = 1,76$$

$$\rho' = \frac{1}{18,3} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,76 \cdot 18,3}{350}} \right) = 0,0053$$

$$0,018 - 0,0053 = 0,0127 < 0,5 \cdot 0,029 = 0,0145$$

maka redistribusi momen negatif boleh dilakukan

- faktor redistribusi maksimum

$$30 \cdot \left( 1 - \frac{4 \cdot 0,018 - 0,0053}{0,029} \right) \% = 12 \% \quad (\text{dari 3.3})$$

- Redistribusi momen negatif pada pertemuan kolom tepi

$$\partial M = 1196,13 \cdot 12\% = 143,06 \text{ KNm}$$



- Momen balok rencana terredistribusi

$$M_{tump}^- = 1196,13 - 143,06 = 1049,07 \text{ KNm}$$

$$M_{tump}^+ = 397,08 + 143,06 = 540,14 \text{ KNm}$$

$$M_{lap} = 506,15 + 143,06 = 649,21 \text{ KNm}$$

- Perencanaan tulangan tumpuan negatif

$$f'_c = 22,5 \text{ MPa}$$

$$f_y = 350 \text{ MPa}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$d = 800 - 50 = 750 \text{ mm}$$

$$m = 18,3$$

$$\rho_{min} = 0,004$$

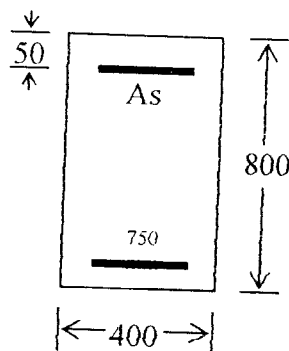
$$\rho_{max} = 0,022$$

$$R_n = \frac{1049,07 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 400 \cdot 750^2} = 4,66$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{18,3} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 4,66 \cdot 18,3}{350}} \right) = 0,016$$

$$A_s = 0,016 \cdot 400 \cdot 750 = 4721,90 \text{ mm}^2 \quad (\text{dari 3.40a})$$

$$A_s' = 0,5 \cdot A_s = 0,5 \cdot 4721,90 = 2360,95 \text{ mm}^2 \quad (\text{dari 3.40b})$$



- Perencanaan tulangan tumpuan positif

$$R_n = 2,40$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{18,3} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2,40 \cdot 18,3}{350}} \right) = 0,0074$$

$$A_s' = 0,0074 \cdot 400 \cdot 750 = 2206,12 \text{ mm}^2$$

Tulangan tumpuan terpasang berdasarkan luasan maksimum

$$A_s = 0,016.400.750 = 4721,90 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } 10D25 = 4909,0 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0,5.A_s = 0,5. 4721,90 = 2360,95 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } 5D25 = 2454,5 \text{ mm}^2$$

- Perencanaan tulangan lapangan

$$R_n = 2,88$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0089$$

$$A_s = 0,008.400.750 = 2694,65 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } 6D25 = 2945,4 \text{ mm}^2$$

b. Momen kapasitas balok berdasarkan tulangan tarik terpasang (akibat gempa kiri)

$$C_c = 0,85.22,5.400.a = 7650.a \quad \text{N} \quad (\text{dari 3.59c})$$

$$C_s = 2454,5.(350 - 0,85.22,5) = 812132,69 \quad \text{N} \quad (\text{dari 3. 59d})$$

$$T = 4909,0.350 = 1718150 \quad \text{N} \quad (\text{dari 3. 59e})$$

$$a = \frac{1718150 - 812132,69}{7650} = 118 \quad \text{mm} \quad (\text{dari 3. 59g})$$

$$C_c = 7650.118 = 906017,31 \quad \text{N}$$

dari persamaan 3. 59h, didapat nilai:

$$\begin{aligned} M_{n,ak,b} &= \left[ 906017,31 \left( 750 - \frac{142}{2} \right) + 812132,69.(750 - 50) \right] \cdot 10^{-6} \\ &= 626,06 + 568,49 = 1194,55 \quad \text{KNm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{kap},b} = 1,25.1194,55 = 1492,96 \quad \text{KNm} \quad (\text{dari 3. 59a})$$

- c. Momen kapasitas balok berdasarkan tulangan tekan terpasang (gempa kanan)

Perencanaan menggunakan anggapan bahwa tulangan tarik dan tulangan tekan berjumlah sama yaitu berdasarkan tulangan tekan terpasang momen positif akibat gempa kanan (gambar 4.6.1.c), sehingga didapat:

$$C_c = 0,85 \cdot 22,5 \cdot 400 \cdot a = 7650 \cdot a \quad \text{N}$$

$$C_s = 2454,5 \cdot (350 - 0,85 \cdot 22,5) = 812132,69 \quad \text{N}$$

$$T = 2454,5 \cdot 350 = 859075 \quad \text{N}$$

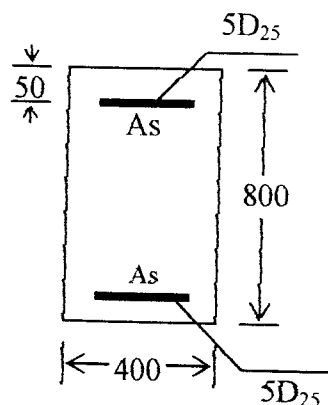
$$a = \frac{859075 - 812132,69}{7650} = 6,2 \quad \text{mm}$$

$$C_c = 7650 \cdot 6,2 = 46942,31 \quad \text{N}$$

dari persamaan 3. 59h, didapat nilai:

$$\begin{aligned} M_{n,ak,b} &= \left[ 46942,31 \cdot \left( 750 - \frac{6,2}{2} \right) + 812132,69 \cdot (750 - 50) \right] \cdot 10^{-6} \\ &= 35,06 + 568,49 = 603,55 \quad \text{KNm} \end{aligned}$$

$$M'_{kap,b} = 1,25 \cdot 603,55 = 754,44 \quad \text{KNm}$$



**Gambar 4.10** Anggapan penampang balok tulangan tekan terpasang

d. Tulangan geser balok

$$V_D = 188,58 \text{ KN}$$

$$V_L = 71,30 \text{ KN}$$

$$V_E = 112,54 \text{ KN}$$

$$V_g = 188,58 + 71,30 = 259,88 \text{ KN}$$

$$l_n = 12 - 0,70 = 11,3 \text{ m}$$

Gaya geser rencana:

$$V_{u,b} = 0,7 \left( \frac{192,96 + 754,44}{11,3} \right) + 1,05 \cdot 229,92 = 425,74 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.60a})$$

dari persamaan (dari 3.60) didapat gaya geser terpakai:

$$\begin{aligned} V_{u,b} &= \left[ 229,92 - 0,7 \left( \frac{1492,96 + 754,44}{11,3} \right) \right] \\ &\quad + \frac{11,3 - 0,7}{11,3} \left[ 425,74 - \left( 229,92 - 0,7 \left( \frac{1492,96 + 754,44}{11,3} \right) \right) \right] \\ &= 407,64 \text{ KN} \end{aligned}$$

tidak perlu lebih dari

$$V_{u,b} = 1,05 \left( 189,73 + 72,00 + \frac{4,0}{1} \cdot 91,71 \right) = 626,59 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.60b})$$

- Pada daerah sendi plastis ( $V_c = 0$ ), ( $x = 2.750 = 1500 \text{ mm}$ )

$$V_s = 407,64 / 0,6 = 679,4 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.60m})$$

Dipakai sengkang 3D10 = 235,5 mm<sup>2</sup>

$$s = \frac{235,5 \cdot 350 \cdot 750 \cdot 10^{-3}}{679,4} = 90 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.60j})$$

$$s \leq \frac{750}{4} = 187,5 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.60n})$$

$$s \leq 8.25 = 200 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.60n})$$

$$s \leq 24.10 = 240 \text{ mm}$$

$$s \leq \frac{1600.350.157}{490.9.350} = 500 \text{ mm}$$

- Diluar daerah sendi plastis

$$V_u = \frac{6-1,5}{6}(396,79-184,20)+184,20 = 343,64 \text{ KN}$$

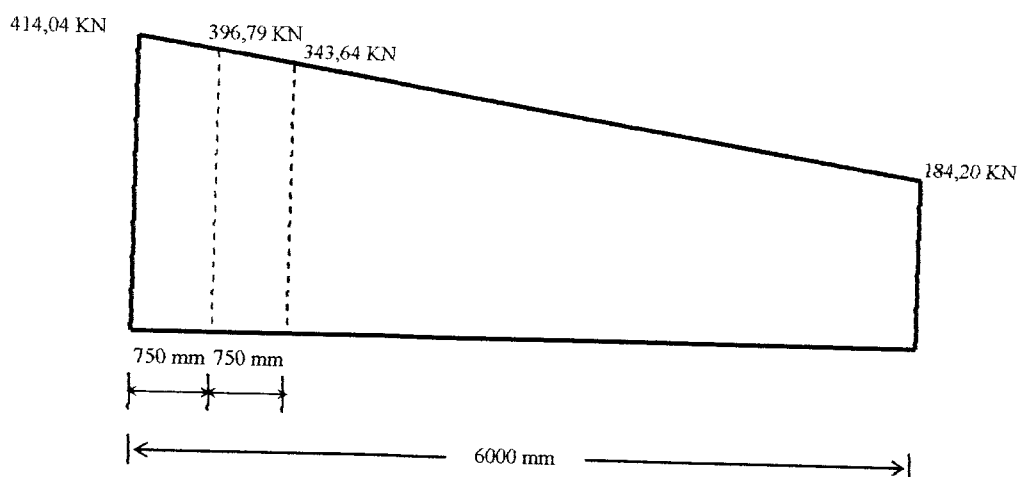
$$V_c = .1/6.\sqrt{22,5.400.750.10^{-3}} = 237,17 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.60e})$$

$$V_s = 343,64/0,6 - 237,17 = 335,57 \text{ KN}$$

$$s \leq \frac{235,5.350.750.10^{-3}}{335,57} = 150 \text{ mm}$$

$$s \leq \frac{750}{2} = 187,5 \text{ mm}$$

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



#### 4.6.2 Penulangan kolom akibat beban lentur dan aksial

$$I_b = 1/12 \cdot 0,40 \cdot 0,8^3 = 0,0171 \text{ m}^4$$

$$I_k = 1/12 \cdot 0,45 \cdot 0,7^3 = 0,0141 \text{ m}^4$$

$$K_{k,b} = \frac{E \cdot I_k}{h_k} = \frac{E \cdot 0,0141}{3,85} = 0,003662 \cdot E \quad (\text{dari 3.61c})$$

$$K_{k,a} = \frac{E \cdot I_k}{h_k} = \frac{E \cdot 0,0141}{3,85} = 0,003662 \cdot E$$

$$\Sigma K = K_{k,a} + K_{k,b} = 0,003662 \cdot E + 0,003662 \cdot E = 0,007324 \cdot E$$

$$\alpha_{ka} = \frac{K_k}{\Sigma K} = \frac{0,003662 \cdot E}{0,007324 \cdot E} = 0,5 \quad (\text{dari 3.61d})$$

a. Momen rencana kolom (dari 3.61b)

$$\begin{aligned} M_{u,k} &= \frac{3,85}{3,05} \cdot 0,7 \cdot 1,3 \cdot 0,5 \cdot \left[ \left( \frac{12}{11,3} \cdot 1492,96 + 0 \right) + 0,3 \left( \frac{6}{5,6} \cdot 310,82 + \frac{6}{5,6} \cdot 310,82 \right) \right] \\ &= 910,59 \text{ KNm} \end{aligned}$$

tidak perlu lebih dari (pers. 3.62)

$$M_{u,k} = 1,05 \cdot (165,76 + 78,08 + 4/1 \cdot (346,96 + 0,3 \cdot 185,78)) = 1713,25 \text{ KNm}$$

b. Gaya aksial rencana kolom

$$n = 5 \text{ lantai}$$

$$R_v = 1,1 - 0,025 \cdot 5 = 0,975$$

$$N_D = 662,88 \text{ KN}$$

$$N_L = 318,05 \text{ KN}$$

$$N_g = 193,11 \text{ KN}$$

$$N_g = 662,88 + 318,05 = 980,93 \text{ KN}$$

dari persamaan 3.64a

$$N_{u,k} = 0,70,975 \left[ \left( \frac{910,59}{12} - 0 \right) + 0,3 \left( \frac{6}{5,6} \cdot 310,82 - \frac{6}{5,6} \cdot 310,82 \right) \right] + 1,05 \cdot 980,93$$

$$= 1081,76 \text{ KN}$$

tidak perlu lebih dari 3.64b

$$N_{u,k} = 1,05 \cdot (980,93 + 4,0/1 \cdot (193,11 + 0,3 \cdot 73,38)) = 1841,04 \text{ KN}$$

c. Perencanaan tulangan desak dan lentur kolom

Kontrol kelangsingan kolom

$$r = \sqrt{\frac{1,41 \cdot 10^{10}}{3,15 \cdot 10^5}} = 216,5 \text{ mm} = 0,22 \text{ m} \quad (\text{dari 3.65a})$$

$$\frac{kl}{r} = \frac{1,0 \cdot (3,85 - 0,8)}{0,22} = 14,1 < 22 \rightarrow \text{kolom pendek} \quad (\text{dari 3.65c})$$

Tinjauan terhadap kondisi seimbang untuk luas tulangan 1%  $A_g$

$$A_{st} = 0,01 \cdot 450 \cdot 700 = 3150 \text{ mm}^2 \quad (\text{dari 3.65e})$$

$$A_s = A_s' = 0,5 \cdot 3150 = 1575 \text{ mm}^2$$

$$d = 700 - 50 = 650 \text{ mm}^2 \quad (\text{dari 3.65f})$$

$$c_b = \frac{600 \cdot 650}{600 + 350} = 410 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.65g})$$

$$a_b = 0,85 \cdot 410 = 348 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.65h})$$

$$f_s' = 200000 \cdot \left[ 0,003 \cdot \left( \frac{410 - 50}{410} \right) \right] = 526,8 \text{ MPa} > f_y \quad (\text{dari 3.65i})$$

maka dianggap  $f_s' = f_y$

$$f_s = 200000 \cdot \left[ 0,003 \cdot \left( \frac{650 - 410}{410} \right) \right] = 351,2 \text{ MPa} > f_y \quad (\text{dari 3.65j})$$

maka dianggap  $f_s = f_y$

$$C_{cb} = 0,85 \cdot 22,5 \cdot 348 \cdot 450 \cdot 10^{-3} = 2994,975 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.65k})$$

$$C_{sb} = 1575 \cdot (350 - 0,85 \cdot 22,5) \cdot 10^{-3} = 521,128 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.65l})$$

$$T_{sb} = 1575 \cdot 350 \cdot 10^{-3} = 551,25 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.65m})$$

$$P_{nb} = (2994,975 + 521,128 - 551,25) = 2964,85 \text{ KN}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot 2964,85 = 1927,15 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.65n})$$

$$M_{nb} = \left[ 2994,975 \left( \frac{700 - 348}{2} \right) + 521,128(350 - 50) + 551,25(650 - 350) \right] 10^{-3}$$

$$= 848,83 \text{ KNm}$$

$$\phi M_{nb} = 0,65 \cdot 848,83 = 551,74 \text{ KNm} \quad (\text{dari 3.65o})$$

$$e_b = \frac{551,74}{1927,15} \cdot 10^3 = 286 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.65p})$$

Dengan cara yang sama ditinjau kondisi patah desak

Diambil  $c > c_b \rightarrow c = 500 \text{ mm}$

$$a = 0,85 \cdot 500 = 425 \text{ mm}$$

$$f'_s = 200000 \cdot \left[ 0,003 \cdot \left( \frac{500 - 50}{500} \right) \right] = 529 \text{ MPa} > f_y$$

maka dianggap  $f'_s = f_y$

$$f_s = 200000 \cdot \left[ 0,003 \cdot \left( \frac{650 - 500}{500} \right) \right] = 240 \text{ MPa} < f_y$$

maka digunakan  $f_s$

$$C_c = 0,85 \cdot 22,5 \cdot 425 \cdot 450 \cdot 10^{-3} = 3657,66 \text{ KN}$$



$$C_s = 1575.(350 - 0,85.22,5)10^{-3} = 521,128 \text{ KN}$$

$$T_s = 1575.240.10^{-3} = 378 \text{ KN}$$

$$P_n = 3657,66 + 521,128 - 378 = 4556,79 \text{ KN}$$

$$\phi P_n = 0,65.4556,79 = 2961,91 \text{ KN}$$

$$M_n = \left[ 3657,66 \left( \frac{700 - 425}{2} \right) + 521,128.(350 - 50) + 378.(650 - 350) \right] 10^{-3}$$

$$= 772,67 \text{ KNm}$$

$$\phi M_n = 0,65.772,67 = 502,24 \text{ KNm}$$

$$e = \frac{502,24}{2961,91} \cdot 10^3 = 170 \text{ mm}$$

Dengan cara yang sama ditinjau kondisi patah tarik

Diambil  $c < c_b \rightarrow c = 300 \text{ mm}$

$$a = 0,85.300 = 255 \text{ mm}$$

$$f'_s = 200000 \left[ 0,003 \left( \frac{300 - 50}{300} \right) \right] = 500 \text{ MPa} > f_y$$

maka dianggap  $f'_s = f_y$

$$f_s = 200000 \left[ 0,003 \left( \frac{650 - 300}{300} \right) \right] = 800 \text{ MPa} > f_y$$

maka dianggap  $f_s = f_y$

$$C_c = 0,85.22,5.255.450.10^{-3} = 2194,59 \text{ KN}$$

$$C_s = 1575.(350 - 0,85.22,5)10^{-3} = 521,128 \text{ KN}$$

$$T_s = 1575.350.10^{-3} = 551,25 \text{ KN}$$

$$P_n = 2194,59 + 521,128 - 551,25 = 2164,47 \text{ KN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 2164,47 = 1406,91 \text{ KN}$$

$$M_n = \left[ 2194,59 \left( \frac{700 - 255}{2} \right) + 521,128 \cdot (350 - 50) + 551,25 \cdot (650 - 350) \right] \cdot 10^{-3}$$

$$= 810,01 \text{ KNm}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 810,01 = 526,51 \text{ KNm}$$

$$e = \frac{526,51}{1406,91} \cdot 10^3 = 374 \text{ mm}$$

Keruntuhan akibat beban sentris (aksial murni)

$$P_n = \{0,85 \cdot 22,5 \cdot (315000 - 3150) + 3150 \cdot 350\} \cdot 10^{-3}$$

$$= 7066,63 \text{ KN}$$

(dari 3.65q)

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 7066,63 = 4593,31 \text{ KN}$$

(dari 3.65r)

Keruntuhan tanpa beban aksial (lentur murni)

Anggap tulangan baja desak belum luluh, keseimbangan gaya menjadi:

$$0,85 \cdot 22,5 \cdot 0,85 \cdot c^2 \cdot 400 + (600 \cdot 1575 - 1575 \cdot 350) \cdot c - 600 \cdot 1575 \cdot 50 = 0$$

$$6502,5c^2 + 393750c - 47250000 = 0$$

(dari 3.65s)

didapat:  $c = 120 \text{ mm}$ ,  $a = 0,85 \cdot 120 = 96 \text{ mm}$

$$M_n = [0,85 \cdot 22,5 \cdot 96 \cdot 400 \cdot (650 - 96/2) + 1575 \cdot 350 \cdot (650 - 50)] \cdot 10^{-6}$$

$$= 830,93 \text{ KNm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 830,93 = 664,75 \text{ KN}$$

(dari 3.65u)

Keruntuhan akibat beban sentris (aksial murni)

$$P_n = \{0,85 \cdot 22,5 \cdot (315000 - 3150) + 3150 \cdot 350\} \cdot 10^{-3}$$

$$= 7066,63 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.65q})$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 7066,63 = 4593,31 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.65r})$$

Keruntuhan tanpa beban aksial (lentur murni)

Anggap tulangan baja desak belum luluh, keseimbangan gaya menjadi:

$$0,85 \cdot 22,5 \cdot 0,85 \cdot c^2 \cdot 400 + (600 \cdot 1575 - 1575 \cdot 350)c - 600 \cdot 1575 \cdot 50 = 0$$

$$6502,5c^2 + 393750c - 47250000 = 0 \quad (\text{dari 3.65s})$$

didapat:  $c = 120 \text{ mm}$ ,  $a = 0,85 \cdot 120 = 96 \text{ mm}$

$$M_n = [0,85 \cdot 22,5 \cdot 96 \cdot 400 \cdot (650 - 96/2) + 1575 \cdot 350 \cdot (650 - 50)] \cdot 10^{-6}$$

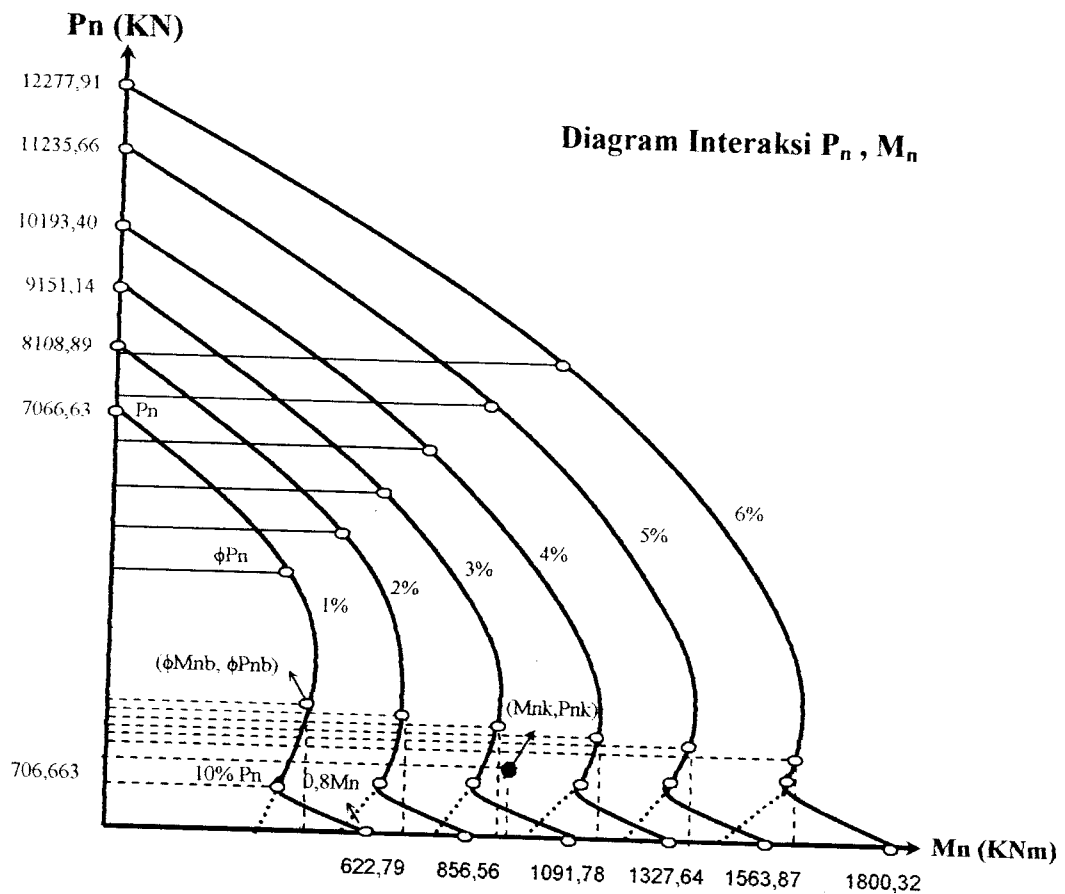
$$= 830,93 \text{ KNm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 830,93 = 664,75 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.65u})$$

Dengan cara yang sama didapat diagram interaksi kolom 450/700 untuk luas tulangan 2%, 3%, 4%, 5%, 6%

**Tabel 4.9** Interaksi  $P_n - M_n$  (kolom 450/700)

Luas tulangan	1%	2%	3%	4%	5%	6%
Ast	3150	6300	9450	12600	15750	18900
As = As'	1575	3150	4725	6300	7875	9450
0.65.P <sub>nb</sub>	1927.15	1907.58	1888.00	1868.42	1848.84	1829.26
0.65.M <sub>nb</sub>	551.74	760.85	969.97	1179.08	1388.19	1597.31
P <sub>n</sub>	7066.63	8108.89	9151.14	10193.40	11235.66	12277.91
10%P <sub>n</sub>	706.66	810.89	915.11	1019.34	1123.57	1227.79
0.65P <sub>n</sub>	4593.31	5270.78	5948.24	6625.71	7303.18	7980.64
0.65M <sub>n</sub>	506.02	695.96	<b>887.07</b>	<b>1078.71</b>	1270.64	1462.76
0.8M <sub>n</sub>	622.79	856.56	1091.78	1327.64	1563.87	1800.32



Dari analisis momen dan aksial rencana kolom, didapat:

$$M_{u,k} = 910,59 \text{ KN}$$

$$N_{u,k} = 1081,76 \text{ KN}$$

$$e = \frac{910,59}{1081,76} \cdot 10^{-3} = 842 \text{ mm} > e_b = 286 \text{ mm (patah tarik)}$$

Rasio tulangan menurut diagram interaksi kolom, dilakukan interpolasi:

$$\rho = \frac{(0,04 - 0,03) \cdot (910,59 - 887,07)}{(1078,71 - 887,07)} + 0,03 = 0,031$$

$$A_{st} = 3,1\% \cdot A_g = 3,1\% \cdot 450 \cdot 700 = 9836 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } 22D25 = 10799,8 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 11.409,9 = 5399,9 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 11.409,9 = 5399,9 \text{ mm}^2$$

Kontrol kapasitas kolom terhadap keruntuhan tarik

$$m = 18,3$$

$$\left(1 - \frac{e'}{d}\right) = \frac{700 - 2.842}{2.650} = -0,757 \quad (\text{dari 3.65w})$$

$$\left(1 - \frac{d'}{d}\right) = \left(1 - \frac{50}{650}\right) = 0,923$$

dari persamaan (dari 3.65x), didapat:

$$P_n = 0,85 \cdot 22,5 \cdot 450 \cdot 650 \cdot \left[ -0,757 + \sqrt{(-0,757)^2 + 2 \cdot 18,3 \cdot 0,031 \cdot (0,923)} \right] \cdot 10^{-3}$$

$$= 2885,99 \text{ KN}$$

$$\phi \cdot P_n = 0,65 \cdot 2885,99 = 1875,89 \text{ KN} > P_{n,k} = 1081,76 \text{ KN}$$

d. Perencanaan tulangan geser kolom

$$M_{u,ka} = M_{u,kb} = 910,59 \text{ KN}$$

$$V_{D,k} = 80,50 \text{ KN}$$

$$V_{L,k} = 33,06 \text{ KN}$$

$$V_{E,k} = 201,14 \text{ KN}$$

Gaya geser rencana kolom

$$V_{u,k} = \frac{910,59 + 910,59}{(3,85 - 0,8)} = 597,11 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.66a})$$

tidak perlu lebih dari

$$V_{u,k} = 1,05 \cdot (80,50 + 33,06 + 4/1 \cdot 201,14) = 963,55 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.66b})$$

Tulangan geser didaerah ujung kolom ( $V_c = 0$ )

$$V_s = 597,11/0,6 - 0 = 995,18 \text{ KN}$$

Dipakai sengkang tertutup 4P10,  $A_v = 314 \text{ mm}^2$

$$s \leq \frac{314.350.650.10^{-3}}{995,18} = 70 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.60k})$$

$$s \leq \frac{1}{4}.450 = 112,5 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.66d})$$

$$s \leq 8.25 = 200 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.66e})$$

$$s \leq 100 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.66f})$$

Tulangan geser didaerah tengah bentang kolom

$$V_c = (1 + 1081,76 / 14.315000) \left( 1/6 \cdot \sqrt{22,5} \right) 450.65010^{-3} = 232,24 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.66c})$$

$$V_s = 995,18 - 232,24 = 762,94 \text{ KN}$$

$$s = \frac{314.350.650.10^{-3}}{762,94} = 90 \text{ mm}$$

$$s \leq 100 \text{ mm}$$

Daerah-daerah yang berpotensi mengalami sendi plastis terletak sepanjang  $l_0$

dari muka yang ditinjau, dengan nilai  $l_0$  tidak boleh kurang dari:

$$h = 450 \text{ mm} \text{ untuk } N_{u,k} < 0,3.A_g.f'_c$$

$$1,5.h \text{ untuk } N_{u,k} > 0,3.A_g.f'_c$$

$$1/6.l = 1/6.3050 = 508 \text{ mm}$$

$$450 \text{ mm}$$

### 4.6.3 Pertemuan balok kolom

$$V_{kol} = \frac{0,7 \cdot (12/11,3 \cdot 1492,96)}{1/2 \cdot (3,85 + 3,85)} = 371,53 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.67a})$$

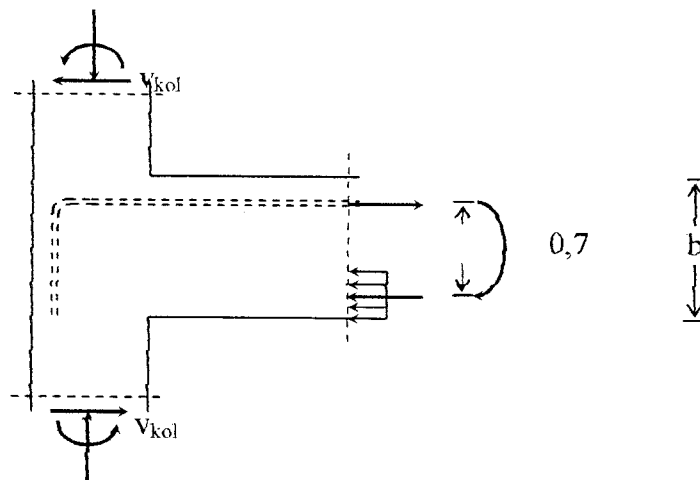
$$T = \frac{0,7 \cdot 1492,96 \cdot 10^3}{(650 - 348/2)} = 2195 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.67d})$$

$$V_{j,h} = 2195 - 371,53 = 1423,47 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.67b})$$

kontrol tegangan geser horizontal minimal

$$V_{j,h} = \frac{V_{j,h}}{b_j \cdot h_c} = \frac{1423,47 \cdot 10^3}{800 \cdot 700} = 4,07 \text{ MPa} \quad (\text{dari 3.67e})$$

$$1,5 \cdot \sqrt{f'_c} = 1,5 \cdot \sqrt{22,5} = 7,12 \text{ MPa} > V_{j,h} = 4,07 \text{ MPa} \quad (\text{dari 3.67f})$$



Gambar 4.11 Join balok kolom

Penulangan geser horizontal (dari 3.67g)

$$N_{u,k} = 1081,76 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{uk}}{A_g} = \frac{1081,76 \cdot 10^3}{450 \cdot 700} = 3,59 \text{ MPa} > 0,1 \cdot f'_c = 0,1 \cdot 22,5 = 2,25 \text{ MPa}$$

maka sumbangan gaya geser beton horizontal adalah:

$$\begin{aligned} V_{c,h} &= 2/3 \cdot \sqrt{\left\{1130,95 \cdot 10^3 / 450 \cdot 700\right\} - 0,1,22,5} \cdot 800 \cdot 700 \cdot 10^{-3} \\ &= 563,25 \text{ KN} \end{aligned}$$

sehingga:

$$V_{s,h} = 1423,47 - 563,25 = 860,22 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.67j})$$

Luas tulangan geser horizontal

$$A_{j,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y} = \frac{860,22 \cdot 10^3}{350} = 2457,77 \text{ mm}^2 \quad (\text{dari 3.67l})$$

$$\text{luasan tersedia 2 sengkang tertutup P10 } (2A_v) = 2 \cdot 157 = 314 \text{ mm}^2$$

$$\text{jumlah lapis sengkang} = 2457,77 / 314 = 7,8 \approx 8 \text{ lapis}$$

Luas tulangan geser vertikal

$$A'_s = A_s$$

$$\begin{aligned} V_{c,v} &= 6148,5 \cdot 1423,47 / 6558,4 \cdot (0,6 + 1425,75 / 315 \cdot 22,5) \\ &= 1069,16 \text{ KN} \end{aligned} \quad (\text{dari 3.67o})$$

$$V_{s,v} = 1423,47 - 1069,16 = 354,31 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.67n})$$

$$A_{j,v} = \frac{354,31 \cdot 10^3}{350} = 1012,33 \text{ mm}^2 \quad (\text{dari 3.67m})$$

$$\text{luasan tersedia 2 sengkang tertutup P10 } (2A_v) = 2 \cdot 157 = 314 \text{ mm}^2$$

$$\text{jumlah lapis sengkang} = 1012,33 / 314 = 3,2 \approx 4 \text{ lapis}$$

Keperluan tulangan geser diatas sebenarnya sudah dapat ditahan oleh tulangan lentur balok maupun tulangan kolom terpasang.



Tabel 4.10.a Momen Rencana Balok Portal As 9-10 (K=1)

Elm	Jarak (m)	MD (KNm)	ML (KNm)	M.GEMPA (KNm)		1.2MD + 1.6ML (KNm)		0.9(MD ± ME) (KNm)		1.05(MD+0.6ML ± ME) (KNm)		KET
				KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	
14	0	-319.34	-104.77	577.40	-577.94	-550.83	232.25	-614.43	204.95	-782.85		
	1.5	-87.16	-23.34	432.98	-433.52	-141.93	311.24	-411.17	348.41	-494.40	blk. lt.1	
	3	108.57	46.85	288.57	-289.10	205.24	357.42	-218.03	446.51	-224.85		
15	0	108.57	46.85	288.57	-289.10	205.24	357.42	-218.03	446.51	-224.85		
	1.5	188.74	72.00	144.15	-144.69	341.68	299.60	-65.42	394.89	-30.96	blk. lt.1	
	3	232.46	85.90	-0.27	-0.27	416.38	208.97	77.07	297.92	144.03		
16	0	232.46	85.90	-0.27	-0.27	416.38	208.97	77.07	297.92	144.03		
	1.5	160.61	54.77	-144.69	144.15	280.36	14.33	179.03	51.23	243.37	blk. lt.1	
	3	52.32	12.39	-289.10	288.57	82.6	-213.10	270.86	-240.81	323.81		
17	0	52.32	12.39	-289.10	288.57	82.6	-213.10	270.86	-240.81	323.81		
	1.5	-171.53	-75.03	-433.52	432.98	-325.88	-544.54	322.16	-682.57	328.58	blk. lt.1	
	3	-431.83	-173.69	-577.94	577.40	-796.09	-908.79	363.33	-1169.68	314.47		
18	0	-163.25	-100.00	0	0	-355.9	-146.93	-90.00	-234.41	-168.00		
	1.25	-70.06	-46.09	0	0	-157.83	-63.05	-41.48	-102.60	-77.43	blk. lt.1	
	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
19	0	-306.40	-96.54	677.01	-673.43	-522.14	333.54	-692.97	328.32	-869.28		
	1.5	-78.57	-17.77	508.20	-504.62	-122.72	386.67	-470.15	439.92	-559.70	blk. lt.2	
	3	112.81	49.74	339.40	-335.82	214.96	406.98	-257.47	506.15	-269.04		
20	0	112.81	49.74	339.40	-335.82	214.96	406.98	-257.47	506.15	-269.04		
	1.5	188.63	72.23	170.60	-167.02	341.92	323.30	-85.31	422.69	-54.02	blk. lt.2	
	3	228.00	83.46	1.79	1.79	407.14	206.81	76.73	293.86	142.09		
21	0	228.00	83.46	1.79	1.79	407.14	206.81	76.73	293.86	142.09		
	1.5	151.81	49.67	-167.02	170.60	261.64	-13.68	198.24	15.33	262.57	blk. lt.2	
	3	39.17	4.63	-335.82	339.40	54.4	-266.98	309.62	-308.56	364.14		

Lanjutan Tabel 4.10.a Momen Rencana Balok Portal As 9-10 (K=1)

ELM	Jarak (m)	MD (KNm)	ML (KNm)	M. GEMPA (KNm)		1.2MD + 1.6ML (KNm)		0.9(MD ± ME) (KNm)		1.05(MD+0.6ML ± ME) (KNm)		KET
				KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	
22	0	39.17	4.63	-335.82	339.40	54.4		-266.98	309.62	-308.56	364.14	blk. lt.2
	1.5	-189.03	-85.45	-504.62	508.20	-363.55		-624.29	380.48	-782.17	390.05	
	3	-453.68	-186.77	-673.43	677.01	-843.26		-1014.39	333.54	-1196.13	397.08	
23	0	-163.25	-100.00	0	0	-355.9		-146.93	-90.00	-234.41	-168.00	blk. lt.2
	1.25	-70.06	-46.09	0	0	-157.83		-63.05	-41.48	-102.60	-77.43	
	2.5	0	0	0	0	0		0	0	0	0.00	
24	0	-297.45	-87.02	600.28	-616.57	-496.17		272.55	-633.23	263.15	-793.59	blk. lt.3
	1.5	-70.95	-9.07	448.18	-464.46	-99.66		339.50	-426.18	390.37	-502.92	
	3	119.09	57.63	296.07	-312.36	235.11		373.64	-229.25	472.22	-231.15	
25	0	119.09	57.63	296.07	-312.36	235.11		373.64	-229.25	472.22	-231.15	blk. lt.3
	1.5	193.58	79.29	143.97	-160.25	359.16		303.79	-72.86	404.37	-35.06	
	3	231.61	89.71	-8.14	-8.14	421.47		201.12	73.41	291.16	142.17	
26	0	231.61	89.71	-8.14	-8.14	421.47		201.12	73.41	291.16	142.17	blk. lt.3
	1.5	154.09	55.10	-160.25	143.97	273.06		-5.54	179.16	28.25	243.73	
	3	40.11	9.24	-312.36	296.07	62.92		-245.02	274.78	-280.04	326.40	
27	0	40.11	9.24	-312.36	296.07	62.92		-245.02	274.78	-280.04	326.40	blk. lt.3
	1.5	-189.42	-81.65	-464.46	448.18	-357.96		-588.49	329.87	-738.01	333.41	
	3	-455.41	-183.80	-616.57	600.28	-840.57		-964.78	324.83	-1141.37	321.51	
28	0	-163.25	-100.00	0	0	-355.9		-146.93	-90.00	-234.41	-168.00	blk. lt.3
	1.25	-70.06	-46.09	0	0	-157.83		-63.05	-41.48	-102.60	-77.43	
	2.5	0	0	0	0	0		0	0	0	0.00	
29	0	-307.41	-111.97	585.88	-514.62	-548.04		250.62	-563.93	221.85	-728.46	blk. lt.4
	1.5	-81.29	-34.25	448.32	-377.06	-152.35		330.32	-370.18	363.80	-453.45	
	3	108.38	32.21	310.76	-239.50	181.6		377.22	-186.56	460.38	-197.36	
30	0	108.38	32.21	310.76	-239.50	181.6		377.22	-186.56	460.38	-197.36	blk. lt.4
	1.5	182.49	53.65	173.19	-101.94	304.83		320.11	-43.46	407.26	-16.90	
	3	220.15	63.84	35.63	35.63	366.31		230.20	89.52	308.79	144.66	





Lanjutan Tabel 4.10.b Gaya Geser Rencana Balok Portal As.9 dan As.10 (K=1)

Elm	Jarak (m)	V <sub>DB</sub> (KN)	V <sub>LR</sub> (KN)	V <sub>EB</sub> (KN)	V <sub>GB</sub> (KN)	M <sub>KAP.B</sub>	M' <sub>KAP.B</sub>	V <sub>UB</sub> = 0,7(M <sub>KAP.E</sub> + M' <sub>KAP.B</sub> )/Ln+1,05.V <sub>3.B</sub> (KN)	V <sub>ubterpakai</sub> (KN)	V <sub>UB</sub> =1,05(V <sub>DB</sub> + V <sub>LR</sub> +4. V <sub>EB</sub> ) (KN)	KETERANGAN
27	0	140.87	56.85	101.40	144.98	1492.96	754.44	227.43	209.92	578.12	BALOK LT.3
	1.5	165.17	64.35	101.40	205.22	1492.96	754.44	192.37	174.97	641.38	
	3	189.47	71.85	101.40	237.02	1492.96	754.44	157.31	140.01	674.77	
28	0	83.80	46.25	0	235.72	1492.96	754.44	204.11	186.67	247.51	BALOK LT.3
	1.25	65.30	40.00	0	123.8	1492.96	754.44	239.17	221.63	129.99	
	2.5	46.80	33.75	0	99.05	1492.96	754.44	274.23	256.58	104.00	
29	0	162.90	55.56	91.71	102.36	1492.96	754.44	357.21	339.31	492.65	BALOK LT.4
	1.5	138.60	48.06	91.71	210.96	1492.96	754.44	392.27	374.27	606.68	
	3	114.30	40.56	91.71	179.16	1492.96	754.44	427.32	409.23	573.29	
30	0	61.56	18.04	91.71	132.34	1492.96	754.44	282.60	264.93	524.13	BALOK LT.4
	1.5	37.26	10.54	91.71	72.096	1492.96	754.44	255.31	237.72	460.87	
	3	12.96	3.04	91.71	40.296	1492.96	754.44	228.03	210.52	427.48	
31	0	39.79	19.48	91.71	66.764	1492.96	754.44	380.07	362.11	419.23	BALOK LT.4
	1.5	64.09	26.98	91.71	32.434	1492.96	754.44	345.01	327.16	455.28	
	3	88.39	34.48	91.71	98.564	1492.96	754.44	309.95	292.20	488.67	
32	0	141.13	57.00	91.71	145.38	1492.96	754.44	226.98	209.47	537.83	BALOK LT.4
	1.5	165.43	64.50	91.71	198.12	1492.96	754.44	191.92	174.52	593.20	
	3	189.73	72.00	91.71	229.92	1492.96	754.44	156.86	139.56	626.59	
33	0	83.80	46.25	0	261.72	1492.96	754.44	204.56	187.12	274.81	BALOK LT.4
	1.25	65.30	40.00	0	130.05	1492.96	754.44	239.62	222.08	136.55	
	2.5	46.80	33.75	0	105.3	1492.96	754.44	274.68	257.04	110.57	
34	0	37.08	47.25	0	0	0	0	357.66	339.77	84.58	BALOK ATAP
	1.75	62.28	57.75	0	0	0	0	392.72	374.72	88.55	
	3.5	87.48	68.25	0	0	0	0	427.78	409.68	126.03	
35	0	87.48	68.25	0	0	0	0	282.60	264.93	163.52	BALOK ATAP
	1.75	62.28	57.75	0	0	0	0	255.31	237.72	163.52	
	3.5	37.08	47.25	0	0	0	0	228.03	210.52	126.03	

Keterangan:

$$V_{u,b \text{ terpakai}} = \left[ 1,05 \cdot V_G - 0,7 \left( \frac{M_{\text{kap,b}} + M'_{\text{Kap,b}}}{I_n} \right) \right] + \frac{\ln-d}{\ln} \left[ V_{u,b} - \left[ 1,05 \cdot V_G - 0,7 \left( \frac{M_{\text{kap,b}} + M'_{\text{Kap,b}}}{I_n} \right) \right] \right]$$

Tabel 4.10.c Momen Rencana Kolom Portal As.9 dan As.10 (K=1)

Elm	Jarak (m)	M <sub>D,k</sub> (KNm)	M <sub>L,k</sub> (KNm)	M <sub>ESi</sub> (KNm)	M <sub>ESa</sub> (KNm)	M <sub>KAP, kiri</sub> (KNm)	M <sub>KAP, kanan</sub> (KNm)	$M_{0,y} = \frac{h}{h_n} - 0,7, 0$ (KNm)	$M_{U,y} = \frac{1}{d} \cdot 0,5 \cdot \left( \frac{M_{kap,b}}{I_n} \right)$ (KNm)	$1,05(M_{D,k} + M_{L,k} \pm 4/1 M_{E,k})$ (Kin) (KNm)	$M_{U,k} = 1,05(M_{D,k} + M_{L,k} \pm 4/1 M_{E,k})$ (kanan) (KNm)	KETERANGAN
1	0	24.65	-3.37	-840.60	837.56	0	1492.96	910.59		-3508.18	3540.10	KOL BASEMEN
	1.925	-69.35	-32.87	-375.77	376.81	0	1492.96	910.59		-1685.57	1475.27	
	3.85	-163.35	-62.37	89.06	-83.94	0	1492.96	910.59		137.05	-589.55	
2	0	-98.92	-42.08	-837.56	840.60	1492.96	0	910.59		-3665.80	3382.47	KOL BASEMEN
	1.925	-4.92	-12.58	-376.81	375.77	1492.96	0	910.59		-1600.98	1559.86	
	3.85	89.07	16.92	83.94	-89.06	1492.96	0	910.59		463.84	-262.76	
3	0	155.99	42.40	-488.34	493.99	0	1492.96	910.59		-1842.72	2283.07	KOLOM LT.1
	1.925	-3.11	-2.46	-68.20	60.22	0	1492.96	910.59		-292.29	247.08	
	3.85	-162.21	-47.33	351.93	-373.56	0	1492.96	910.59		1258.09	-1788.97	
4	0	-179.51	-56.77	-493.99	488.34	1492.96	0	910.59		-2322.85	1802.93	KOLOM LT.1
	1.925	-20.41	-11.90	-60.22	68.20	1492.96	0	910.59		-286.85	252.51	
	3.85	138.69	32.96	373.56	-351.93	1492.96	0	910.59		1749.18	-1297.87	
5	0	144.18	49.21	-325.07	299.86	0	1492.96	910.59		-1162.23	1462.47	KOLOM LT.2
	1.925	-10.79	-14.43	62.11	-23.55	0	1492.96	910.59		234.38	-125.39	
	3.85	-165.76	-78.08	449.30	-346.96	0	1492.96	910.59		1631.03	-1713.26	
6	0	-151.74	-53.82	-299.86	325.07	1492.96	0	910.59		-1475.25	1149.46	KOLOM LT.2
	1.925	3.23	9.83	23.55	-62.11	1492.96	0	910.59		112.62	-247.15	
	3.85	158.20	73.48	346.96	-449.30	1492.96	0	910.59		1700.50	-1643.80	
7	0	131.69	8.94	-150.98	269.61	0	1492.96	910.59		-486.45	1280.02	KOLOM LT.3
	1.925	21.13	49.55	-47.46	-122.51	0	1492.96	910.59		125.12	-440.33	
	3.85	-89.43	90.16	56.06	-514.62	0	1492.96	910.59		236.22	-2160.64	
8	0	-133.96	-10.32	-269.61	150.98	1492.96	0	910.59		-1283.86	482.62	KOLOM LT.3
	1.925	-23.40	-50.92	122.51	47.46	1492.96	0	910.59		436.51	-121.30	
	3.85	87.16	-91.53	514.62	-56.06	1492.96	0	910.59		2156.82	-240.04	
9	0	217.98	202.13	-529.82	0.00	0	1492.96	910.59		-1784.13	441.12	KOLOM LT.4
	1.34	217.98	202.13	-384.34	0.00	0	1492.96	910.59		-173.11	441.12	
	2.68	217.98	202.13	-238.85	0.00	0	1492.96	910.59		-562.05	441.12	
10	0	-217.98	-202.13	0	529.82	1492.96	0	910.59		-441.11	1996.37	KOLOM LT.4
	1.34	-217.98	-202.13	0	384.34	1492.96	0	910.59		-441.12	1784.13	
	2.68	-217.98	-202.13	0	238.85	1492.96	0	910.59		-441.12	1173.11	
11	0	0	0	-238.85	0	0	0	0		-1003.17	0	KOLOM LT.4
	1.1	0	0	-119.43	0	0	0	0		-501.61	0	
	2.2	0	0	0	0	0	0	0		0	0	
12	0	0	0	0	238.85	0	0	0		0	1003.17	KOLOM LT.4
	1.1	0	0	0	119.43	0	0	0		0	501.61	
	2.2	0	0	0	0	0	0	0		0	0	

Tabel 4.10.d Gaya Geser Rencana Kolom As.9 dan As.10 (K=1)

Elm	Jarak (m)	V <sub>D,k</sub> (KN)	V <sub>L,k</sub> (KN)	V <sub>E,k</sub> (KN)	M <sub>U,k</sub> atas (KN)	M <sub>U,k</sub> bawah (KN)	V <sub>U,k</sub> = (M <sub>U,k</sub> a + M <sub>U,k</sub> b)/h <sub>i</sub> (KN)	V <sub>U,max</sub> = 1,05(V <sub>D,k</sub> + V <sub>L,k</sub> + 4. V <sub>E,k</sub> ) (KN)	KETERANGAN
1	0	48.83	15.32	241.47	910.59	910.59	597.11	946.81	KOL BASEMEN
	1.925	48.83	15.32	241.47	910.59	910.59	597.11	946.81	
	3.85	48.83	15.32	241.47	910.59	910.59	597.11	946.81	
2	0	48.83	15.32	239.35	910.59	910.59	597.11	1072.63	KOL BASEMEN
	1.925	48.83	15.32	239.35	910.59	910.59	597.11	1072.63	
	3.85	48.83	15.32	239.35	910.59	910.59	597.11	1072.63	
3	0	82.65	23.31	218.25	910.59	910.59	597.11	805.40	KOLOM LT.1
	1.925	82.65	23.31	218.25	910.59	910.59	597.11	805.40	
	3.85	82.65	23.31	218.25	910.59	910.59	597.11	805.40	
4	0	82.65	23.31	225.34	910.59	910.59	597.11	1057.68	KOLOM LT.1
	1.925	82.65	23.31	225.34	910.59	910.59	597.11	1057.68	
	3.85	82.65	23.31	225.34	910.59	910.59	597.11	1057.68	
5	0	80.50	33.06	201.14	910.59	910.59	597.11	725.53	KOLOM LT.2
	1.925	80.50	33.06	201.14	910.59	910.59	597.11	725.53	
	3.85	80.50	33.06	201.14	910.59	910.59	597.11	725.53	
6	0	80.50	33.06	168.00	910.59	910.59	597.11	824.86	KOLOM LT.2
	1.925	80.50	33.06	168.00	910.59	910.59	597.11	824.86	
	3.85	80.50	33.06	168.00	910.59	910.59	597.11	824.86	
7	0	57.43	21.10	53.78	910.59	910.59	597.11	308.33	KOLOM LT.3
	1.925	57.43	21.10	53.78	910.59	910.59	597.11	308.33	
	3.85	57.43	21.10	53.78	910.59	910.59	597.11	308.33	
8	0	57.43	21.10	203.70	910.59	910.59	597.11	893.67	KOLOM LT.3
	1.925	57.43	21.10	203.70	910.59	910.59	597.11	893.67	
	3.85	57.43	21.10	203.70	910.59	910.59	597.11	893.67	
9	0	0	0	108.57	910.59	910.59	597.11	455.99	KOLOM LT.4
	1.34	0	0	108.57	910.59	910.59	597.11	455.99	
	2.68	0	0	108.57	910.59	910.59	597.11	455.99	
10	0	0	0	108.57	910.59	910.59	597.11	455.99	KOLOM LT.4
	1.34	0	0	108.57	910.59	910.59	597.11	455.99	
	2.68	0	0	108.57	910.59	910.59	597.11	455.99	
11	0	0	0	108.57	910.59	910.59	597.11	455.99	KOLOM LT.4
	1.1	0	0	108.57	910.59	910.59	597.11	455.99	
	2.2	0	0	108.57	910.59	910.59	597.11	455.99	
12	0	0	0	108.57	910.59	910.59	597.11	455.99	KOLOM LT.4
	1.1	0	0	108.57	910.59	910.59	597.11	455.99	
	2.2	0	0	108.57	910.59	910.59	597.11	455.99	

#### 4.7 Perencanaan Penulangan Portal As.9-10 Daktilitas Terbatas ( $K=2$ )

##### 4.7.1 Penulangan Lentur dan Geser Balok

Dari tabel momen rencana balok didapat:

$$M_{\text{tumpuan}}^{-} = 1808,22 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{tumpuan}}^{+} = 939,17 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 862,52 \text{ KNm}$$

a. Pemeriksaan rasio tulangan apakah boleh dilakukan redistribusi momen

$$\rho_b = 0,029$$

$$R_n = 8,0$$

$$\rho = 0,032, \text{ dipakai } \rho_{\text{maks}} = 0,022$$

$$R_n = 4,17$$

$$\rho' = 0,013$$

$$0,022 - 0,013 = 0,009 < 0,5 \cdot 0,029 = 0,0145$$

maka redistribusi momen negatif tidak boleh dilakukan

- faktor redistribusi maksimum

$$30 \cdot \left( 1 - \frac{4 \cdot 0,009}{3 \cdot 0,029} \right) \% = 12 \% \quad (\text{dari 3.3})$$

- Redistribusi momen negatif pada pertemuan kolom tepi, ( $\partial = 15\%$ )

$$\partial M = 1808,22 \cdot 12\% = 180,82 \text{ KNm}$$

- Momen balok rencana terredistribusi

$$M_{\text{tump}}^{-} = 1808,22 - 180,82 = 1627,40 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{tump}}^{+} = 939,17 + 180,82 = 1119,39 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{lap}} = 862,52 + 180,82 = 1042,74 \text{ KNm}$$



- Perencanaan tulangan tumpuan negatif

$$f'_c = 22,5 \text{ MPa}$$

$$f_y = 350 \text{ MPa}$$

$$d = 800 - 50 = 750 \text{ mm}$$

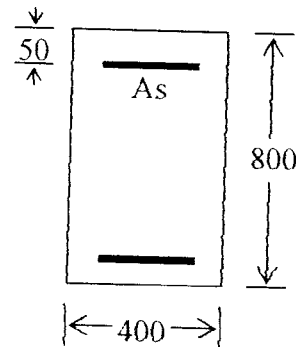
$$m = 18,3$$

$$\rho_{\min} = 0,004$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,022$$

$$A_s = 0,020 \cdot 400 \cdot 750 = 6000 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0,5 \cdot 6000 = 3000 \text{ mm}^2$$



- Perencanaan tulangan tumpuan positif

$$R_n = 4,91119,39$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,016$$

$$A_s' = 0,016 \cdot 400 \cdot 750 = 4946,17 \text{ mm}^2$$

Tulangan tumpuan terpasang berdasarkan luasan maksimum

$$A_s = 6000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } 13D25 = 6381,7 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 4946,17 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } 11D25 = 5399,9 \text{ mm}^2$$

- Perencanaan tulangan lapangan

$$R_n = 4,63$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,015$$

$$A_s = 0,015 \cdot 400 \cdot 750 = 4624,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } 10D25 = 4909 \text{ mm}^2$$

## b. Tulangan geser balok

$$V_D = 165,17 \text{ KN}$$

$$V_l = 64,35 \text{ KN}$$

$$V_E = 112,54 \text{ KN}$$

$$V_g = 188,58 + 71,30 = 259,88 \text{ KN}$$

$$l_n = 12 - 0,70 = 11,3 \text{ m}$$

$$V_{u,b} = 1,05 \left( 165,17 + 72 \cdot 0,0 + \frac{4,0}{2} \cdot 91,71 \right) = 487,33 \text{ KN}$$

$$V_{u,b \text{ terpakai}} = \frac{6 - 0,7}{6} \cdot 487,33 = 401,9 \text{ KN}$$

- Pada daerah sepanjang  $d = 700 \text{ mm}$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{22,5} \cdot 400 \cdot 750 \cdot 10^{-3} = 237,17 \text{ KN}$$

$$1/2 \cdot V_c = 118,5 \text{ KN}$$

$$V_s = 401,9 / 0,6 - 118,5 = 551,3 \text{ KN}$$

$$\text{Dipakai sengkang } 3D10 = 235,5 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{235,5 \cdot 350 \cdot 750 \cdot 10^{-3}}{551,3} = 110 \text{ mm}$$

$$s \leq \frac{750}{4} = 187,5 \text{ mm}$$

- Diluar daerah  $d$

$$V_s = 401,9 / 0,6 - 237,17 = 432,66 \text{ KN}$$

$$s \leq \frac{235,5 \cdot 350 \cdot 750 \cdot 10^{-3}}{432,66} = 140 \text{ mm}$$

$$s \leq \frac{750}{2} = 187,5 \text{ mm}$$

#### 4.7.2 Penulangan kolom akibat beban lentur dan aksial

a. Momen rencana kolom

$$M_{u,k} = 1,05 \cdot (163,35 + 0,3 \cdot 9,73 + 62,37 + 0,3 \cdot 4,01 + 1,3 \cdot (83,94 + 0,3 \cdot 357))$$

$$= 1291,32 \text{ KNm}$$

b. Gaya aksial rencana kolom

$$N_{u,k} = 1,05 \cdot (662,88 + 0,3 \cdot 314,25 + 318,05 + 0,3 \cdot 149,66 + 1,3 \cdot (1239,75 + 0,3 \cdot 619,87))$$

$$= 2592,6 \text{ KN}$$

$$e = \frac{1291,32}{2592,6} \cdot 10^{-3} = 498 \text{ mm} > e_b = 286 \text{ mm} \text{ (patah tarik)}$$

Rasio tulangan menurut diagram interaksi kolom, dilakukan interpolasi:

$$\rho = 0,04$$

$$A_{st} = 4\% \cdot 450 \cdot 700 = 12600 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } 26D25 = 12763,4 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 13.409,9 = 6381,7 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 13.409,9 = 6381,7 \text{ mm}^2$$

Kontrol kapasitas kolom terhadap keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot 22,5 \cdot 450 \cdot 650 \cdot \left[ -0,227 + \sqrt{(-0,227)^2 + 2 \cdot 18,3 \cdot 0,04 \cdot (0,923)} \right] \cdot 10^{-3}$$

$$= 5355,74 \text{ KN}$$

$$\phi \cdot P_n = 0,65 \cdot 5355,74 = 3481,2 \text{ KN} > P_{n,k} = 2592,6 \text{ KN}$$

c. Perencanaan tulangan geser kolom

$$V_{u,k} = 1,05 \cdot (82,65 + 23,31 + 1,3 \cdot 225,34) = 418,85 \text{ KN} \quad (\text{dari 3.66b})$$

$$V_c = (1 + 2592,6 / 14.315000) \left( \frac{1}{6} \cdot \sqrt{22,5} \right) 450.650 \cdot 10^{-3} \quad (\text{dari 3.66c})$$

$$= 367,18 \text{ KN}$$

$$1/2 \cdot V_c = 183,59 \text{ KN}$$

Tulangan geser didaerah ujung kolom

$$V_s = 418,85 / 0,6 - 183,59 = 514,49 \text{ KN}$$

Dipakai sengkang tertutup 4P10,  $A_v = 314 \text{ mm}^2$

$$s \leq \frac{314.350.650.10^{-3}}{514,49} = 120 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.60k})$$

$$s \leq \frac{1}{4} \cdot 450 = 112,5 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.66d})$$

$$s \leq 8.25 = 200 \text{ mm} \quad (\text{dari 3.66e})$$

$$s \leq 100 \text{ mm (menentukan)} \quad (\text{dari 3.66f})$$

Tulangan geser didaerah tengah bentang kolom

$$V_s = 418,85 / 0,6 - 367,18 = 330,9 \text{ KN}$$

$$s = \frac{314.350.650.10^{-3}}{330,9} = 210 \text{ mm}$$

$$s \leq 200 \text{ mm (menentukan)}$$

Tabel 4.11.a Momen Rencana Balok Portal As 9-10 (K=2)

ELEM	Jarak (m)	MD (kNm)	ML (kNm)	M.GEMPA (kNm)		1.2MD + 1.6ML (kNm)	0.9(MD ± ME) (kNm)		1.05(MD+0.6ML ± ME) (kNm)		KET
				KIRI	KANAN		KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	
14	0	-319.34	-104.77	1154.79	-1155.87	-550.83	751.91	-1327.68	<b>811.23</b>	-1614.96	blk. It. 1
	1.5	-87.16	-23.34	865.96	-867.03	-141.93	700.92	-858.77	803.04	-1016.60	
	3	108.57	46.85	577.13	-578.20	205.24	617.13	-422.67	749.50	-463.60	
15	0	108.57	46.85	577.13	-578.20	205.24	617.13	-422.67	749.50	-463.60	blk. It. 1
	1.5	188.74	72.00	288.30	-289.37	341.68	429.33	-90.57	546.24	-60.31	
	3	232.46	85.90	-0.54	-0.54	416.38	208.73	208.73	297.63	297.63	
16	0	232.46	85.90	-0.54	-0.54	416.38	208.73	208.73	297.63	297.63	blk. It. 1
	1.5	160.61	54.77	-289.37	288.30	280.36	-115.88	404.02	-100.69	505.86	
	3	52.32	12.39	-578.20	577.13	82.60	-473.29	566.51	-544.37	668.73	
17	0	52.32	12.39	-578.20	577.13	82.60	-473.29	566.51	-544.37	668.73	blk. It. 1
	1.5	-171.53	-75.03	-867.03	865.96	-325.88	-934.71	624.99	-1137.76	681.89	
	3	-431.83	-173.69	-1155.87	1154.79	-796.09	-1428.93	650.67	<b>-1676.50</b>	649.69	
18	0	-163.25	-100.00	0	0	-355.90	-146.93	-146.93	-234.41	-234.41	blk. It. 1
	1.25	-70.06	-46.09	0	0	-157.83	-63.06	-63.06	-102.61	-102.61	
	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	-306.40	-96.54	1354.01	-1346.85	-522.14	942.85	-1487.92	<b>939.17</b>	-1796.72	blk. It. 2
	1.5	-78.57	-17.77	1016.40	-1009.24	-122.72	844.05	-979.03	973.53	-1153.39	
	3	112.81	49.74	678.79	-671.63	214.96	712.44	-502.94	862.52	-555.42	
20	0	112.81	49.74	678.79	-671.63	214.96	712.44	-502.94	<b>862.52</b>	-555.42	blk. It. 2
	1.5	188.63	72.23	341.19	-334.03	341.92	476.84	-130.86	601.81	-107.16	
	3	226.00	83.46	3.58	3.58	407.14	208.42	208.42	295.74	295.74	
21	0	226.00	83.46	3.58	3.58	407.14	208.42	208.42	295.74	295.74	blk. It. 2
	1.5	151.81	49.67	-334.03	341.19	261.64	-164.00	443.70	-160.04	548.94	
	3	39.17	4.63	-671.63	678.79	54.40	-569.22	646.17	-661.17	756.77	
22	0	39.17	4.63	-671.63	678.79	54.40	-569.22	646.17	-661.17	756.77	blk. It. 2
	1.5	-189.03	-85.45	-1009.24	1016.40	-363.55	-1078.44	744.63	-1312.02	814.90	
	3	-453.68	-186.77	-1346.85	1354.01	-843.26	-1620.48	810.29	<b>-1808.22</b>	827.67	
23	0	-163.25	-100.00	0	0	-355.90	-146.93	-146.93	-234.41	-234.41	blk. It. 2
	1.25	-70.06	-46.09	0	0	-157.83	-63.06	-63.06	-102.61	-102.61	
	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	-297.45	-87.02	1200.56	-1233.13	-496.17	812.81	-1377.52	<b>893.45</b>	-1661.93	blk. It. 3
	1.5	-70.95	-9.07	896.35	-928.92	-99.66	742.86	-899.88	860.95	-1055.58	
	3	119.09	57.63	592.14	-624.71	235.11	640.11	-455.05	783.10	-494.59	
25	0	119.09	57.63	592.14	-624.71	235.11	640.11	-455.05	783.10	-494.59	blk. It. 3
	1.5	193.58	79.29	287.93	-320.50	359.16	433.36	-114.23	555.54	-83.31	
	3	231.61	89.71	-16.28	-16.28	421.47	193.80	193.80	282.61	282.61	
26	0	231.61	89.71	-16.28	-16.28	421.47	193.80	193.80	282.61	282.61	blk. It. 3
	1.5	154.09	55.10	-320.50	287.93	273.06	-149.77	397.81	-140.02	498.83	
	3	40.11	9.24	-624.71	592.14	62.92	-526.14	569.03	-608.00	669.68	
27	0	40.11	9.24	-624.71	592.14	62.92	-526.14	569.03	-608.00	669.68	blk. It. 3
	1.5	-189.42	-81.65	-928.92	896.35	-357.96	-1006.51	636.23	-1225.70	690.83	
	3	-455.41	-183.80	-1233.13	1200.56	-840.57	-1519.69	670.64	<b>-1788.76</b>	666.62	
28	0	-163.25	-100.00	0	0	-355.90	-146.93	-146.93	-234.41	-234.41	blk. It. 3
	1.25	-70.06	-46.09	0	0	-157.83	-63.06	-63.06	-102.61	-102.61	
	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	0	-307.41	-111.97	1171.76	-1029.24	-548.04	777.92	-1202.98	<b>837.03</b>	-1474.02	blk. It. 4
	1.5	-81.29	-34.25	896.63	-754.12	-152.35	733.81	-751.86	834.53	-898.75	
	3	108.38	32.21	621.51	-478.99	181.60	656.90	-333.55	786.68	-368.85	



Tabel 4.11.b Gaya Geser Rencana Balok Portal As.9-10 (K=2)

Elm	Jarak (m)	$V_{DB}$ (KN)	$V_{LB}$ (KN)	$V_{EB}$ (KN)	$V_{UB}=1,05(V_{DB} + V_{LB} + 4/2 \cdot V_{EB})$ (KN)	KET
14	0	166.94	58.04	96.28	405.03	Bik LT.1
	1.5	142.64	50.54	96.28	371.64	
	3	118.34	43.04	96.28	292.61	
15	0	65.60	20.52	96.28	259.22	Bik LT.1
	1.5	41.30	13.02	96.28	225.83	
	3	17.00	5.52	96.28	257.58	
16	0	35.75	17.00	96.28	290.97	Bik LT.1
	1.5	60.05	24.50	96.28	324.36	
	3	84.35	32.00	96.28	403.38	
17	0	137.09	54.52	96.28	436.77	Bik LT.1
	1.5	161.39	62.02	96.28	470.16	
	3	185.69	69.52	96.28	136.55	
18	0	83.80	46.25	0	110.57	Bik LT.1
	1.25	65.30	40.00	0	84.58	
	2.5	46.80	33.75	0	467.65	
19	0	164.04	56.26	112.54	434.26	Bik LT.2
	1.5	139.74	48.76	112.54	400.87	
	3	115.44	41.26	112.54	321.85	
20	0	62.70	18.74	112.54	288.46	Bik LT.2
	1.5	38.40	11.24	112.54	255.07	
	3	14.10	3.74	112.54	296.63	
21	0	38.64	18.78	112.54	330.02	Bik LT.2
	1.5	62.94	26.28	112.54	363.41	
	3	87.24	33.78	112.54	442.43	
22	0	139.98	56.30	112.54	509.21	Bik LT.2
	1.5	164.28	63.80	112.54	136.55	
	3	188.58	71.30	112.54	110.57	
23	0	83.80	46.25	0	84.58	Bik LT.2
	1.25	65.30	40.00	0	442.75	
	2.5	46.80	33.75	0		
24	0	163.15	55.72	101.40	409.36	Bik LT.3
	1.5	138.85	48.22	101.40	375.97	
	3	114.55	40.72	101.40	296.95	
25	0	61.81	18.20	101.40	263.56	Bik LT.3
	1.5	37.51	10.70	101.40	230.17	
	3	13.21	3.20	101.40	274.74	
26	0	39.53	19.33	101.40	308.13	Bik LT.3
	1.5	63.83	26.83	101.40	341.52	
	3	88.13	34.33	101.40	420.55	
27	0	140.87	56.85	101.40	453.94	Bik LT.3
	1.5	165.17	64.35	101.40	487.33	
	3	189.47	71.85	101.40	136.55	
28	0	83.80	46.25	0	110.57	Bik LT.3
	1.25	65.30	40.00	0	84.58	
	2.5	46.80	33.75	0	405.03	
29	0	162.90	55.56	91.71	421.97	Bik LT.4
	1.5	138.60	48.06	91.71	388.58	
	3	114.30	40.56	91.71	355.19	
30	0	61.56	18.04	91.71	276.17	Bik LT.4
	1.5	37.26	10.54	91.71	242.78	
	3	12.96	3.04	91.71	209.39	
31	0	39.79	19.48	91.71	254.82	Bik LT.4
	1.5	64.09	26.98	91.71	288.21	
	3	88.39	34.48	91.71	321.60	
32	0	141.13	57.00	91.71	400.63	Bik LT.4
	1.5	165.43	64.50	91.71	434.02	
	3	189.73	72.00	91.71	467.41	
33	0	83.80	46.25	0	136.55	Bik LT.4
	1.25	65.30	40.00	0	110.57	
	2.5	46.80	33.75	0	84.58	

Tabel 4.11.c Momen Rencana Kolom Portal As.9-10 (K=2)

Elm	Jarak (m)	$M_{D,k}$ (KNm)	$M_{L,k}$ (KNm)	$M_{Ek1}$ (KNm)	$M_{Eka}$ (KNm)	$M_{U,k} =$ $1.05(M_{D,k} + M_{L,k} \pm \omega_d M_{E,k})$ (KNm)	KETERANGAN
1	0	24.65	-3.37	-840.60	837.56	1165.61	KOL BASEMEN
	1.925	-69.35	-32.87	-375.77	376.81	407.01	
	3.85	-163.35	-62.37	89.06	-83.94	-1291.32	
2	0	-98.92	-42.08	-837.56	840.60	999.37	KOL BASEMEN
	1.925	-4.92	-12.58	-376.81	375.77	494.55	
	3.85	89.07	16.92	83.94	-89.06	-458.27	
3	0	155.99	42.40	-488.34	493.99	882.61	KOLOM LT.1
	1.925	-3.11	-2.46	-68.20	60.22	260.37	
	3.85	-162.21	-47.33	351.93	-373.56	-922.39	
4	0	-179.51	-56.77	-493.99	488.34	418.49	KOLOM LT.1
	1.925	-20.41	-11.90	-60.22	68.20	690.14	
	3.85	138.69	32.96	373.56	-351.93	-300.15	
5	0	144.18	49.21	-325.07	299.86	612.37	KOLOM LT.2
	1.925	-10.79	-14.43	62.11	-23.55	357.26	
	3.85	-165.76	-78.08	449.30	-346.96	-729.63	
6	0	-151.74	-53.82	-299.86	325.07	227.88	KOLOM LT.2
	1.925	3.23	9.83	23.55	-62.11	716.86	
	3.85	158.20	73.48	346.96	-449.30	-370.03	
7	0	131.69	8.94	-150.98	269.61	515.68	KOLOM LT.3
	1.925	21.13	49.55	-47.46	-122.51	-93.01	
	3.85	-89.43	90.16	56.06	-514.62	-701.69	
8	0	-133.96	-10.32	-269.61	150.98	89.19	KOLOM LT.3
	1.925	-23.40	-50.92	122.51	47.46	697.87	
	3.85	87.16	-91.53	514.62	-56.06	-282.09	
9	0	217.98	202.13	-529.82	0	441.12	KOLOM LT.4
	1.34	217.98	202.13	-384.34	0	441.12	
	2.68	217.98	202.13	-238.85	0	441.12	
10	0	-217.98	-202.13	0	529.82	282.09	KOLOM LT.4
	1.34	-217.98	-202.13	0	384.34	-441.12	
	2.68	-217.98	-202.13	0	238.85	-326.03	
11	0	0	0	-238.85	0	-163.02	KOLOM LT.4
	1.1	0	0	-119.43	0	0	
	2.2	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	238.85	326.03	KOLOM LT.4
	1.1	0	0	0	119.43	163.02	
	2.2	0	0	0	0	0	

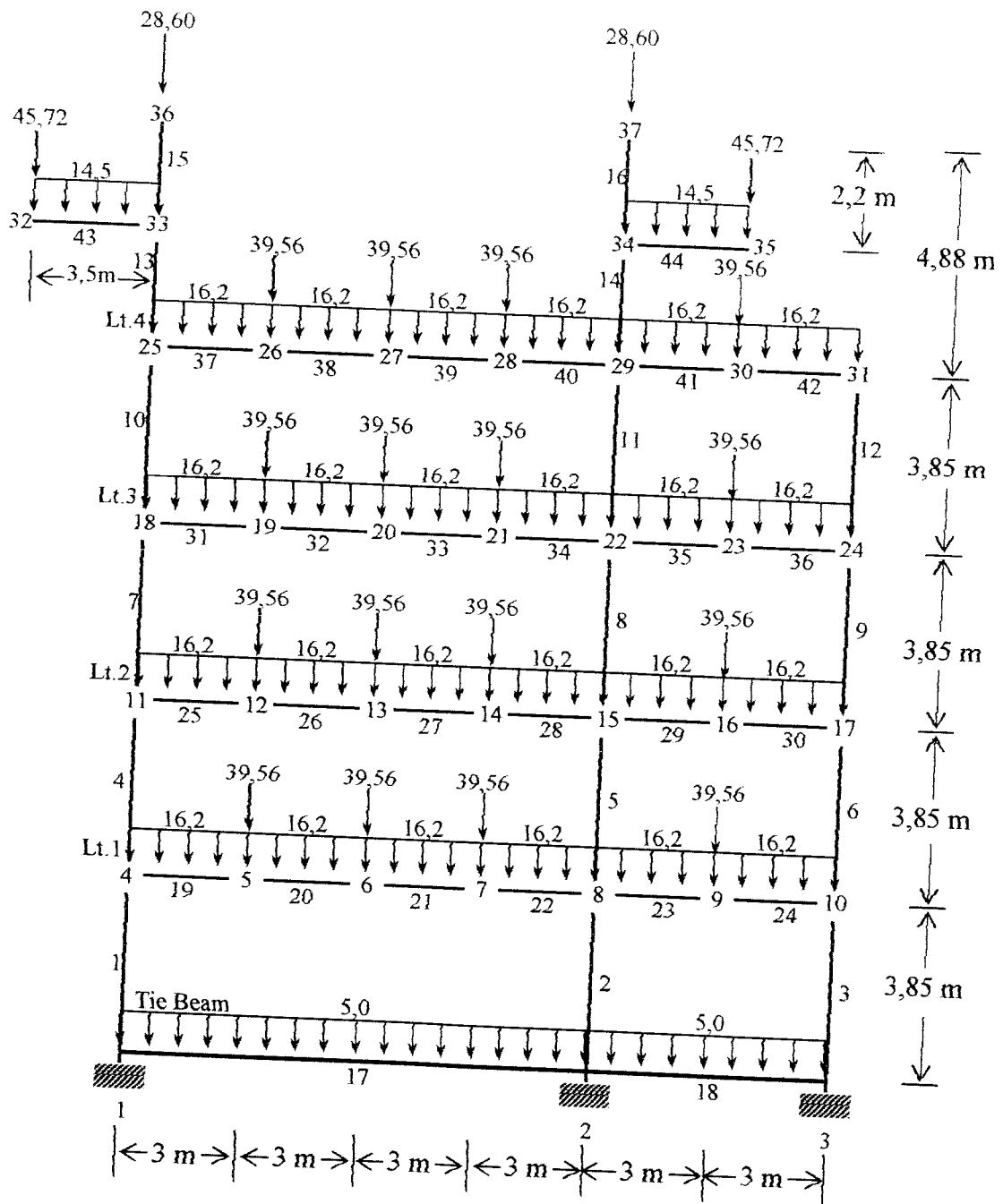


Tabel 4.11.d Gaya Geser Rencana Kolom As.9-10 (K=2)

Elm	Jarak (m)	$V_{D,k}$ (KN)	$V_{L,k}$ (KN)	$V_{E,k}$ (KN)	$V_{U,k} =$ $1,05(V_{D,k} + V_{L,k} + \omega_d \cdot V_{E,k})$ (KN)	KET
1	0	-48.83	-15.32	241.47	262.25	KOL BASEMEN
	1.925	-48.83	-15.32	241.47	262.25	
	3.85	-48.83	-15.32	241.47	262.25	
2	0	48.83	15.32	239.35	394.07	KOL BASEMEN
	1.925	48.83	15.32	239.35	394.07	
	3.85	48.83	15.32	239.35	394.07	
3	0	-82.65	-23.31	218.25	186.65	KOLOM LT.1
	1.925	-82.65	-23.31	218.25	186.65	
	3.85	-82.65	-23.31	218.25	186.65	
4	0	82.65	23.31	225.34	418.85	KOLOM LT.1
	1.925	82.65	23.31	225.34	418.85	
	3.85	82.65	23.31	225.34	418.85	
5	0	-80.50	-33.06	201.14	155.32	KOLOM LT.2
	1.925	-80.50	-33.06	201.14	155.32	
	3.85	-80.50	-33.06	201.14	155.32	
6	0	80.50	33.06	168.00	348.56	KOLOM LT.2
	1.925	80.50	33.06	168.00	348.56	
	3.85	80.50	33.06	168.00	348.56	
7	0	-57.43	21.10	53.78	35.26	KOLOM LT.3
	1.925	-57.43	21.10	53.78	35.26	
	3.85	-57.43	21.10	53.78	35.26	
8	0	57.43	-21.10	203.70	316.20	KOLOM LT.3
	1.925	57.43	-21.10	203.70	316.20	
	3.85	57.43	-21.10	203.70	316.20	
9	0	0	0	108.57	148.20	KOLOM LT.4
	1.34	0	0	108.57	148.20	
	2.68	0	0	108.57	148.20	
10	0	0	0	0	0	KOLOM LT.4
	1.34	0	0	0	0	
	2.68	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	KOLOM LT.4
	1.1	0	0	0	0	
	2.2	0	0	0	0	
12	0	0	0	108.57	148.20	KOLOM LT.4
	1.1	0	0	108.57	148.20	
	2.2	0	0	108.57	148.20	

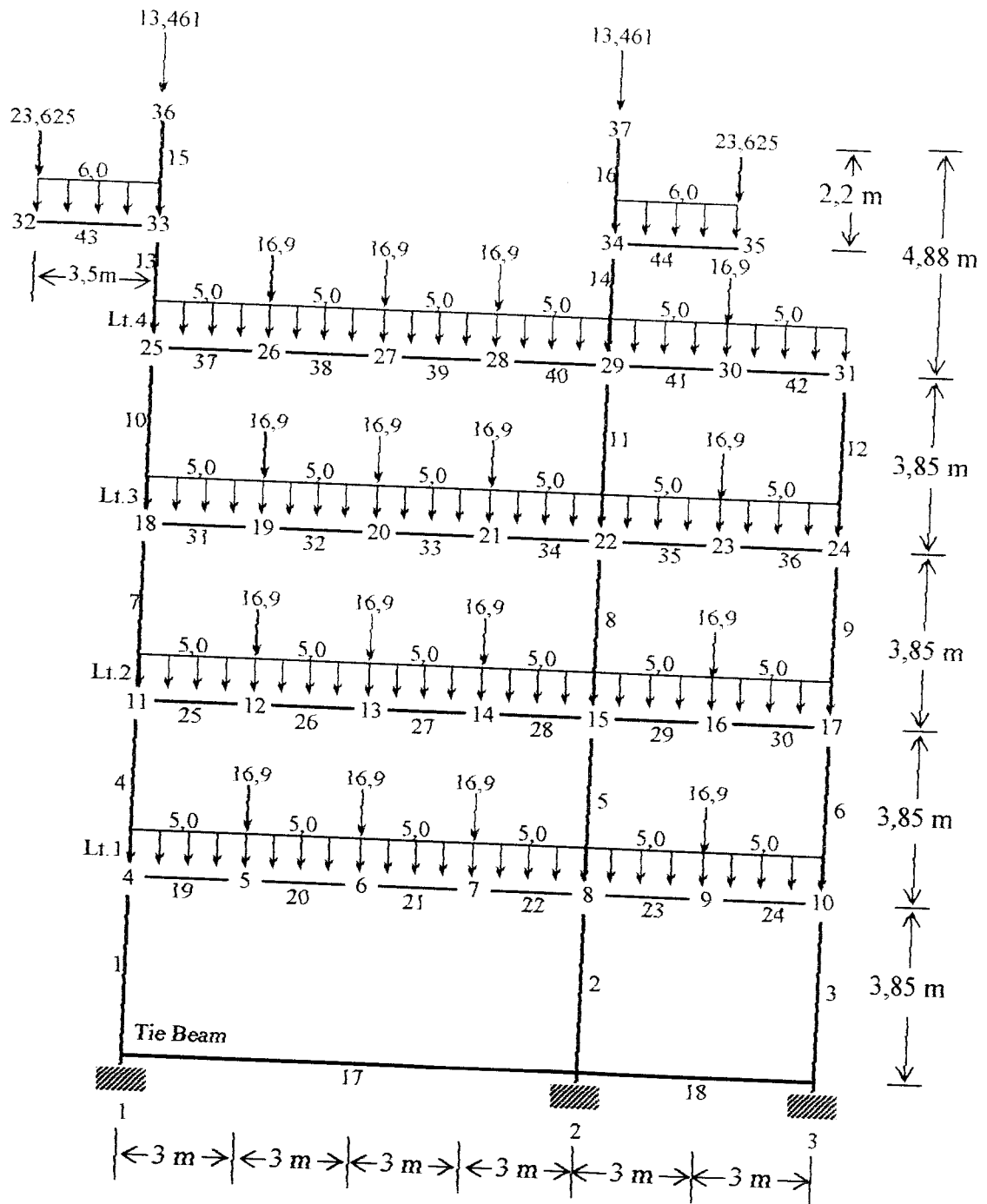
### Pembebanan Portal As 6 dan As 7

#### a. Beban mati



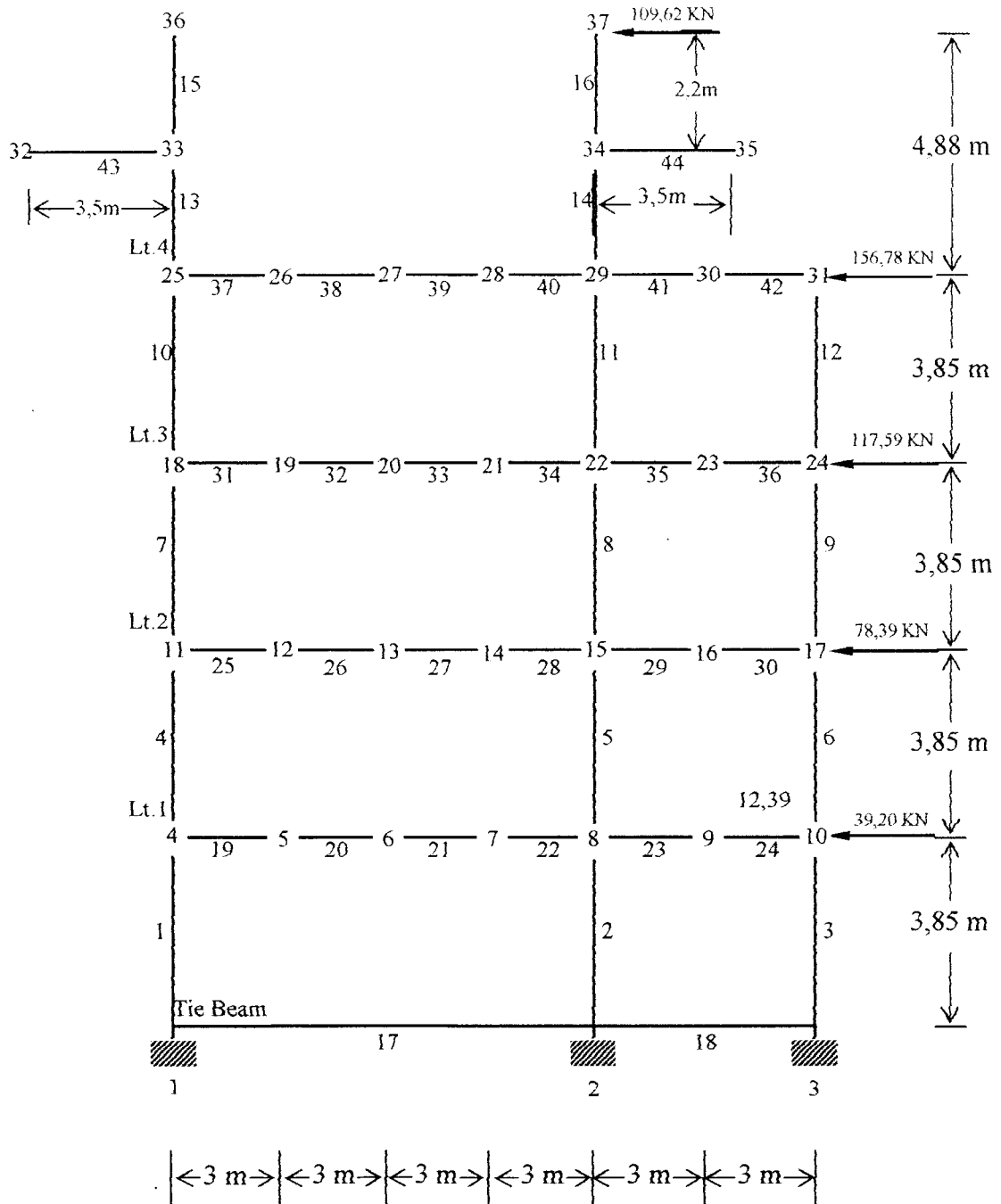
Gambar 4.12.a Pembebanan mati Portal As 6 dan As 7

**b. Beban hidup**



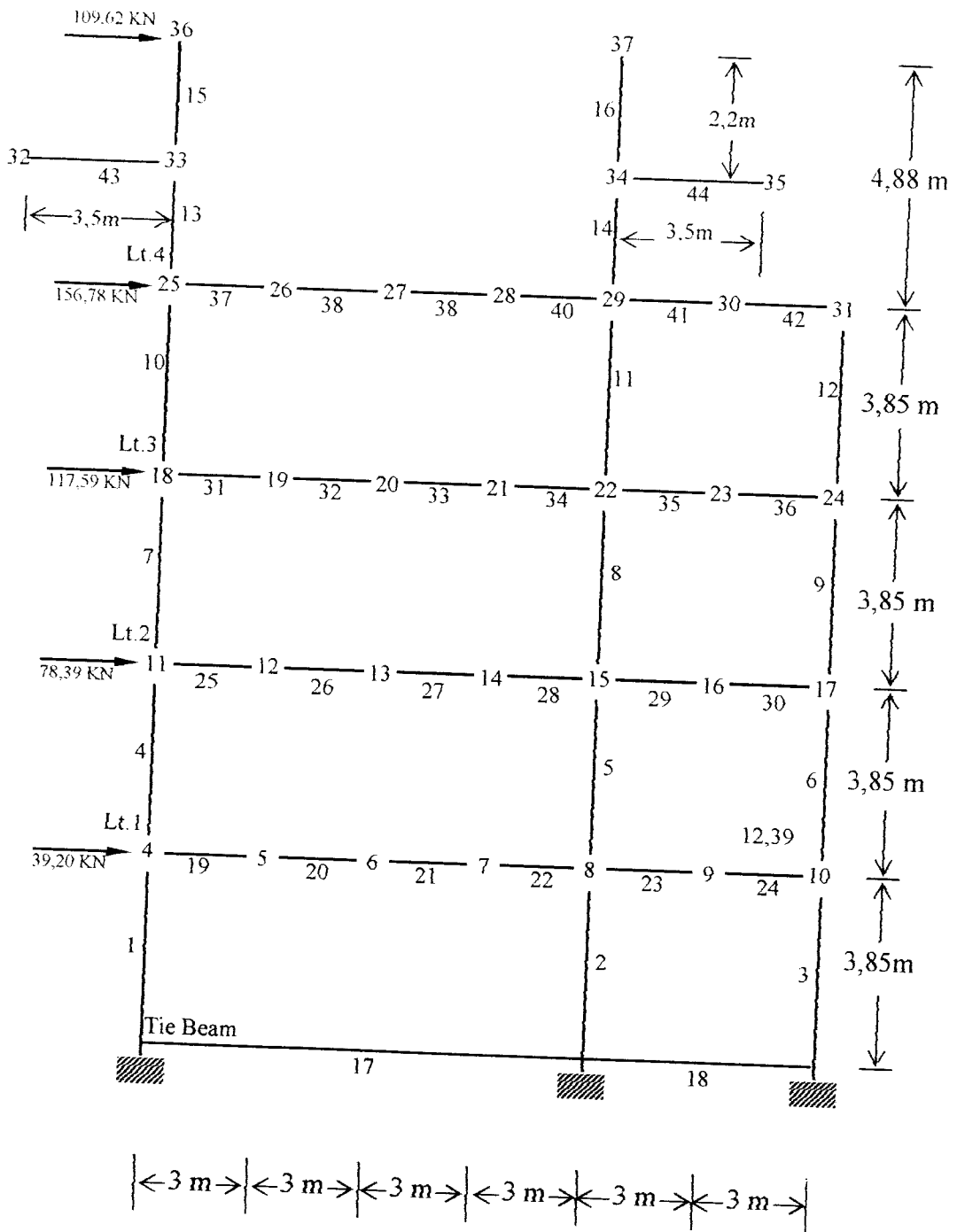
**Gambar 4.12.b** Pembebanan hidup Portal As 6 dan As 7

c. Beban gempa kanan



Gambar 4.12.c Pembebanan gempa kanan Portal As 6 dan As 7

d. Beban gempa kiri



Gambar 4.12.d Pembebanan gempa kiri Portal As 6 dan As 7

**a Beban mati**

- Beban terdistribusi merata elemen 19 s/d 42

$$\text{Lantai} : 2.2/3.1,5.4,26 = 8,52 \text{ KN/m}$$

$$\text{Balok} : \quad 0,4.0,8.24 = \underline{7,68 \text{ KN/m}}$$

$$W_{D1} = 16,2 \text{ KN/m}$$

- Beban terdistribusi merata elemen 43 & 44

$$\text{Lantai} : 2.2/3.1,75.0,12.24 = 5,86 \text{ KN/m}$$

$$\text{Balok} : \quad 0,4.0,8.24 = \underline{7,68 \text{ KN/m}}$$

$$W_{D2} = 14,50 \text{ KN/m}$$

- Beban terpusat nodal 5 s/d 30

$$P_{D1} \text{ balok anak} : 1,5.(2.1/2.3.1,5).4,26 + 0,25.0,40.24.4.5 = 39,56 \text{ KN}$$

- Beban terpusat nodal 32 & 35

$$P_{D2} \text{ R perletakan atap} = 28,60 \text{ KN}$$

- Beban terpusat nodal 36 & 37

$$P_{D3} \text{ penutup L1 4} : 1,75.(1,5+3).0,12.24 + 0,4.0,4.24.6 = 45,72 \text{ KN}$$

**b Beban hidup**

- Beban terdistribusi merata elemen 19 s/d 42

$$W_{L1} = 2.2/3.1,5.2,5 = 5,0 \text{ KN/m}$$

- Beban terdistribusi merata elemen 43 & 44

$$W_{L2} = 2.2/3.1,5.3 = 6,0 \text{ KN/m}$$

- Beban terpusat 5 s/d 30

$$P_{L1} \text{ R balok anak} : \quad 1,5.(2.1/2.3.1,5).2,5 = 10,622 \text{ KN}$$

- Beban terpusat nodal 32 & 35

$$P_{1.2 \text{ R perletakan atap}} : 7,166 + 6,304 = 13,461 \text{ KN}$$

- Beban terpusat nodal 36 & 37

$$P_{1.3 \text{ penutup Lt.4}} : 1,75 \cdot (1,5+3) \cdot 3 = 23,625 \text{ KN}$$

### c Beban gempa

$$\text{Reaksi atap} : 2 \cdot 28,6 = 57,20 \text{ KN}$$

$$\text{Plat penutup Lt.4} : 2,3,5,6,0,12,24 = 120,96 \text{ KN}$$

$$\text{Kolom} : 2,0,45,0,7,4,88,24 = 72,58 \text{ KN}$$

$$\text{Balok} : 2,0,25,0,4,24,6 = 46,08 \text{ KN}$$

$$\text{Balok} : 4,0,4,0,8,24,6 = 184,32 \text{ KN}$$

$$\text{Beban hidup tereduksi: } 0,6 \cdot (2,3,5,6,3) = 75,60 \text{ KN}$$

---


$$\text{Dibulatkan } W_{\text{atap}} = 559,74 \text{ KN}$$

- Berat lantai 4 (tipikal dengan lt. 3, 2,1)

$$\text{Lantai} : 6,18,0,12,24 = 311,04 \text{ KN}$$

$$\text{Kolom} : (2,0,45,0,7 + 0,45,0,45) \cdot 3,85,24 = 76,92 \text{ KN}$$

$$\text{Balok} : 11,0,25,0,4,24,6 = 158,40 \text{ KN}$$

$$\text{Balok} : 0,4,0,8,24,30 = 230,40 \text{ KN}$$

$$\text{Tembok} : 2,5,3,85,12 = 115,50 \text{ KN}$$

$$\text{B.hidup tereduksi: } 0,6(6,18,2,5) = 162,00 \text{ KN}$$

---


$$\text{Dibulatkan } W_4 = 1054,3 \text{ KN}$$

$$W_{\text{Total}} : 559,74 + 4 \cdot 1054,3 = 4776,94 \text{ KN}$$

Gaya geser gempa untuk tingkat daktilitas penuh ( $K=1$ )

$$V = C.I.K.W_T$$

$$= 0,07.1,5.1,0.4776,94 = 501,58 \text{ KN}$$

distribusi gaya-gaya lateral akibat gempa

Tingkat	Wi (KN)	hi (m)	Wi hi (KNm)	Fi (KN)
Atap	559,74	20,28	11351,53	109,62
4	1054,3	15,40	16236,22	156,78
3	1054,3	11,55	12177,17	117,59
2	1054,3	7,70	8118,11	78,39
1	1054,3	3,85	4059,06	39,20
			51942,08	501,58

Gaya geser gempa untuk tingkat daktilitas terbatas ( $K = 2$ )

$$V = C.I.K.W_T$$

$$= 0,07.1,5.2,0.4887,4 = 1003,16 \text{ KN}$$

distribusi gaya-gaya lateral akibat gempa

Tingkat	Wi (KN)	hi (m)	Wi hi (KNm)	Fi (KN)
Atap	559,74	20,28	11351,53	219,14
4	1054,3	15,40	16236,22	313,56
3	1054,3	11,55	12177,17	235,18
2	1054,3	7,70	8118,11	156,78
1	1054,3	3,85	4059,06	78,40
			54128,59	1003,16





Tabel 4.12.b Gaya Geser Rencana Balok Portal As.6,7-8 (K=1)

Elm	Jarak (m)	VD,B (KN)	VL,B (KN)	VE,B (KN)	VG,B (KN)	MKAP,B	M'KAP,B	$V_{UB} = 0,7(MKAP,B + M'KAP,B) / Ln + 1,05.VG,B$ (KN)	Vub terpakai	VUB maks (KN)	KET		
19	0	139.85	45.82	33.29	185.67	911.86	426.37		277.85	261.98	334.77	blk. tt. 1	
	1.5	115.55	38.32	33.29	153.87	911.86	426.37		244.46	228.59	301.38		blk. tt. 1
	3	91.25	30.82	33.29	122.07	911.86	426.37		211.07	195.20	268.00		
20	0	62.49	20.19	33.29	82.68	911.86	426.37		169.72	153.85	226.64	blk. tt. 1	
	1.5	38.19	12.69	33.29	50.88	911.86	426.37		136.33	120.46	193.25		blk. tt. 1
	3	13.89	5.19	33.29	19.08	911.86	426.37		102.94	87.07	159.86		
21	0	14.87	5.43	33.29	20.30	911.86	426.37		104.21	88.34	161.14	blk. tt. 1	
	1.5	39.17	12.93	33.29	52.10	911.86	426.37		137.60	121.73	194.53		blk. tt. 1
	3	63.47	20.43	33.29	83.90	911.86	426.37		170.99	155.12	227.92		
22	0	92.23	31.05	33.29	123.28	911.86	426.37		212.34	196.47	269.27	blk. tt. 1	
	1.5	116.53	38.55	33.29	155.08	911.86	426.37		245.73	229.86	302.66		blk. tt. 1
	3	140.83	46.05	33.29	186.88	911.86	426.37		279.12	263.25	336.05		
23	0	68.67	22.15	74.50	90.81	911.86	426.37		178.25	162.38	406.27	blk. tt. 1	
	1.5	44.37	14.65	74.50	59.01	911.86	426.37		144.86	128.99	374.88		blk. tt. 1
	3	20.07	7.14	74.50	27.21	911.86	426.37		111.47	95.60	341.49		
24	0	8.69	3.48	74.50	12.17	911.86	426.37		95.68	79.81	325.70	blk. tt. 1	
	1.5	33.00	10.98	74.50	43.97	911.86	426.37		129.07	113.20	359.09		blk. tt. 1
	3	57.30	18.48	74.50	75.77	911.86	426.37		162.46	146.59	392.48		
25	0	139.94	45.89	45.10	185.89	911.86	426.37		278.02	262.15	384.53	blk. tt. 2	
	1.5	115.64	38.39	45.10	154.03	911.86	426.37		244.63	228.76	351.14		blk. tt. 2
	3	91.34	30.89	45.10	122.23	911.86	426.37		211.24	195.37	317.74		
26	0	62.58	20.27	45.10	82.84	911.86	426.37		169.89	154.02	276.39	blk. tt. 2	
	1.5	38.28	12.77	45.10	51.04	911.86	426.37		136.50	120.63	243.00		blk. tt. 2
	3	13.98	5.27	45.10	19.24	911.86	426.37		103.11	87.24	209.61		
27	0	14.78	5.35	45.10	20.14	911.86	426.37		104.04	88.17	210.55	blk. tt. 2	
	1.5	39.08	12.85	45.10	51.94	911.86	426.37		137.43	121.56	243.94		blk. tt. 2
	3	63.38	20.35	45.10	83.74	911.86	426.37		170.82	154.95	277.33		
28	0	92.14	30.98	45.10	123.12	911.86	426.37		212.17	196.30	318.68	blk. tt. 2	
	1.5	116.44	38.48	45.10	154.92	911.86	426.37		245.56	229.69	352.07		blk. tt. 2
	3	140.74	45.98	45.10	186.72	911.86	426.37		278.95	263.06	385.46		
29	0	63.99	20.83	99.90	84.82	911.86	426.37		171.96	156.09	508.62	blk. tt. 2	
	1.5	39.69	13.33	99.90	53.02	911.86	426.37		138.57	122.70	475.23		blk. tt. 2
	3	15.39	5.83	99.90	21.22	911.86	426.37		105.18	89.31	441.84		
30	0	13.37	4.80	99.90	18.16	911.86	426.37		101.97	86.10	438.63	blk. tt. 2	
	1.5	37.67	12.30	99.90	49.96	911.86	426.37		135.36	119.49	472.02		blk. tt. 2
	3	61.97	19.80	99.90	81.76	911.86	426.37		168.75	152.88	505.41		
31	0	139.93	45.99	46.48	185.92	1061.95	568.49		296.22	276.88	390.45	blk. tt. 3	
	1.5	115.63	38.49	46.48	154.12	1061.95	568.49		262.83	243.49	357.06		blk. tt. 3
	3	91.33	30.99	46.48	122.33	1061.95	568.49		229.44	210.10	323.67		
32	0	62.57	20.37	46.48	82.94	1061.95	568.49		188.09	168.75	282.32	blk. tt. 3	
	1.5	38.27	12.87	46.48	51.14	1061.95	568.49		154.70	135.36	248.93		blk. tt. 3
	3	13.97	5.37	46.48	19.34	1061.95	568.49		121.31	101.97	215.54		
33	0	14.79	5.25	46.48	20.04	1061.95	568.49		122.04	102.70	216.27	blk. tt. 3	
	1.5	39.09	12.75	46.48	51.84	1061.95	568.49		155.43	136.09	249.66		blk. tt. 3
	3	63.39	20.25	46.48	83.64	1061.95	568.49		188.82	169.48	283.05		
34	0	92.15	30.87	46.48	123.02	1061.95	568.49		230.17	210.83	324.40	blk. tt. 3	
	1.5	116.45	38.37	46.48	154.82	1061.95	568.49		263.56	244.22	357.80		blk. tt. 3
	3	140.75	45.87	46.48	186.62	1061.95	568.49		296.95	276.61	391.21		

Lanjutan Tabel 4.12.b Gaya Geser Rencana Balok Portal As.6,7-8 (K=1)

Elm	Jarak (m)	VD,B (KN)	VL,B (KN)	VE,B (KN)	VG,B (KN)	MKAP,B	M'KAP,B	VUB= 0,7(MKAP,B + M'KAP,B) /Ln+ 1,05 VG,B (KN)	Vub terpakai	Vub maks (KN)	KET
35	0	79.04	19.97	104.20	99.01	1061.95	568.49				blk. lt. 3
	1.5	54.74	12.47	104.20	67.21	1061.95	568.49	204.96	185.62	541.60	
	3	30.44	4.97	104.20	35.41	1061.95	568.49	171.57	152.23	508.21	
36	0	1.68	-5.65	104.20	-3.97	1061.95	568.49	138.18	118.84	474.82	blk. lt. 3
	1.5	51.22	13.15	104.20	64.37	1061.95	568.49	96.83	77.49	433.47	
	3	75.52	20.65	104.20	96.17	1061.95	568.49	168.59	149.25	505.23	
37	0	168.52	46.02	46.62	214.54	1061.95	568.49	201.98	182.64	538.62	blk. lt. 4
	1.5	115.62	38.52	46.62	154.14	1061.95	568.49	326.26	306.92	421.05	
	3	91.32	31.02	46.62	122.34	1061.95	568.49	262.84	243.50	357.63	
38	0	62.56	20.40	46.62	82.96	1061.95	568.49	229.46	210.12	324.24	blk. lt. 4
	1.5	38.26	12.90	46.62	51.16	1061.95	568.49	188.11	168.77	282.89	
	3	13.96	5.40	46.62	19.36	1061.95	568.49	154.72	135.38	249.50	
39	0	14.80	5.23	46.62	9.57	1061.95	568.49	121.33	101.99	216.11	blk. lt. 4
	1.5	39.10	12.73	46.62	51.83	1061.95	568.49	111.05	91.71	205.83	
	3	63.40	20.23	46.62	83.63	1061.95	568.49	155.42	136.08	250.20	
40	0	92.16	30.85	46.62	123.01	1061.95	568.49	188.81	169.47	283.59	blk. lt. 4
	1.5	116.46	38.35	46.62	154.81	1061.95	568.49	230.16	210.82	324.94	
	3	140.76	45.85	46.62	186.61	1061.95	568.49	263.55	244.21	359.33	
41	0	64.01	19.99	81.71	84.00	1061.95	568.49	296.94	277.60	391.72	blk. lt. 4
	1.5	39.71	12.49	81.71	52.20	1061.95	568.49	189.20	169.86	431.40	
	3	15.41	4.99	81.71	20.40	1061.95	568.49	155.81	136.47	398.01	
42	0	13.35	5.63	81.71	7.72	1061.95	568.49	122.43	103.09	364.62	blk. lt. 4
	1.5	37.65	13.13	81.71	50.78	1061.95	568.49	109.11	89.77	351.30	
	3	61.95	20.63	81.71	82.58	1061.95	568.49	154.32	134.98	396.51	
43	0	45.72	23.63	0	69.35	0	0	187.71	168.37	429.90	blk. atap
	1.75	71.10	34.13	0	105.22	0	0	72.81	72.81	72.81	
	3.5	96.47	44.63	0	141.10	0	0	110.48	110.48	110.48	
44	0	96.47	44.63	0	141.10	0	0	148.15	148.15	148.15	blk. atap
	1.75	71.10	34.13	0	105.22	0	0	148.15	148.15	148.15	
	3.5	45.72	23.63	0	69.35	0	0	110.48	110.48	110.48	
								72.81	72.81	72.81	

Keterangan:

$$V_{u,b \text{ terpakai}} = \left[ 1,05.V_G - 0,7 \left( \frac{M_{kap,b} + M'_{Kap,b}}{l_n} \right) \right] + \frac{ln-d}{ln} \left[ V_{u,b} - \left[ 1,05.V_G - 0,7 \left( \frac{M_{kap,b} + M'_{Kap,b}}{l_n} \right) \right] \right]$$

Tabel 4.12.c Momen Rencana Kolom Portal As.6,7-8 (K=1)

Elm	Jarak (m)	MD,k (KNm)	ML,k (KNm)	MEki (KNm)	MEka (KNm)	MKAP,b kiri (KNm)	MKAP,b kanan (KNm)	M <sub>U,k</sub>	MU,k = 1.05 (MD,k+ML,k + 4/K.ME,k) (KNm)	KET
1	0	60.22	21.04	-1202.40	1177.00	0	911.86	556.16	5028.72	Kol.Basmen
	1.925	-45.85	-14.07	-799.38	786.14	0	911.86	556.16	3238.68	
	3.85	-151.91	-49.18	-396.40	395.29	0	911.86	556.16	1449.08	
2	0	-87.04	-27.92	-1272.30	1287.10	911.86	911.86	1112.33	-5464.37	Kol.Basmen
	1.925	5.89	2.87	-769.55	773.43	911.86	911.86	1112.33	3257.60	
	3.85	98.81	33.67	-266.75	259.77	911.86	911.86	1112.33	1230.14	
3	0	-9.48	-3.09	-65.02	66.40	911.86	0	556.16	265.66	Kol.Basmen
	1.925	3.66	1.22	-5.25	5.37	911.86	0	556.16	27.66	
	3.85	16.80	5.54	54.51	-55.67	911.86	0	556.16	252.39	
4	0	145.20	49.22	-598.50	595.58	0	911.86	556.16	2705.58	Kol.Lt.1
	1.925	-4.05	-0.75	-281.17	288.22	0	911.86	556.16	1205.48	
	3.85	-153.30	-50.72	36.16	-19.13	0	911.86	556.16	-294.57	
5	0	-128.17	-41.36	-737.33	731.27	1061.95	1061.95	1295.42	-3274.60	Kol.Lt.1
	1.925	-4.26	0.19	-280.33	284.59	1061.95	1061.95	1295.42	-1181.67	
	3.85	119.64	41.74	176.67	-202.09	1061.95	1061.95	1295.42	911.46	
6	0	-25.08	-8.25	-118.90	119.07	1061.95	0	647.71	-534.38	Kol.Lt.1
	1.925	0.26	0.17	-3.15	3.02	1061.95	0	647.71	13.14	
	3.85	25.61	8.59	112.61	-113.03	1061.95	0	647.71	508.87	
7	0	144.33	48.09	-237.82	253.00	0	1061.95	647.71	1264.65	Kol.Lt.2
	1.925	-12.00	-3.98	-40.34	41.15	0	1061.95	647.71	-186.21	
	3.85	-168.34	-56.06	157.14	-170.71	0	1061.95	647.71	-952.61	
8	0	-122.07	-37.28	-461.68	428.29	1061.95	1061.95	1295.42	1631.50	Kol.Lt.2
	1.925	3.85	6.15	-47.73	23.88	1061.95	1061.95	1295.42	-189.96	
	3.85	129.77	49.57	366.23	-380.53	1061.95	1061.95	1295.42	1726.48	
9	0	-29.07	-8.63	-129.13	125.00	1061.95	0	647.71	-581.93	Kol.Lt.2
	1.925	1.34	0.02	-1.38	2.09	1061.95	0	647.71	10.21	
	3.85	31.76	8.68	126.37	-120.82	1061.95	0	647.71	573.21	
10	0	129.58	42.94	-127.67	110.48	0	1061.95	647.71	644.11	Kol.Lt.3
	1.925	38.57	30.32	-179.38	-82.10	0	1061.95	647.71	-681.07	
	3.85	-51.45	17.70	-231.08	-274.67	0	1061.95	647.71	-1189.06	
11	0	-91.60	-30.51	-296.26	265.68	1061.95	1061.95	1295.42	-1372.50	Kol.Lt.3
	1.925	-41.45	-30.58	132.88	89.00	1061.95	1061.95	1295.42	482.46	
	3.85	8.69	-30.66	562.02	-87.68	1061.95	1061.95	1295.42	2337.42	
12	0	-38.15	-11.55	-128.71	134.77	1061.95	0	647.71	-592.76	Kol.Lt.3
	1.925	1.72	1.15	6.88	-8.79	1061.95	0	647.71	-33.90	
	3.85	41.59	13.85	142.06	-152.35	1061.95	0	647.71	654.87	
13	0	248.83	119.44	-534.95	0	0	1061.95	647.71	-1860.11	Kol.Lt.4
	1.14	248.83	119.44	-409.98	0	0	1061.95	647.71	-1335.23	
	2.28	248.83	119.44	-285.01	0	0	1061.95	647.71	-810.36	
14	0	-248.83	-119.44	0	534.94	1061.95	1061.95	1295.42	1860.06	Kol.Lt.4
	1.14	-248.83	-119.44	0	409.98	1061.95	1061.95	1295.42	1335.23	
	2.28	-248.83	-119.44	0	285.02	1061.95	1061.95	1295.42	810.40	
15	0	0	0	-285.01	0	0	1061.95	647.71	-1197.04	Kol.Lt.4
	1.3	0	0	-142.51	0	0	1061.95	647.71	-598.54	
	2.6	0	0	0	0	0	1061.95	647.71	0	
16	0	0	0	0	285.02	1061.95	1061.95	1295.42	1197.08	Kol.Lt.4
	1.3	0	0	0	142.51	1061.95	1061.95	1295.42	598.54	
	2.6	0	0	0	0	1061.95	1061.95	1295.42	0	

Keterangan:  $M_{U,k} = \frac{h}{h_n} \cdot 0,7 \cdot \omega_d \cdot 0,5 (l_{ki} / l_{n,ki} M_{kap,b,ki} + l_{ka} / l_{n,ka} M_{kap,b,ka})$  KNm

Tabel 4.12.d Gaya Geser Rencana Kolom As.6,7-8 (K=1)

Elm	Jarak (m)	VD,k (KN)	VL,k (KN)	VE,k (KN)	MU, k bawah (KN)	MU, k atas (KN)	$VU, k = (MU, k a + MU, k b) / h_k$ (KN)	$VU, k = 1,05(VD, k + VL, k + 4/1 VE, k)$ (KN)	KET
1	0	55.10	18.24	209.34	911.86	911.89	597.95	956.23	Kol Basmen
	1.925	55.10	18.24	209.34	911.86	911.89	597.95	956.23	
	3.85	55.10	18.24	209.34	911.86	911.89	597.95	956.23	
2	0	48.27	16.00	261.19	911.86	911.89	597.95	1164.48	Kol Basmen
	1.925	48.27	16.00	261.19	911.86	911.89	597.95	1164.48	
	3.85	48.27	16.00	261.19	911.86	911.89	597.95	1164.48	
3	0	6.83	2.24	31.05	911.86	911.89	597.95	139.91	Kol Basmen
	1.925	6.83	2.24	31.05	911.86	911.89	597.95	139.91	
	3.85	6.83	2.24	31.05	911.86	911.89	597.95	139.91	
4	0	77.53	25.96	164.85	911.86	911.89	597.95	801.04	KOL LT.1
	1.925	77.53	25.96	164.85	911.86	911.89	597.95	801.04	
	3.85	77.53	25.96	164.85	911.86	911.89	597.95	801.04	
5	0	64.37	21.58	237.40	911.86	911.89	597.95	1087.33	KOL LT.1
	1.925	64.37	21.58	237.40	911.86	911.89	597.95	1087.33	
	3.85	64.37	21.58	237.40	911.86	911.89	597.95	1087.33	
6	0	13.17	4.38	60.13	911.86	911.89	597.95	270.98	KOL LT.1
	1.925	13.17	4.38	60.13	911.86	911.89	597.95	270.98	
	3.85	13.17	4.38	60.13	911.86	911.89	597.95	270.98	
7	0	81.21	27.05	102.59	911.86	1061.95	647.15	544.56	KOL LT.2
	1.925	81.21	27.05	102.59	911.86	1061.95	647.15	544.56	
	3.85	81.21	27.05	102.59	911.86	1061.95	647.15	544.56	
8	0	65.41	22.56	215.04	911.86	1061.95	647.15	995.54	KOL LT.2
	1.925	65.41	22.56	215.04	911.86	1061.95	647.15	995.54	
	3.85	65.41	22.56	215.04	911.86	1061.95	647.15	995.54	
9	0	15.80	4.49	66.36	911.86	1061.95	647.15	300.04	KOL LT.2
	1.925	15.80	4.49	66.36	911.86	1061.95	647.15	300.04	
	3.85	15.80	4.49	66.36	911.86	1061.95	647.15	300.04	
10	0	46.76	6.56	26.86	1061.95	1061.95	696.36	168.80	KOL LT.3
	1.925	46.76	6.56	26.86	1061.95	1061.95	696.36	168.80	
	3.85	46.76	6.56	26.86	1061.95	1061.95	696.36	168.80	
11	0	26.05	0.04	222.93	1061.95	1061.95	696.36	963.70	KOL LT.3
	1.925	26.05	0.04	222.93	1061.95	1061.95	696.36	963.70	
	3.85	26.05	0.04	222.93	1061.95	1061.95	696.36	963.70	
12	0	20.71	6.60	70.33	1061.95	1061.95	696.36	324.07	KOL LT.3
	1.925	20.71	6.60	70.33	1061.95	1061.95	696.36	324.07	
	3.85	20.71	6.60	70.33	1061.95	1061.95	696.36	324.07	
13	0	0	0	109.62	1061.95	1061.95	696.36	460.40	KOL LT.4
	1.925	0	0	109.62	1061.95	1061.95	696.36	460.40	
	3.85	0	0	109.62	1061.95	1061.95	696.36	460.40	
14	0	0	0	0	1061.95	1061.95	696.36	0	KOL LT.4
	1.925	0	0	0	1061.95	1061.95	696.36	0	
	3.85	0	0	0	1061.95	1061.95	696.36	0	
15	0	0	0	109.62	1061.95	1061.95	696.36	460.40	KOL LT.4
	1.925	0	0	109.62	1061.95	1061.95	696.36	460.40	
	3.85	0	0	109.62	1061.95	1061.95	696.36	460.40	
16	0	0	0	0	1061.95	1061.95	696.36	0	KOL LT.4
	1.925	0	0	0	1061.95	1061.95	696.36	0	
	3.85	0	0	0	1061.95	1061.95	696.36	0	

Tabel 4.13.a Momen Rencana Balok Portal As 6,7-8 (K=2)

Elm	Jarak (m)	MD (KNm)	ML (KNm)	M.GEMPA (KNm)		1.2MD+1.6ML (KNm)	0.9.(MD ± ME) (KNm)		1.05(MD+0.6ML±ME) (KNm)		KET
				KIRI	KANAN		KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	
19	0	-297.11	-98.40	404.16	-400.54	-513.97	96.35	-627.89	50.41	<b>-835.85</b>	blk. It. 1
	1.5	-105.56	-35.30	303.76	-300.68	-183.16	178.38	-365.62	185.87	-463.62	
	3	49.54	16.55	203.35	-200.81	85.92	227.60	-136.14	275.96	-141.46	
20	0	49.54	16.55	203.35	-200.81	85.92	227.60	-136.14	275.96	-141.46	blk. It. 1
	1.5	125.06	41.21	102.95	-100.95	216.00	205.21	21.70	265.37	68.58	
	3	164.12	54.62	2.54	-1.08	284.34	150.00	146.73	209.41	228.54	
21	0	164.12	54.62	2.54	-1.08	284.34	150.00	146.73	209.41	228.54	blk. It. 1
	1.5	123.59	40.85	-97.86	98.78	213.67	23.16	200.13	52.75	276.38	
	3	46.61	15.83	-198.26	198.64	81.27	-136.48	220.73	-149.26	274.14	
22	0	46.61	15.83	-198.26	198.64	81.27	-136.48	220.73	-149.26	274.14	blk. It. 1
	1.5	-109.96	-36.37	-298.67	298.51	-190.14	-367.77	169.70	-451.97	159.79	
	3	-302.98	-99.82	-399.07	398.37	-523.29	-631.85	85.85	-800.04	-4.65	
23	0	-75.99	-24.79	541.98	-544.52	-130.85	419.39	-558.46	<b>473.67</b>	-677.57	blk. It. 1
	1.5	8.78	2.80	319.79	-321.03	15.02	295.71	-281.02	346.77	-324.92	
	2.5	57.11	19.14	97.60	-97.55	99.16	139.23	-36.40	174.50	-22.36	
24	0	57.11	19.14	97.60	-97.55	99.16	139.23	-36.40	174.50	-22.36	blk. It. 1
	1.5	25.84	8.30	-124.59	125.94	44.29	-88.88	136.60	-98.46	168.08	
	3	-41.88	-13.79	-346.78	349.43	-72.32	-349.79	276.80	-416.78	308.45	
25	0	-297.63	-98.82	547.87	-544.19	-515.26	225.22	-757.64	200.50	<b>-987.67</b>	blk. It. 2
	1.5	-105.95	-35.60	411.56	-408.92	-184.11	275.05	-463.38	298.46	-578.00	
	3	49.28	16.36	275.24	-273.65	85.30	292.07	-201.93	351.05	-218.42	
26	0	49.28	16.36	275.24	-273.65	85.30	292.07	-201.93	351.05	-218.42	blk. It. 2
	1.5	124.92	41.13	138.93	-138.37	215.72	237.47	-12.11	302.96	29.07	
	3	164.11	54.66	2.62	-3.10	284.39	150.05	144.91	209.50	226.46	
27	0	164.11	54.66	2.62	-3.10	284.39	150.05	144.91	209.50	226.46	blk. It. 2
	1.5	123.71	41.01	-133.70	132.17	214.06	-8.99	230.29	15.34	311.73	
	3	46.86	16.10	-270.01	267.45	81.99	-200.84	282.88	-224.17	346.93	
28	0	46.86	16.10	-270.01	267.45	81.99	-200.84	282.88	-224.17	346.93	blk. It. 2
	1.5	-109.58	-35.99	-406.32	402.72	-189.08	-464.31	263.83	-564.37	270.01	
	3	-302.47	-99.33	-542.64	537.99	-521.88	-760.60	211.97	-949.94	143.00	
29	0	-60.76	-20.31	733.88	-722.60	-105.41	605.80	-705.03	<b>693.98</b>	-843.86	blk. It. 2
	1.5	17.00	5.31	429.56	-422.95	28.89	401.91	-365.35	472.23	-420.67	
	3	58.32	19.67	125.24	-123.31	101.45	165.20	-58.49	205.13	-47.59	
30	0	58.32	19.67	125.24	-123.31	101.45	165.20	-58.49	205.13	-47.59	blk. It. 2
	1.5	20.05	6.85	-179.08	176.34	35.02	-143.13	176.75	-162.67	213.40	
	3	-54.68	-17.22	-483.40	475.99	-93.16	-484.27	379.18	-575.83	424.30	
31	0	-296.92	-99.01	569.52	-562.28	-514.71	245.34	-773.28	223.86	<b>-1006.12</b>	blk. It. 3
	1.5	-105.25	-35.64	427.63	-422.86	-183.32	290.14	-475.30	316.05	-591.94	
	2.5	49.97	16.48	285.75	-283.43	86.33	302.15	-210.11	362.89	-227.83	
32	0	49.97	16.48	285.75	-283.43	86.33	302.15	-210.11	362.89	-227.83	blk. It. 3
	1.5	125.60	41.41	143.87	-144.00	216.98	242.52	-16.56	309.03	24.16	
	3	164.78	55.09	1.99	-4.57	285.89	150.09	144.19	209.81	226.07	



Tabel 4.13.b Gaya Geser Rencana Balok Portal As.6,7-8 (K=2)

Efm	Jarak (m)	VD,B (KN)	VL,B (KN)	VE,B (KN)	VUB=1,05(VD,B + VL,B +1,3. VE,B) (KN)	KET
19	0	139.85	45.82	66.58	334.76	Bik LT.1
	1.5	115.55	38.32	66.58	301.37	
	3	91.25	30.82	66.58	267.98	
20	0	62.49	20.19	66.58	226.63	Bik LT.1
	1.5	38.19	12.69	66.58	193.24	
	3	13.89	5.19	66.58	159.85	
21	0	14.87	5.43	66.58	161.12	Bik LT.1
	1.5	39.17	12.93	66.58	194.51	
	3	63.47	20.43	66.58	227.90	
22	0	92.23	31.05	66.58	269.25	Bik LT.1
	1.5	116.53	38.55	66.58	302.64	
	3	140.83	46.05	66.58	336.03	
23	0	68.67	22.15	148.99	408.23	Bik LT.1
	1.25	44.37	14.65	148.99	374.84	
	2.5	20.07	7.14	148.99	341.45	
	3	8.69	3.48	148.99	325.66	
24	0	33.00	10.96	148.99	359.05	Bik LT.1
	1.5	57.30	18.46	148.99	392.44	
	3	81.60	25.96	148.99	425.83	
25	0	139.94	45.89	90.18	384.50	Bik LT.2
	1.5	115.64	38.39	90.18	351.11	
	3	91.34	30.89	90.18	317.72	
26	0	62.58	20.27	90.18	276.37	Bik LT.2
	1.5	38.28	12.77	90.18	242.98	
	3	13.98	5.27	90.18	209.59	
27	0	14.78	5.35	90.18	210.53	Bik LT.2
	1.5	39.08	12.85	90.18	243.92	
	3	63.38	20.35	90.18	277.31	
28	0	92.14	30.98	90.18	318.66	Bik LT.2
	1.25	116.44	38.48	90.18	352.04	
	2.5	140.74	45.98	90.18	385.43	
29	0	63.99	20.83	199.76	508.56	Bik LT.2
	1.5	39.69	13.33	199.76	475.17	
	3	15.39	5.83	199.76	441.78	
30	0	13.37	4.60	199.76	438.57	Bik LT.2
	1.5	37.67	12.30	199.76	471.96	
	3	61.97	19.80	199.76	505.35	
31	0	139.93	45.99	92.95	390.42	Bik LT.3
	1.5	115.63	38.49	92.95	357.03	
	3	91.33	30.99	92.95	323.64	
32	0	62.57	20.37	92.95	262.29	Bik LT.3
	1.5	38.27	12.87	92.95	248.90	
	3	13.97	5.37	92.95	215.51	
33	0	14.79	5.25	92.95	216.24	Bik LT.3
	1.5	39.09	12.75	92.95	249.63	
	3	63.39	20.25	92.95	283.02	
34	0	92.15	30.87	92.95	324.37	Bik LT.3
	1.5	116.45	38.37	92.95	357.76	
	3	140.75	45.87	92.95	391.15	
35	0	79.04	19.97	208.36	541.52	Bik LT.3
	1.5	54.74	12.47	208.36	508.13	
	3	30.44	4.97	208.36	474.74	
36	0	1.68	-5.65	208.36	433.39	Bik LT.3
	1.5	51.22	13.15	208.36	505.15	
	3	75.52	20.65	208.36	538.54	



Lanjutan Tabel 4.13 Gaya Geser Rencana Balok Portal As.6,7-8

(K=2)

Elm	Jarak (m)	VD,B (KN)	VL,B (KN)	VE,B (KN)	VUB=1,05(VD,B + VL,B +1,3. VE,B) (KN)	KET
37	0	168.52	46.02	93.21	421.00	Bik LT.4
	1.25	115.62	38.52	93.21	357.58	
	2.5	91.32	31.02	93.21	324.19	
38	0	62.56	20.40	93.21	282.84	Bik LT.4
	1.5	38.26	12.90	93.21	249.45	
	3	13.96	5.40	93.21	216.06	
39	0	14.80	-5.23	93.21	205.79	Bik LT.4
	1.5	39.10	12.73	93.21	250.16	
	3	63.40	20.23	93.21	283.55	
40	0	92.16	30.85	93.21	324.90	Bik LT.4
	1.5	116.46	38.35	93.21	359.29	
	3	140.76	45.85	93.21	391.68	
41	0	64.01	19.99	163.39	431.32	Bik LT.4
	1.5	39.71	12.49	163.39	397.93	
	3	15.41	4.99	163.39	364.54	
42	0	13.35	-5.63	163.39	351.23	Bik LT.4
	1.25	37.65	13.13	163.39	396.44	
	2.5	61.95	20.63	163.39	429.83	
43	0	45.72	23.63	0	72.81	Bik atap
	1.75	71.10	34.13	0	110.48	
	3.5	96.47	44.63	0	148.15	
44	0	96.47	44.63	0	148.15	Bik atap
	1.75	71.10	34.13	0	110.48	
	3.5	45.72	23.63	0	72.81	

Tabel 4.13.c Momen Rencana Kolom Portal As.6,7-8 (K=2)

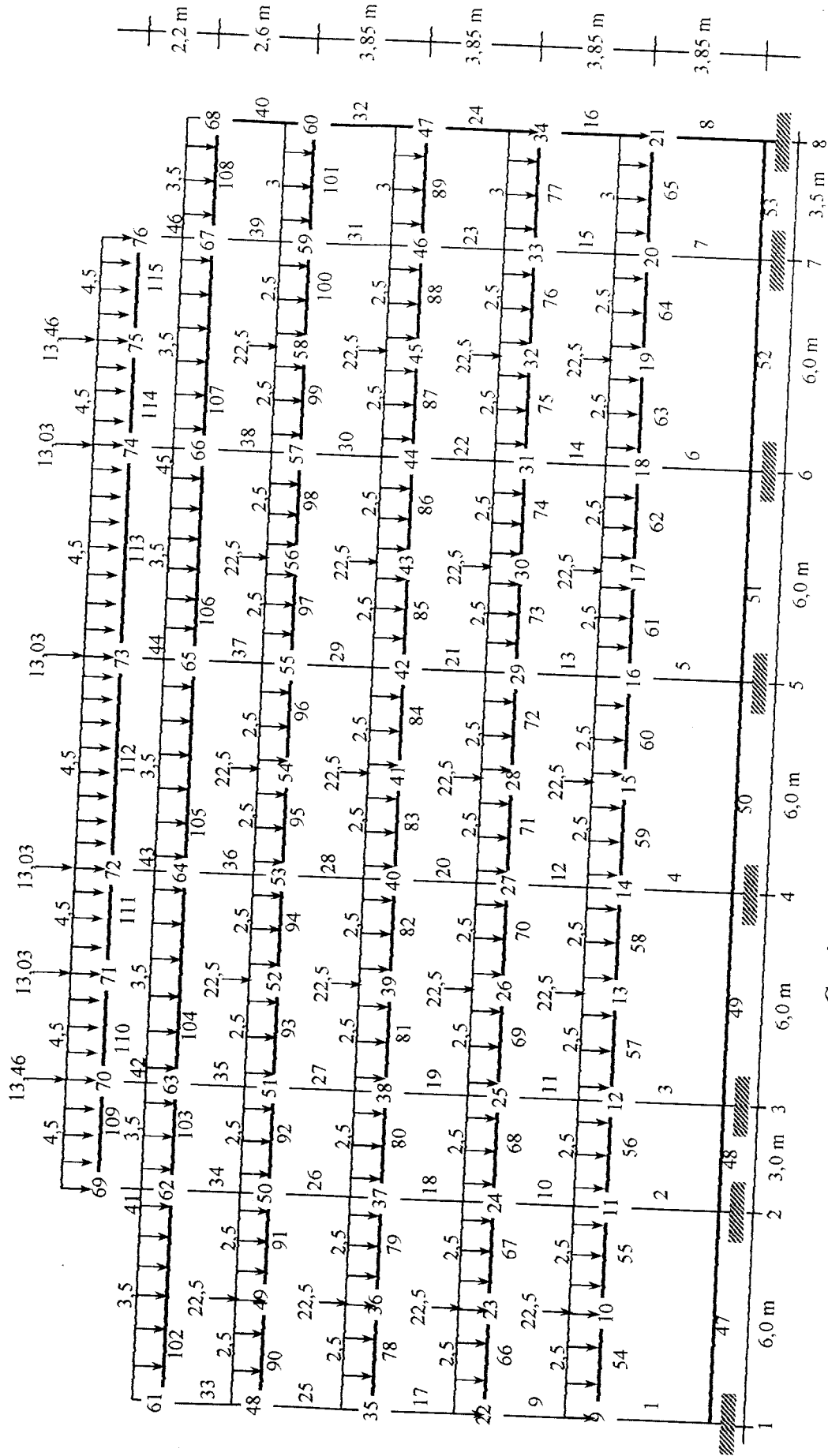
EIm	Jarak (m)	MD,k (KNm)	ML,k (KNm)	MEki (KNm)	MEka (KNm)	MU,k= 1.05(MD,k+ML,k+1/2ME,k) (KNm)	KETERANGAN
1	0	60.22	21.04	-961.562	956.403	1390.81	KOL BASEMEN
	1.92	-45.85	-14.07	-392.519	392.901	473.39	
	3.85	-151.91	-49.18	176.525	-170.601	-444.01	
2	0	-87.04	-27.92	-1132.06	1135.821	1429.69	KOL BASEMEN
	1.92	5.89	2.87	-302.961	301.335	420.52	
	3.85	98.81	33.67	526.141	-533.15	-588.65	
3	0	-9.48	-3.09	-727.672	728.626	981.38	KOL BASEMEN
	1.92	3.66	1.22	-194.928	195.723	272.29	
	3.85	16.80	5.54	337.817	-337.18	-436.79	
4	0	145.20	49.22	-382.788	388.417	734.33	KOLOM LT.1
	1.92	-4.05	-0.75	-23.622	11.903	11.21	
	3.85	-153.30	-50.72	335.545	-364.612	-711.92	
5	0	-128.17	-41.36	-890.199	878.91	1021.71	KOLOM LT.1
	1.92	-4.26	0.19	-19.981	29.487	35.98	
	3.85	119.64	41.74	850.238	-819.936	-949.76	
6	0	-25.08	-8.25	-565.603	566.237	737.92	KOLOM LT.1
	1.92	0.26	0.17	-15.017	12.204	17.11	
	3.85	25.61	8.59	535.569	-541.829	-703.69	
7	0	144.33	48.09	-258.813	222.428	505.66	KOLOM LT.2
	1.93	-12.00	-3.98	107.764	-52.349	-88.24	
	3.85	-168.34	-56.06	474.341	-327.125	-682.15	
8	0	-122.07	-37.28	-648.878	692.883	778.47	KOLOM LT.2
	1.93	3.85	6.15	20.347	-78.657	-96.87	
	3.85	129.77	49.57	689.572	-850.197	-972.21	
9	0	-29.07	-8.63	-420.94	414.449	526.14	KOLOM LT.2
	1.93	1.34	0.02	21.427	-17.403	-22.33	
	3.85	31.76	8.68	463.793	-449.256	-570.77	
10	0	128.58	42.94	0.867	166.231	407.00	KOLOM LT.3
	1.92	38.57	30.32	-220.013	-123.094	-95.69	
	3.85	-51.45	17.70	-440.893	-412.418	-598.39	
11	0	-91.60	-30.51	-650.02	358.288	360.85	KOLOM LT.3
	1.92	-41.45	-30.58	138.544	88.532	45.21	
	3.85	8.69	-30.66	927.107	-181.224	-270.44	
12	0	-38.15	-11.55	-395.678	363.061	443.39	KOLOM LT.3
	1.92	1.72	1.15	62.086	-103.305	-138.00	
	3.85	41.59	13.85	519.85	-569.672	-719.39	
13	0	248.83	119.44	-1069.4	1069.403	1846.42	KOLOM LT.4
	1.14	248.83	119.44	-775.756	775.756	1445.59	
	2.28	248.83	119.44	-482.108	482.108	1044.76	
14	0	-248.83	-119.44	0	0	-386.68	KOLOM LT.4
	1.14	-248.83	-119.44	0	0	-386.68	
	2.28	-248.83	-119.44	0	0	-386.68	
15	0	0	0	-482.108	482.108	658.08	KOLOM LT.4
	1.3	0	0	-241.054	241.054	329.04	
	2.6	0	0	0	0	0.00	
16	0	0	0	0	569.77	777.74	KOLOM LT.4
	1.3	0	0	0	284.88	388.88	
	2.6	0	0	0	0	0.00	

Tabel 4.13.d Gaya Geser Rencana Kolom Portal As.6,7-8 (K=2)

Elm	Jarak (m)	VD,k (KN)	VL,k (KN)	VE,k (KN)	VU,k = 1,05(VD,k+ VL,k+ 0,5 VE,k) (KN)	KETERANGAN
1	0	55.10	18.24	418.64	648.45	KOL BASEMEN
	1.92	55.10	18.24	418.64	648.45	
	3.85	55.10	18.24	418.64	648.45	
2	0	48.27	16.00	522.34	780.48	KOL BASEMEN
	1.92	48.27	16.00	522.34	780.48	
	3.85	48.27	16.00	522.34	780.48	
3	0	6.83	2.24	62.08	94.27	KOL BASEMEN
	1.92	6.83	2.24	62.08	94.27	
	3.85	6.83	2.24	62.08	94.27	
4	0	77.53	25.96	329.66	558.65	KOLOM LT 1
	1.92	77.53	25.96	329.66	558.65	
	3.85	77.53	25.96	329.66	558.65	
5	0	64.37	21.58	474.76	738.30	KOLOM LT 1
	1.92	64.37	21.58	474.76	738.30	
	3.85	64.37	21.58	474.76	738.30	
6	0	13.17	4.38	120.25	182.56	KOLOM LT 1
	1.92	13.17	4.38	120.25	182.56	
	3.85	13.17	4.38	120.25	182.56	
7	0	81.21	27.05	205.15	393.71	KOLOM LT 2
	1.93	81.21	27.05	205.15	393.71	
	3.85	81.21	27.05	205.15	393.71	
8	0	65.41	22.56	430.02	679.35	KOLOM LT 2
	1.93	65.41	22.56	430.02	679.35	
	3.85	65.41	22.56	430.02	679.35	
9	0	15.80	4.49	132.71	202.46	KOLOM LT 2
	1.93	15.80	4.49	132.71	202.46	
	3.85	15.80	4.49	132.71	202.46	
10	0	46.76	6.56	200.01	329.00	KOLOM LT 3
	1.92	46.76	6.56	200.01	329.00	
	3.85	46.76	6.56	200.01	329.00	
11	0	26.05	0.04	445.74	635.83	KOLOM LT 3
	1.92	26.05	0.04	445.74	635.83	
	3.85	26.05	0.04	445.74	635.83	
12	0	20.71	6.60	140.63	220.63	KOLOM LT 3
	1.92	20.71	6.60	140.63	220.63	
	3.85	20.71	6.60	140.63	220.63	
13	0	0	0	219.14	299.13	KOLOM LT 4
	1.14	0	0	219.14	299.13	
	2.28	0	0	219.14	299.13	
14	0	0	0	0	0	KOLOM LT 4
	1.14	0	0	0	0	
	2.28	0	0	0	0	
15	0	0	0	219.14	299.13	KOLOM LT 4
	1.3	0	0	219.14	299.13	
	2.6	0	0	219.14	299.13	
16	0	0	0	0	0	KOLOM LT 4
	1.3	0	0	0	0	
	2.6	0	0	0	0	

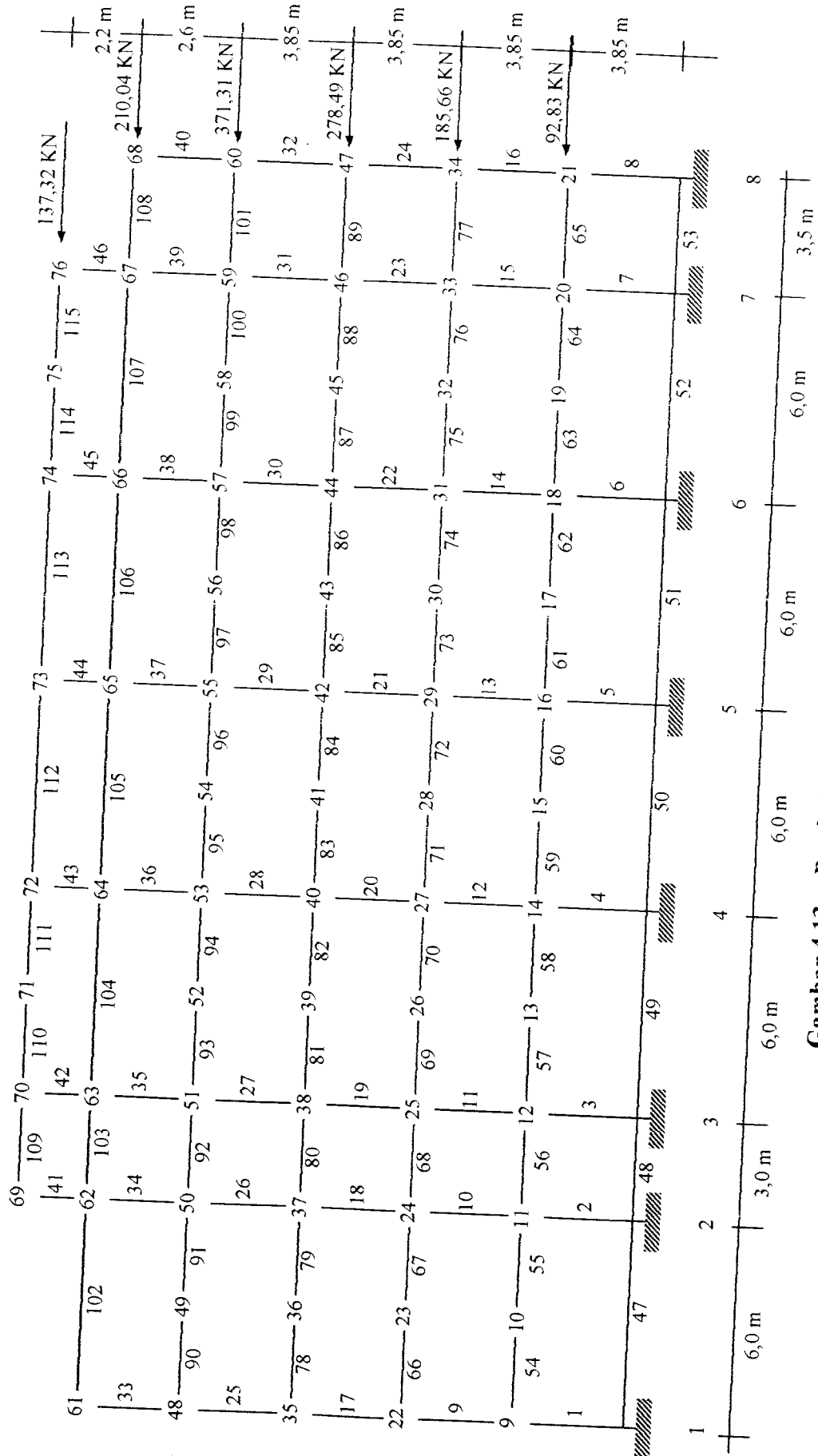


b. Beban hidup



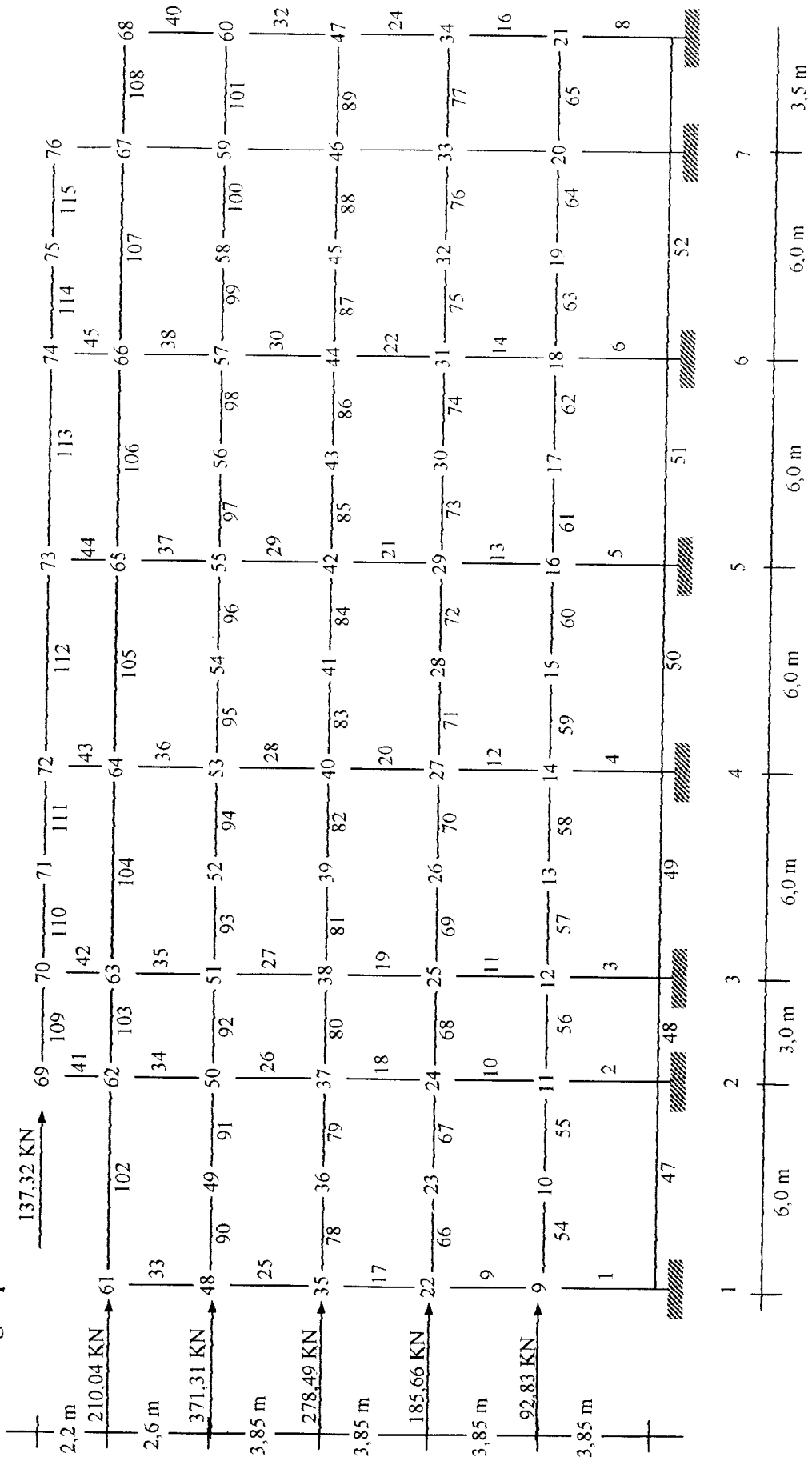
Gambar 4.13.b Pembebanan hidup Portal As A

c. Beban gempa kanan



Gambar 4.13.c Pembebanan gempa kanan Portal As A

d. Beban gempa kiri



Gambar 4.13.d Pembebanan gempa kiri Portal As A

**a. Beban mati**

- Beban terdistribusi merata elemen 54 s/d 101

$$\text{Lantai} : 2/3 \cdot 1,5 \cdot 4,26 = 4,26 \text{ KN/m}$$

$$\text{Tembok} : 2,5 \cdot 3,85 = 9,63 \text{ KN/m}$$

$$\text{Balok} : 0,4 \cdot 0,8 \cdot 24 = \underline{7,68 \text{ KN/m}}$$

$$W_{D1} = 21,57 \text{ KN/m}$$

- Beban terdistribusi merata elemen 102 & 108

$$\text{Lantai} : 2/3 \cdot 1,5 \cdot 4,26 = 4,26 \text{ KN/m}$$

$$\text{Balok} : 0,4 \cdot 0,8 \cdot 24 = \underline{7,68 \text{ KN/m}}$$

$$W_{D2} = 11,94 \text{ KN/m}$$

- Beban terdistribusi merata elemen 103 s/d 107

$$\text{Lantai} : 2/3 \cdot 1,5 \cdot 4,26 = 4,26 \text{ KN/m}$$

$$\text{Balok} : 0,4 \cdot 0,8 \cdot 24 = 7,68 \text{ KN/m}$$

$$\text{Tembok} : 2,2 \cdot 2,5 = \underline{5,50 \text{ KN/m}}$$

$$W_{D4} = 17,44 \text{ KN/m}$$

- Beban terbagi merata elemen 109 s/d 115

$$\text{Lantai} : 1,5 \cdot 0,12 \cdot 24 = 4,32 \text{ KN/m}$$

$$\text{Balok} : 0,25 \cdot 0,4 \cdot 24 = \underline{2,40 \text{ KN/m}}$$

$$W_{D5} = 6,72 \text{ KN/m}$$

- Beban terpusat nodal 70, 75

$$P_{D1 \text{ R KA3}} = 28,5995 \text{ KN}$$

- Beban terpusat nodal 71 s/d 74

$$P_{D2 \text{ R KA1}} = 41,2076 \text{ KN}$$



- Beban terpusat nodal 10 s/d 19, 23 s/d 32, 36 s/d 45, 49 s/d 56

$$P_{D3 \text{ R balok anak}} = 2.(2.1/2.3.1,5.4,26) + 0,25.0,4.24.6 = 52,74 \text{ KN}$$

#### b. Beban hidup

- Beban terbagi merata elemen 54 s/d 64, 66 s/d 76, 78 s/d 88, 90 s/d 100

$$W_{L1} = 2/3.1,5.2,5 = 2,5 \text{ KN/m}$$

- Beban terbagi merata elemen 65, 77, 89, 101,

$$W_{L2} = 2/3.1,5.3 = 3,0 \text{ KN/m}$$

- Beban terbagi merata elemen 102 s/d 108

$$W_{L3} = 2/3.1,75.3 = 3,5 \text{ KN/m}$$

- Beban terbagi merata elemen 109 s/d 115

$$W_{L4} = 1,5.3 = 4,5 \text{ KN/m}$$

- Beban terpusat nodal 70, 75

$$P_{L1 \text{ R KA3}} = 13,4605 \text{ KN}$$

- Beban terpusat nodal 71 s/d 74

$$P_{L2 \text{ R KA1}} = 13,0327 \text{ KN}$$

- Beban terpusat nodal 10 s/d 19, 23 s/d 32, 36 s/d 45, 49 s/d 56

$$P_{L3 \text{ R balok anak}} = 2.(2.1/2.3.1,5.2,5) = 22,50 \text{ KN}$$

**c. Beban gempa**

Reaksi atap	: $4.41,2076 + 2.28,5995 = 222,03 \text{ KN}$
Plat atap	: $1,5.27.0,12.24 = 116,64 \text{ KN}$
Balok ring	: $0,4.0,8.9.3.27 = 207,36 \text{ KN}$
Kolom	: $6.0,45.0,7.2,6.24 = 99,79 \text{ KN}$
Beban hidup tereduksi:	$0,6.(1,5.27.3) = 72,90 \text{ KN}$

---

Dibulatkan  $W_{\text{atap 1}} = 718,72 \text{ KN}$

Plat atap (mangkok)	: $3,5.36,5.0,12.24 = 367,92 \text{ KN}$
Kolom	: $8.0,45.0,7.2,2.24 = 157,25 \text{ KN}$
Tembok	: $2,5.2,6.30,5 = 198,25 \text{ KN}$
Balok ring	: $0,4.0,8.36,5.24 = 280,32 \text{ KN}$
Beban hidup tereduksi:	$0,6.(3,5.36,5.3) = 229,95 \text{ KN}$

---

Dibulatkan  $W_{\text{atap 2}} = 1233,70 \text{ KN}$

## - Berat lantai 4 (tipikal dengan lt. 3, 2,1)

Kolom	: $8.0,45.0,7.3,85.24 = 232,85 \text{ KN}$
Lantai	: $6.36,5.4,26 = 932,94 \text{ KN}$
Balok	: $0,4.0,8.24.78,5 = 602,88 \text{ KN}$
Balok	: $0,25.0,4.24.66 = 158,40 \text{ KN}$
Tembok	: $2,5.3,85.30,5 = 293,56 \text{ KN}$
B.hidup tereduksi:	$0,6(6.36,5.2,5) = 328,50 \text{ KN}$

---

Dibulatkan  $W_4 = 2549,2 \text{ KN}$

$$W_{\text{Total}} : 718,72 + 1233,70 + 4.2549,20 = 12147,94 \text{ KN}$$

Gaya geser untuk tingkat daktilitas penuh ( $K=1$ )

$$V = C.I.K.W_T$$

$$= 0,07.1,5.1,0.12147,94 = 1275,64 \text{ KN}$$

distribusi gaya-gaya lateral akibat gempa

Tingkat	Wi (KN)	hi (m)	Wi hi (KNm)	Fi (KN)
Atap 1	718,72	20,20	14518,15	137,32
Atap 2	1233,70	18,00	22206,60	210,04
4	2549,20	15,40	39257,68	371,31
3	2549,20	11,55	29443,26	278,49
2	2549,20	7,70	19628,84	185,66
1	2549,20	3,85	9814,42	92,83
			134868,95	1275,64

Gaya geser untuk tingkat daktilitas terbatas ( $K=2$ )

$$V = C.I.K.W_T$$

$$= 0,07.1,5.2,0.12147,94 = 2551,28 \text{ KN}$$

distribusi gaya-gaya lateral akibat gempa

Tingkat	Wi (KN)	hi (m)	Wi hi (KNm)	Fi (KN)
Atap 1	718,72	20,20	14518,15	274,44
Atap 2	1233,70	18,00	22206,60	420,08
4	2549,20	15,40	39257,68	742,62
3	2549,20	11,55	29443,26	556,98
2	2549,20	7,70	19628,84	371,32
1	2549,20	3,85	9814,42	185,66
			134868,95	2551,28

Tabel 4.14.a Momen Rencana Balok Portal As A - D (K=1)

ELM	Jarak (m)	MD (KNm)	ML (KNm)	M.GEMPA (KNm)		1.2MD + 1.6ML (KNm)	0.9(MD ± ME) (KNm)		1.05(MD+0.6ML ± ME) (KNm)		KET
				KIRI	KANAN		KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	
54	0	-45.96	-13.51	204.45	-202.00	-76.77	142.64	-223.16	157.90	-268.87	blk. tt.1
	1.5	10.47	2.95	108.92	-107.55	17.27	107.45	-87.37	127.21	-100.08	
	3	35.24	10.97	13.39	-13.09	59.83	43.77	19.93	57.97	30.16	
55	0	35.24	10.97	13.39	-13.09	59.83	43.77	19.93	57.97	30.16	blk. tt.1
	1.5	8.17	2.41	-82.14	81.36	13.65	-66.57	80.58	-76.15	95.53	
	3	-50.56	-14.59	-177.67	175.82	-84.01	-205.40	112.73	-248.83	122.33	
56	0	-24.47	-5.38	265.01	-262.92	-37.98	216.48	-258.65	249.17	-305.16	blk. tt.1
	1.5	0.91	-0.64	-1.06	1.14	0.06	-0.13	1.84	-0.56	1.74	
	3	-27.02	-4.34	-267.12	265.19	-39.36	-264.73	214.36	-311.58	247.35	
57	0	-72.96	-13.62	165.15	-164.31	-109.34	82.97	-213.55	88.22	-257.72	blk. tt.1
	1.5	14.33	2.53	80.41	-79.94	21.25	85.26	-59.05	101.07	-67.29	
	3	48.31	10.24	-4.34	4.44	74.36	39.58	47.48	52.62	61.84	
58	0	48.31	10.24	-4.34	4.44	74.36	39.58	47.48	52.62	61.84	blk. tt.1
	1.5	8.79	1.37	-89.08	88.82	12.75	-72.26	87.85	-83.44	103.36	
	2.5	-84.04	-15.93	-173.83	173.19	-126.33	-232.08	80.24	-280.79	83.58	
59	0	-80.93	-15.23	178.42	-178.26	-121.48	87.74	-233.27	92.77	-281.74	blk. tt.1
	1.5	8.94	1.44	89.36	-89.22	13.03	88.48	-72.25	104.13	-83.38	
	3	45.50	9.67	0.31	-0.18	70.07	41.23	40.79	54.19	53.68	
60	0	45.50	9.67	0.31	-0.18	70.07	41.23	40.79	54.19	53.68	blk. tt.1
	1.5	8.56	1.32	-88.75	88.86	12.38	-72.17	87.68	-83.36	103.12	
	3	-81.69	-15.47	-177.80	177.90	-122.78	-233.54	86.59	-282.21	91.27	
61	0	-80.54	-15.20	177.51	-178.12	-120.97	87.28	-232.79	92.25	-281.17	blk. tt.1
	1.5	9.15	1.46	88.68	-88.91	13.31	88.05	-71.78	103.64	-82.83	
	3	45.53	9.68	-0.16	0.29	70.12	40.83	41.24	53.73	54.21	
62	0	45.53	9.68	-0.16	0.29	70.12	40.83	41.24	53.73	54.21	blk. tt.1
	1.5	8.41	1.32	-89.00	89.50	12.21	-72.53	88.12	-83.79	103.64	
	3	-82.02	-15.48	-177.84	178.71	-123.18	-233.87	87.02	-282.60	91.77	
63	0	-82.28	-15.45	173.65	-174.96	-123.46	82.23	-231.52	86.20	-279.83	blk. tt.1
	1.25	9.52	1.60	88.52	-89.13	13.99	88.24	-71.64	103.95	-82.57	
	2.5	46.01	10.22	3.38	-3.29	73.96	46.26	40.25	60.40	53.39	
64	0	46.01	10.22	3.38	-3.29	73.96	46.26	40.25	60.40	53.39	blk. tt.1
	1.5	13.01	2.25	-81.75	82.54	19.21	-61.87	85.99	-70.76	101.74	
	3	-75.31	-14.15	-166.89	168.37	-113.02	-217.98	83.76	-263.22	88.80	
65	0	-31.58	-4.51	243.64	-246.49	-45.10	190.86	-250.26	219.83	-294.81	blk. tt.1
	1.5	8.81	0.73	-2.18	2.34	11.73	5.97	10.03	7.42	12.16	
	3	-15.22	-2.08	-248.00	251.16	-21.59	-236.89	212.35	-277.68	246.43	
66	0	-48.02	-14.11	206.41	-204.28	-80.19	142.55	-227.06	157.42	-273.80	blk. tt.2
	1.75	8.96	2.51	108.72	-107.54	14.76	105.91	-88.73	125.14	-101.94	
	3.5	34.27	10.69	11.03	-10.81	58.22	40.77	21.12	54.30	31.37	
67	0	34.27	10.69	11.03	-10.81	58.22	40.77	21.12	54.30	31.37	blk. tt.2
	1.5	7.74	2.29	-86.66	85.93	12.95	-71.03	84.31	-81.42	99.80	
	3	-50.44	-14.55	-184.35	182.67	-83.81	-211.31	119.00	-255.70	129.67	
68	0	-26.11	-5.40	266.49	-264.56	-39.98	216.34	-261.60	248.99	-308.60	blk. tt.2
	1.25	2.30	-0.28	-0.53	0.62	2.31	1.59	2.63	1.68	2.89	
	2.5	-22.61	-3.59	-267.55	265.80	-32.88	-261.15	218.87	-306.93	253.09	
69	0	-75.11	-14.10	174.55	-173.73	-112.69	89.49	-223.96	95.53	-270.17	blk. tt.2
	1.5	13.11	2.26	85.58	-85.12	19.34	88.82	-64.81	105.04	-74.19	
	3	48.02	10.17	-3.40	3.50	73.90	40.16	46.36	53.26	60.50	

Lanjutan Tabel 4.14.a Momen Rencana Balok Portal As A-D (K=1)

ELM	Jarak (m)	MD (K Nm)	ML (K Nm)	M.GEMPA (K Nm)		1.2MD + 1.6ML (K Nm)	0.9(MD ± ME) (K Nm)		1.05(MD+0.6ML ± ME) (K Nm)		KET
				KIRI	KANAN		KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	
70	0	48.02	10.17	-3.40	3.50	73.90	40.16	46.36	53.26	60.50	blk. It.2
	1.5	9.43	1.51	-92.37	92.11	13.73	-74.65	91.38	-86.14	107.57	
	3	-82.48	-15.59	-181.35	180.72	-123.92	-237.44	88.42	-286.83	93.34	
71	0	-80.18	-15.07	182.30	-182.13	-120.34	91.91	-236.08	97.73	-284.93	blk. It.2
	1.5	9.38	1.53	91.20	-91.05	13.70	90.52	-73.51	106.57	-84.80	
	3	45.63	9.69	0.09	0.03	70.26	41.14	41.09	54.11	54.04	
72	0	45.63	9.69	0.09	0.03	70.26	41.14	41.09	54.11	54.04	blk. It.2
	1.5	8.38	1.28	-91.02	91.10	12.09	-74.38	89.53	-85.97	105.26	
	3	-82.19	-15.58	-182.12	182.18	-123.55	-237.88	90.00	-287.34	95.18	
73	0	-80.81	-15.31	181.89	-182.40	-121.47	90.97	-236.89	96.48	-286.01	blk. It.2
	1.5	9.08	1.41	90.95	-91.15	13.15	90.03	-73.87	105.92	-85.29	
	3	45.64	9.70	0.02	0.10	70.30	41.10	41.17	54.06	54.14	
74	0	45.64	9.70	0.02	0.10	70.30	41.10	41.17	54.06	54.14	blk. It.2
	1.5	8.72	1.41	-90.91	91.34	12.72	-73.97	90.05	-85.41	105.95	
	3	-81.53	-15.31	-181.84	182.59	-122.33	-237.03	90.96	-286.18	96.47	
75	0	-80.53	-14.99	180.37	-181.54	-120.61	89.86	-235.86	95.39	-284.61	blk. It.2
	1.5	10.32	1.82	91.44	-91.97	15.30	91.58	-73.49	107.99	-84.59	
	3	47.86	10.18	2.50	-2.41	73.73	45.33	40.90	59.30	54.14	
76	0	47.86	10.18	2.50	-2.41	73.73	45.33	40.90	59.30	54.14	blk. It.2
	1.5	11.90	1.97	-86.43	87.15	17.43	-67.08	89.15	-77.01	105.25	
	3	-77.38	-14.68	-175.36	176.72	-116.34	-227.46	89.41	-274.62	95.06	
77	0	-25.74	-3.26	241.89	-244.37	-36.11	194.54	-243.10	224.91	-285.67	blk. It.2
	1.75	9.25	0.85	-2.53	2.67	12.46	6.05	10.73	7.59	13.05	
	3.5	-20.17	-3.08	-246.95	249.70	-29.12	-240.41	206.58	-282.42	239.07	
78	0	-48.63	-14.24	177.71	-175.40	-81.14	116.17	-201.63	126.56	-244.21	blk. It.3
	1.5	8.70	2.46	93.56	-92.27	14.37	92.03	-75.21	108.92	-86.20	
	3	34.36	10.73	9.41	-9.13	58.40	39.39	22.71	52.72	33.25	
79	0	34.36	10.73	9.41	-9.13	58.40	39.39	22.71	52.72	33.25	blk. It.3
	1.5	8.19	2.41	-74.74	74.01	13.69	-59.90	73.98	-68.36	87.83	
	3	-49.64	-14.34	-158.90	157.15	-82.51	-187.68	96.76	-228.00	103.85	
80	0	-29.64	-6.26	212.81	-211.03	-45.57	164.86	-216.60	188.39	-256.64	blk. It.3
	1.5	1.93	-0.36	-0.55	0.63	1.73	1.24	2.30	1.22	2.45	
	3	-19.82	-2.91	-213.91	212.28	-28.44	-210.36	173.21	-247.25	200.25	
81	0	-75.73	-14.23	151.31	-150.51	-113.64	68.02	-203.62	70.40	-246.52	blk. It.3
	1.5	12.90	2.21	74.43	-73.98	19.02	78.59	-54.97	93.09	-62.74	
	3	48.21	10.21	-2.46	2.56	74.20	41.18	45.69	54.48	59.74	
82	0	48.21	10.21	-2.46	2.56	74.20	41.18	45.69	54.48	59.74	blk. It.3
	1.5	10.03	1.64	-79.34	79.09	14.66	-62.38	80.21	-71.74	94.61	
	3	-81.46	-15.38	-156.23	155.62	-122.36	-213.92	66.74	-259.26	68.18	
83	0	-79.99	-15.03	154.34	-154.19	-120.03	66.91	-210.76	68.60	-255.35	blk. It.3
	1.5	9.47	1.55	77.17	-77.04	13.84	77.98	-60.81	91.95	-69.97	
	3	45.62	9.69	0.00	0.11	70.24	41.06	41.16	54.00	54.12	
84	0	45.62	9.69	0.00	0.11	70.24	41.06	41.16	54.00	54.12	blk. It.3
	1.5	8.27	1.25	-77.16	77.26	11.91	-62.01	76.97	-71.56	90.59	
	3	-82.40	-15.63	-154.33	154.41	-123.89	-213.06	64.81	-258.41	65.76	
85	0	-80.88	-15.39	154.17	-154.72	-121.68	65.96	-212.04	67.26	-257.08	blk. It.3
	1.5	9.04	1.36	77.12	-77.33	13.06	77.54	-61.46	91.33	-70.83	
	3	45.65	9.71	0.06	0.06	70.32	41.14	41.14	54.11	54.12	

Lanjutan Tabel 4.14.a Momen Rencana Balok Portal As A-D (K=1)

ELM	Jarak (m)	MD (KNm)	ML (KNm)	M.GEMPA (KNm)		1.2MD + 1.6ML (KNm)	0.9(MD ± ME) (KNm)		1.05(MD+0.6ML ± ME) (KNm)		KET
				KIRI	KANAN		KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	
86	0	45.65	9.71	0.06	0.06	70.32	41.14	41.14	54.11	54.12	blk. tt.3
	1.5	8.76	1.46	-77.00	77.45	12.86	-61.41	77.59	-70.72	91.45	
	3	-81.44	-15.22	-154.06	154.84	-122.08	-211.94	66.06	-256.86	67.48	
87	0	-79.12	-14.62	154.63	-155.84	-118.34	67.95	-211.46	70.07	-255.92	blk. tt.3
	1.5	11.11	2.02	78.19	-78.75	16.55	80.36	-60.88	95.03	-69.75	
	3	48.02	10.22	1.75	-1.66	73.97	44.79	41.73	58.69	55.12	
88	0	48.02	10.22	1.75	-1.66	73.97	44.79	41.73	58.69	55.12	blk. tt.3
	1.5	11.44	1.84	-74.69	75.43	16.67	-56.93	78.19	-65.26	92.37	
	3	-78.45	-14.96	-151.13	152.53	-118.11	-206.63	66.66	-250.50	68.34	
89	0	-22.68	-2.55	193.47	-196.01	-31.30	153.71	-196.83	177.72	-231.24	blk. tt.3
	1.75	9.27	0.86	-2.82	2.97	12.50	5.81	11.01	7.32	13.39	
	3.5	-23.19	-3.77	-199.10	201.95	-33.85	-200.06	160.88	-235.78	185.32	
90	0	-50.01	-14.77	113.89	-113.86	-83.65	57.49	-147.49	57.76	-181.37	blk. tt.4
	1.5	7.71	2.10	59.05	-59.04	12.61	60.08	-46.20	71.42	-52.57	
	3	33.77	10.54	4.22	-4.22	57.39	34.19	26.59	46.53	37.67	
91	0	33.77	10.54	4.22	-4.22	57.39	34.19	26.59	46.53	37.67	blk. tt.4
	1.5	7.99	2.40	-50.62	50.60	13.43	-38.37	52.73	-43.25	63.03	
	3	-49.45	-14.17	-105.45	105.43	-82.02	-139.41	50.38	-171.58	49.84	
92	0	-31.07	-6.72	124.13	-124.48	-48.03	83.76	-139.99	93.48	-167.55	blk. tt.4
	1.5	2.51	-0.27	-0.02	0.01	2.58	2.24	2.26	2.44	2.47	
	3	-17.23	-2.26	-124.18	124.50	-24.29	-127.27	96.54	-149.90	111.20	
93	0	-76.76	-14.38	103.67	-103.61	-115.12	24.22	-162.33	19.20	-198.44	blk. tt.4
	1.5	12.39	2.16	51.41	-51.37	18.32	57.42	-35.08	68.35	-39.57	
	3	48.23	10.25	-0.86	0.87	74.28	42.63	44.19	56.20	58.01	
94	0	48.23	10.25	-0.86	0.87	74.28	42.63	44.19	56.20	58.01	blk. tt.4
	1.5	10.56	1.78	-53.13	53.11	15.51	-38.31	57.31	-43.57	67.97	
	3	-80.42	-15.14	-105.39	105.35	-120.73	-167.22	22.44	-204.64	16.64	
95	0	-79.87	-15.06	100.40	-100.41	-119.95	18.47	-162.26	12.06	-198.79	blk. tt.4
	1.5	9.52	1.52	50.09	-50.10	13.86	53.66	-36.52	63.56	-41.65	
	3	45.61	9.67	-0.21	0.21	70.20	40.86	41.23	53.76	54.20	
96	0	45.61	9.67	-0.21	0.21	70.20	40.86	41.23	53.76	54.20	blk. tt.4
	1.5	8.19	1.24	-50.51	50.52	11.82	-38.09	52.84	-43.65	62.43	
	3	-82.54	-15.63	-100.81	100.83	-124.05	-165.02	16.46	-202.36	9.36	
97	0	-81.04	-15.43	100.91	-100.92	-121.93	17.88	-163.76	11.15	-200.77	blk. tt.4
	1.5	8.97	1.35	50.52	-50.53	12.92	53.54	-37.40	63.31	-42.79	
	3	45.66	9.69	0.14	-0.14	70.28	41.21	40.97	54.18	53.89	
98	0	45.66	9.69	0.14	-0.14	70.28	41.21	40.97	54.18	53.89	blk. tt.4
	1.5	8.85	1.44	-50.25	50.25	12.93	-37.26	53.19	-42.56	62.96	
	3	-81.27	-15.24	-100.63	100.64	-121.91	-163.72	17.43	-200.60	10.73	
99	0	-78.00	-14.24	103.88	-103.87	-116.38	23.29	-163.68	18.20	-199.93	blk. tt.4
	1.5	11.71	2.24	52.12	-52.12	17.64	57.45	-36.37	68.44	-41.02	
	3	48.11	10.29	0.37	-0.37	74.19	43.62	42.96	57.37	56.60	
100	0	48.11	10.29	0.37	-0.37	74.19	43.62	42.96	57.37	56.60	blk. tt.4
	1.5	11.00	1.75	-51.39	51.38	16.01	-36.35	56.14	-41.30	66.61	
	3	-79.41	-15.22	-103.15	103.13	-119.64	-164.30	21.34	-201.27	15.32	
101	0	-19.76	-1.85	112.29	-112.05	-26.67	83.28	-118.62	95.99	-139.56	blk. tt.4
	1.75	8.96	0.69	-2.15	2.19	11.85	6.13	10.03	7.59	12.14	
	3.5	-26.74	-4.81	-116.58	116.43	-39.78	-128.99	80.72	-153.51	91.14	

Lanjutan Tabel 4.14.a Momen Rencana Balok Portal As A-D (K=1)

ELM	Jarak (m)	MD (KNm)	ML (KNm)	M.GEMPA (KNm)		1.2MD + 1.6ML (KNm)	0.9(MD ± ME) (KNm)		1.05(MD+0.6ML ± ME) (KNm)		KET
				KIRI	KANAN		KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	
102	0	-28.52	-8.75	59.72	-61.01	-48.22	28.08	-80.57	27.25	-99.51	blk. nok
	3	18.76	5.79	0.59	-0.95	31.77	17.41	16.03	23.96	22.35	
	6	-32.25	-10.06	-58.55	59.11	-54.78	-81.71	24.18	-101.67	21.87	
103	0	-25.69	-7.79	47.82	-48.05	-43.30	19.92	-66.37	18.32	-82.34	blk. nok
	1.5	1.96	1.34	-0.58	0.60	4.51	1.25	2.31	2.30	3.54	
	3	2.61	0.36	-48.97	49.26	3.71	-41.72	46.69	-48.45	54.69	
104	0	-49.92	-10.69	63.26	-63.20	-77.00	12.01	-101.80	7.27	-125.50	blk. nok
	3	25.33	5.06	0.30	-0.29	38.49	23.06	22.54	30.09	29.48	
	6	-47.20	-9.57	-62.67	62.62	-71.95	-98.88	13.68	-121.39	10.16	
105	0	-46.18	-9.40	55.23	-55.23	-70.45	8.14	-91.27	3.58	-112.40	blk. nok
	3	25.19	5.22	-0.12	0.11	<b>38.88</b>	22.56	22.77	29.61	29.86	
	6	-51.22	-10.53	-55.46	55.46	-78.32	-96.02	3.81	-118.66	-2.19	
106	0	-50.78	-11.01	55.55	-55.54	-78.56	4.30	-95.69	-1.92	-118.57	blk. nok
	3	25.12	5.28	0.04	-0.05	38.58	22.64	22.56	29.74	29.65	
	6	-46.77	-8.81	-55.47	55.45	-70.22	-92.01	7.81	-112.90	3.57	
107	0	-45.04	-9.01	60.06	-60.06	-68.46	13.52	-94.58	10.10	-116.03	blk. nok
	3	25.16	4.92	-0.28	0.29	38.06	22.39	22.91	29.22	29.82	
	6	-52.43	-11.53	-60.62	60.64	-81.36	-101.74	7.39	<b>-125.96</b>	1.36	
108	0	-0.32	0.50	42.08	-41.21	0.42	37.59	-37.38	44.17	-43.29	blk. nok
	1.75	6.84	2.11	-1.68	1.30	11.58	4.65	7.33	6.75	9.88	
	3.5	-17.23	-4.32	-45.44	43.81	-27.60	-56.41	23.92	-68.53	25.19	
109	0	-9.56	-2.58	24.17	-23.04	-15.60	13.15	-29.34	13.71	-35.86	blk. atap
	1.5	0.03	0.19	5.23	-5.07	0.34	4.73	-4.53	5.64	-5.17	
	3	-19.00	-8.85	-13.71	12.91	-36.96	-29.44	-5.48	-39.92	-11.97	
110	0	-64.85	-23.37	37.74	-37.32	-115.20	-24.40	-91.94	-43.18	<b>-121.99</b>	blk. atap
	1.5	9.52	3.94	19.45	-19.22	17.74	26.08	-8.72	32.91	-7.69	
	3	55.27	19.44	1.17	-1.12	<b>97.43</b>	50.80	48.74	71.51	69.11	
111	0	55.27	19.44	1.17	-1.12	97.43	50.80	48.74	71.51	69.11	blk. atap
	1.5	10.59	3.58	-17.12	16.98	18.44	-5.88	24.81	-4.60	31.20	
	3	-62.72	-24.09	-35.40	35.08	-113.81	-88.30	-24.87	-118.20	-44.20	
112	0	-43.75	-17.96	26.77	-26.70	-81.23	-15.28	-63.40	-29.14	-85.28	blk. atap
	3	17.42	7.33	-0.37	0.42	32.63	15.35	16.06	22.52	23.35	
	6	-35.89	-14.64	-27.50	27.54	-66.49	-57.06	-7.51	-75.79	-17.99	
113	0	-36.74	-15.26	27.39	-27.65	-68.50	-8.41	-57.95	-19.43	-77.22	blk. atap
	3	18.02	7.28	0.40	-0.34	33.26	16.58	15.91	23.92	23.14	
	6	-41.70	-17.44	-26.59	26.96	-77.95	-61.47	-13.27	-82.70	-26.47	
114	0	-55.55	-25.29	33.69	-34.45	-107.14	-19.68	-81.00	-38.89	-110.44	blk. atap
	1.5	9.54	3.54	15.87	-16.17	17.11	22.87	-5.97	28.91	-4.73	
	3	46.02	20.55	-1.96	2.11	88.11	39.66	43.31	59.22	63.48	
115	0	46.02	20.55	-1.96	2.11	88.11	39.66	43.31	59.22	63.48	blk. atap
	1.5	10.98	5.57	-19.78	20.39	22.08	-7.92	28.23	-5.73	36.44	
	3	-52.69	-21.23	-37.60	38.67	-97.20	-81.26	-12.62	-108.18	-28.10	

Tabel 4.14.b Gaya Geser Rencana Balok Portal As.A-D (K=1)

Elm	Jarak (m)	V <sub>D,B</sub> (KN)	V <sub>L,B</sub> (KN)	V <sub>E,B</sub> (KN)	V <sub>G,B</sub> (KN)	M <sub>KAP,B</sub>	M <sub>KAP,B</sub>	V <sub>UB</sub> = 0,7(M <sub>KAP,B</sub> + M <sub>KAP,B</sub> ) / Ln+1,05 V <sub>G,B</sub> (KN)	V <sub>U,b</sub> terpakai	V <sub>UB</sub> maks (KN)	KET
54	0	48.17	13.78	62.97	61.96	459.96	284.25	111.16	102.33	329.52	blk. It.1
	1.5	27.07	8.16	62.97	35.23	459.96	284.25	83.09	74.26	301.46	
	3	5.96	2.53	62.97	8.50	459.96	284.25	55.02	46.19	273.39	
55	0	7.49	2.89	62.97	10.39	459.96	284.25	57.01	48.18	275.38	blk. It.1
	1.5	28.60	8.52	62.97	37.12	459.96	284.25	85.08	76.25	303.44	
	3	49.70	14.14	62.97	63.85	459.96	284.25	113.14	104.31	331.51	
56	0	34.69	5.97	176.04	40.67	459.96	284.25	88.80	79.97	782.06	blk. It.1
	1.5	0.85	0.35	176.04	1.20	459.96	284.25	47.36	38.53	740.62	
	3	36.39	5.28	176.04	41.67	459.96	284.25	89.85	81.02	783.11	
57	0	75.97	13.58	56.25	89.55	459.96	284.25	140.12	131.29	330.28	blk. It.1
	1.5	40.43	7.95	56.25	48.38	459.96	284.25	96.90	88.07	287.05	
	3	4.88	2.33	56.25	7.21	459.96	284.25	53.67	44.84	243.82	
58	0	8.57	3.10	56.25	11.67	459.96	284.25	58.36	49.53	248.51	blk. It.1
	1.5	44.12	8.73	56.25	52.84	459.96	284.25	101.58	92.75	291.74	
	3	79.66	14.35	56.25	94.01	459.96	284.25	144.81	135.98	334.96	
59	0	77.69	13.92	59.36	91.61	459.96	284.25	142.29	133.46	345.50	blk. It.1
	1.5	42.14	8.30	59.36	50.44	459.96	284.25	99.07	90.24	302.27	
	3	6.60	2.67	59.36	9.28	459.96	284.25	55.84	47.01	259.05	
60	0	6.86	2.75	59.36	9.61	459.96	284.25	56.19	47.36	259.40	blk. It.1
	1.5	42.40	8.38	59.36	50.78	459.96	284.25	99.42	90.59	302.62	
	3	77.94	14.00	59.36	91.94	459.96	284.25	142.64	133.81	345.85	
61	0	77.57	13.92	59.47	91.48	459.96	284.25	142.16	133.33	345.84	blk. It.1
	1.5	42.02	8.29	59.47	50.32	459.96	284.25	98.93	90.10	302.61	
	3	6.48	2.67	59.47	9.15	459.96	284.25	55.71	46.88	259.38	
62	0	6.97	2.76	59.47	9.73	459.96	284.25	56.32	47.49	260.00	blk. It.1
	1.5	42.52	8.39	59.47	50.90	459.96	284.25	99.55	90.72	303.23	
	3	78.06	14.01	59.47	92.07	459.96	284.25	142.77	133.94	346.45	
63	0	78.97	14.18	57.22	93.15	459.96	284.25	143.91	135.08	338.14	blk. It.1
	1.5	43.43	8.56	57.22	51.99	459.96	284.25	100.69	91.86	294.92	
	3	7.89	2.93	57.22	10.82	459.96	284.25	57.46	48.63	251.69	
64	0	5.57	2.50	57.22	8.06	459.96	284.25	54.57	45.74	248.80	blk. It.1
	1.5	41.11	8.12	57.22	49.23	459.96	284.25	97.79	88.96	292.02	
	3	76.65	13.75	57.22	90.40	459.96	284.25	141.02	132.19	335.25	
65	0	41.48	5.29	142.19	46.77	459.96	284.25	95.21	86.38	646.29	blk. It.1
	1.5	4.67	0.69	142.19	5.37	459.96	284.25	51.74	42.91	602.82	
	3	32.13	3.90	142.19	38.03	459.96	284.25	83.94	75.11	635.02	
66	0	48.53	13.89	64.49	62.42	610.58	426.37	129.78	117.48	336.41	blk. It.2
	1.5	27.43	8.27	64.49	35.69	610.58	426.37	101.71	89.41	308.34	
	3	6.32	2.64	64.49	8.96	610.58	426.37	73.65	61.35	280.27	
67	0	7.13	2.79	64.49	9.92	610.58	426.37	74.65	62.35	281.28	blk. It.2
	1.5	28.24	8.41	64.49	36.65	610.58	426.37	102.72	90.42	309.34	
	3	49.34	14.04	64.49	63.38	610.58	426.37	130.78	118.48	337.41	
68	0	36.71	6.23	176.79	42.94	610.58	426.37	109.32	97.02	787.58	blk. It.2
	1.5	1.17	0.60	176.79	1.77	610.58	426.37	66.10	53.80	744.36	
	3	34.38	5.02	176.79	39.40	610.58	426.37	105.60	93.30	783.86	
69	0	76.59	13.72	59.08	90.30	610.58	426.37	159.05	146.75	342.93	blk. It.2
	1.5	41.04	8.09	59.08	49.13	610.58	426.37	115.83	103.53	299.71	
	3	5.50	2.47	59.08	7.97	610.58	426.37	72.60	60.30	256.48	



Lanjutan Tabel 4.14.b Gaya Geser Rencana Balok Portal As.A-D (K=1)

Elm	Jarak (m)	Vd.B (KN)	Vi.B (KN)	VE.B (KN)	Vg.B (KN)	M <sub>KAP.B</sub>	M' <sub>KAP.B</sub>	VUB= 0,7(M <sub>KAP.B</sub> + M' <sub>KAP.B</sub> ) /Ln+1,05.Vg.B (KN)	VU <sub>b</sub> terpakai	VUB maks (KN)	KET
70	0	7.96	2.96	59.08	10.92	610.58	426.37	75.70	63.40	259.58	blk. It. 2
	1.5	43.50	8.59	59.08	52.09	610.58	426.37	118.93	106.63	302.81	
	3	79.04	14.21	59.08	93.25	610.58	426.37	<b>162.15</b>	149.85	346.03	
71	0	77.48	13.88	60.72	91.36	610.58	426.37	160.16	147.86	350.95	blk. It. 2
	1.5	41.94	8.26	60.72	50.19	610.58	426.37	116.94	104.64	307.72	
	3	6.39	2.63	60.72	9.02	610.58	426.37	73.71	61.41	264.50	
72	0	7.06	2.80	60.72	9.86	610.58	426.37	74.59	62.29	265.37	blk. It. 2
	1.5	42.60	8.42	60.72	51.03	610.58	426.37	117.81	105.51	308.60	
	3	78.15	14.05	60.72	92.20	610.58	426.37	161.04	148.74	351.82	
73	0	77.69	13.96	60.83	91.66	610.58	426.37	160.48	148.18	351.73	blk. It. 2
	1.5	42.15	8.34	60.83	50.49	610.58	426.37	117.25	104.95	308.51	
	3	6.61	2.71	60.83	9.32	610.58	426.37	74.02	61.72	265.28	
74	0	6.85	2.71	60.83	9.56	610.58	426.37	74.27	61.97	265.53	blk. It. 2
	1.5	42.39	8.34	60.83	50.73	610.58	426.37	117.50	105.20	308.76	
	3	77.93	13.96	60.83	91.90	610.58	426.37	160.73	148.43	351.99	
75	0	78.34	14.02	59.71	92.35	610.58	426.37	161.21	148.91	347.75	blk. It. 2
	1.5	42.80	8.39	59.71	51.19	610.58	426.37	117.98	105.68	304.52	
	3	7.25	2.77	59.71	10.02	610.58	426.37	74.75	62.45	261.30	
76	0	6.20	2.66	59.71	8.87	610.58	426.37	73.55	61.25	260.09	blk. It. 2
	1.5	41.75	8.29	59.71	50.03	610.58	426.37	116.77	104.47	303.31	
	3	77.29	13.91	59.71	91.20	610.58	426.37	160.00	147.70	346.54	
77	0	38.40	4.65	141.16	43.05	610.58	426.37	109.43	97.13	638.09	blk. It. 2
	1.75	1.59	0.05	141.16	1.65	610.58	426.37	65.96	53.66	594.62	
	3.5	35.22	4.54	141.16	39.76	610.58	426.37	105.98	93.68	634.63	
78	0	48.77	13.95	55.43	62.72	459.96	284.25	111.95	103.12	298.64	blk. It. 3
	1.5	27.67	8.32	55.43	35.99	459.96	284.25	83.89	75.06	270.57	
	3	6.56	2.70	55.43	9.26	459.96	284.25	55.82	46.99	242.50	
79	0	6.90	2.73	55.43	9.63	459.96	284.25	56.21	47.38	242.89	blk. It. 3
	1.5	28.00	8.36	55.43	36.36	459.96	284.25	84.27	75.44	270.96	
	3	49.11	13.98	55.43	63.09	459.96	284.25	112.34	103.51	299.02	
80	0	38.81	6.74	141.10	45.56	459.96	284.25	93.94	85.11	640.46	blk. It. 3
	1.5	3.27	1.12	141.10	4.39	459.96	284.25	50.71	41.88	597.24	
	3	32.27	4.51	141.10	36.78	459.96	284.25	84.72	75.89	631.25	
81	0	76.86	13.77	51.02	90.63	459.96	284.25	141.26	132.43	309.46	blk. It. 3
	1.5	41.32	8.15	51.02	49.46	459.96	284.25	98.04	89.21	266.23	
	3	5.77	2.52	51.02	8.29	459.96	284.25	54.81	45.98	223.01	
82	0	7.68	2.91	51.02	10.59	459.96	284.25	57.22	48.39	225.42	blk. It. 3
	1.5	43.23	8.53	51.02	51.76	459.96	284.25	100.45	91.62	268.64	
	3	78.77	14.16	51.02	92.92	459.96	284.25	<b>143.67</b>	134.84	311.87	
83	0	77.41	13.86	51.43	91.27	459.96	284.25	141.94	133.11	311.86	blk. It. 3
	1.5	41.87	8.24	51.43	50.11	459.96	284.25	98.71	89.88	268.63	
	3	6.33	2.61	51.43	8.94	459.96	284.25	55.49	46.66	225.41	
84	0	7.13	2.82	51.43	9.95	459.96	284.25	56.54	47.71	226.47	blk. It. 3
	1.5	42.67	8.44	51.43	51.11	459.96	284.25	99.77	90.94	269.69	
	3	78.22	14.07	51.43	92.28	459.96	284.25	143.00	134.17	312.92	
85	0	77.72	13.99	51.59	91.71	459.96	284.25	142.40	133.57	312.99	blk. It. 3
	1.5	42.18	8.37	51.59	50.55	459.96	284.25	99.17	90.34	269.76	
	3	6.64	2.74	51.59	9.38	459.96	284.25	55.95	47.12	226.54	

Lanjutan Tabel 4.14.b Gaya Geser Rencana Balok Portal As.A-D (K=1)

Elm	Jarak (m)	VD.B (KN)	VL.B (KN)	VE.B (KN)	VG.B (KN)	M <sub>KAP.B</sub>	M' <sub>KAP.B</sub>	VUB= 0,7(M <sub>KAP.B</sub> + M' <sub>KAP.B</sub> ) /Ln+1,05.VG.B (KN)	VU.b terpakai	VUB maks (KN)	KET
86	0	6.82	2.69	51.59	9.51	459.96	284.25	56.08	47.25	226.67	blk. tt.3
	1.5	42.36	8.31	51.59	50.67	459.96	284.25	99.31	90.48	269.90	
	3	77.91	13.94	51.59	91.84	459.96	284.25	142.53	133.70	313.12	
87	0	77.93	13.90	51.39	91.83	459.96	284.25	142.52	133.69	312.28	blk. tt.3
	1.5	42.38	8.28	51.39	50.66	459.96	284.25	99.30	90.47	269.05	
	3	6.84	2.65	51.39	9.49	459.96	284.25	56.07	47.24	225.82	
88	0	6.62	2.77	51.39	9.39	459.96	284.25	55.96	47.13	225.71	blk. tt.3
	1.5	42.16	8.40	51.39	50.56	459.96	284.25	99.19	90.36	268.94	
	3	77.70	14.02	51.39	91.73	459.96	284.25	142.41	133.58	312.17	
89	0	36.66	4.25	113.70	40.91	459.96	284.25	89.05	80.22	520.51	blk. tt.3
	1.75	0.15	0.35	113.70	0.49	459.96	284.25	46.62	37.79	478.07	
	3.5	36.95	4.94	113.70	41.89	459.96	284.25	90.09	81.26	521.54	
90	0	49.03	14.06	36.55	63.10	310.82	284.25	103.11	96.05	219.75	blk. tt.4
	1.5	27.93	8.44	36.55	36.37	310.82	284.25	75.05	67.99	191.68	
	3	6.82	2.61	36.55	9.64	310.82	284.25	46.98	39.92	163.62	
91	0	6.63	2.61	36.55	9.25	310.82	284.25	46.57	39.51	163.21	blk. tt.4
	1.5	27.74	8.24	36.55	35.98	310.82	284.25	74.64	67.58	191.29	
	3	48.84	13.86	36.55	62.71	310.82	284.25	102.71	95.65	219.35	
92	0	40.15	7.11	82.99	47.27	310.82	284.25	86.49	79.43	398.19	blk. tt.4
	1.5	4.61	1.49	82.99	6.10	310.82	284.25	43.27	36.21	354.97	
	3	30.93	4.14	82.99	35.07	310.82	284.25	73.68	66.62	385.38	
93	0	77.20	13.84	34.83	91.04	310.82	284.25	132.45	125.39	241.87	blk. tt.4
	1.5	41.66	8.21	34.83	49.87	310.82	284.25	89.23	82.17	198.64	
	3	6.12	2.59	34.83	8.71	310.82	284.25	46.00	38.94	155.41	
94	0	7.34	2.84	34.83	10.18	310.82	284.25	47.55	40.49	156.96	blk. tt.4
	1.5	42.88	8.47	34.83	51.35	310.82	284.25	90.78	83.72	200.19	
	3	78.42	14.09	34.83	92.51	310.82	284.25	134.00	126.94	243.41	
95	0	77.37	13.87	33.54	91.24	310.82	284.25	132.66	125.60	236.67	blk. tt.4
	1.5	41.83	8.25	33.54	50.07	310.82	284.25	89.44	82.38	193.44	
	3	6.28	2.62	33.54	8.90	310.82	284.25	46.21	39.15	150.22	
96	0	7.17	2.81	33.54	9.98	310.82	284.25	47.34	40.28	151.35	blk. tt.4
	1.5	42.71	8.43	33.54	51.15	310.82	284.25	90.57	83.51	194.57	
	3	78.26	14.06	33.54	92.32	310.82	284.25	133.79	126.73	237.80	
97	0	77.77	14.00	33.59	91.77	310.82	284.25	133.22	126.16	237.45	blk. tt.4
	1.5	42.23	8.37	33.59	50.60	310.82	284.25	89.99	82.93	194.22	
	3	6.69	2.75	33.59	9.43	310.82	284.25	46.77	39.71	151.00	
98	0	6.77	2.68	33.59	9.45	310.82	284.25	46.79	39.73	151.01	blk. tt.4
	1.5	42.31	8.31	33.59	50.62	310.82	284.25	90.01	82.95	194.24	
	3	77.85	13.93	33.59	91.79	310.82	284.25	133.24	126.18	237.46	
99	0	77.58	13.80	34.50	91.36	310.82	284.25	132.81	125.75	240.84	blk. tt.4
	1.5	42.04	8.18	34.50	50.21	310.82	284.25	89.58	82.52	197.62	
	3	6.49	2.55	34.50	9.04	310.82	284.25	46.36	39.30	154.39	
100	0	6.96	2.88	34.50	9.84	310.82	284.25	47.19	40.13	155.23	blk. tt.4
	1.5	42.51	8.50	34.50	51.01	310.82	284.25	90.42	83.36	198.45	
	3	78.05	14.13	34.50	92.18	310.82	284.25	133.65	126.59	241.68	
101	0	34.81	3.75	65.28	38.56	310.82	284.25	77.35	70.29	314.65	blk. tt.4
	1.75	1.99	0.85	65.28	2.84	310.82	284.25	39.84	32.78	277.15	
	3.5	38.80	5.44	65.28	44.24	310.82	284.25	83.32	76.26	320.62	

Lanjutan Tabel 4.14.b Gaya Geser Rencana Balok Portal As.A-D (K=1)

Elm	Jarak (m)	V <sub>D.B</sub> (KN)	V <sub>L.B</sub> (KN)	V <sub>E.B</sub> (KN)	V <sub>G.B</sub> (KN)	M <sub>KAP.B</sub>	M' <sub>KAP.B</sub>	V <sub>UB</sub> = 0,7(M <sub>KAP.B</sub> + M' <sub>KAP.B</sub> ) /Ln+1,05.V <sub>G.B</sub> (KN)	V <sub>U.B</sub> terpakai	V <sub>UB</sub> maks (KN)	KET
102	0	32.14	9.91	20.02	42.05	310.82	284.25	81.01	73.95	128.23	blk. nok
	3	0.62	0.22	20.02	0.84	310.82	284.25	37.74	30.68	84.96	
	6	33.38	10.34	20.02	43.73	310.82	284.25	82.77	75.71	129.99	
103	0	27.43	9.47	32.44	36.90	310.82	284.25	75.61	68.55	174.99	blk. nok
	1.5	9.43	2.72	32.44	12.15	310.82	284.25	49.62	42.56	149.00	
	3	8.57	4.03	32.44	12.60	310.82	284.25	50.09	43.03	149.47	
104	0	49.71	10.31	20.97	60.02	310.82	284.25	99.89	92.83	151.10	blk. Nok
	3	0.45	0.19	20.97	0.64	310.82	284.25	37.53	30.47	88.74	
	6	48.81	9.94	20.97	58.75	310.82	284.25	98.55	91.49	149.76	
105	0	48.42	9.94	18.45	58.36	310.82	284.25	98.14	91.08	138.75	blk. Nok
	3	0.84	0.19	18.45	1.03	310.82	284.25	37.94	30.88	78.56	
	6	50.10	10.32	18.45	60.42	310.82	284.25	100.30	93.24	140.92	
106	0	49.93	10.49	18.50	60.42	310.82	284.25	100.30	93.24	141.14	blk. Nok
	3	0.67	0.37	18.50	1.04	310.82	284.25	37.95	30.89	78.78	
	6	48.59	9.76	18.50	58.35	310.82	284.25	98.13	91.07	138.96	
107	0	48.03	9.71	20.12	57.73	310.82	284.25	97.48	90.42	145.11	blk. Nok
	3	1.23	0.42	20.12	1.65	310.82	284.25	38.60	31.54	86.22	
	6	50.49	10.54	20.12	61.04	310.82	284.25	100.95	93.69	148.58	
108	0	13.02	3.22	24.29	16.23	310.82	284.25	53.91	46.85	119.08	blk. Nok
	1.75	4.83	1.38	24.29	6.21	310.82	284.25	43.39	36.32	108.55	
	3.5	22.68	5.97	24.29	28.66	310.82	284.25	66.95	59.89	132.12	
109	0	15.94	5.78	11.98	21.72	310.82	284.25	59.67	52.61	73.13	blk. atap
	1.5	3.15	2.09	11.98	5.24	310.82	284.25	42.36	35.30	55.82	
	3	22.23	9.97	11.98	32.19	310.82	284.25	70.66	63.60	84.12	
110	0	59.12	22.15	12.07	81.26	310.82	284.25	122.19	115.13	136.00	blk. Atap
	1.5	40.04	14.27	12.07	54.31	310.82	284.25	93.89	86.83	107.70	
	3	20.96	6.40	12.07	27.35	310.82	284.25	65.58	58.52	79.40	
111	0	20.25	6.64	12.07	26.89	310.82	284.25	65.09	58.03	78.91	blk. Atap
	1.5	39.33	14.51	12.07	53.84	310.82	284.25	93.40	86.34	107.21	
	3	58.41	22.39	12.07	80.80	310.82	284.25	121.70	114.64	135.51	
112	0	39.47	16.30	9.04	55.77	310.82	284.25	95.42	88.36	96.53	blk. Atap
	3	1.31	0.55	9.04	1.86	310.82	284.25	38.82	31.76	39.92	
	6	36.85	15.20	9.04	52.05	310.82	284.25	91.51	84.45	92.62	
113	0	37.33	15.39	9.10	52.72	310.82	284.25	92.22	85.16	93.58	blk. atap
	3	0.83	0.36	9.10	1.19	310.82	284.25	38.11	31.05	39.47	
	6	38.99	16.11	9.10	55.10	310.82	284.25	94.72	87.66	96.08	
114	0	52.94	23.16	12.19	76.10	310.82	284.25	116.76	109.70	131.08	blk. Atap
	1.5	33.86	15.28	12.19	49.14	310.82	284.25	88.46	81.40	102.78	
	3	14.78	7.41	12.19	22.19	310.82	284.25	60.16	53.10	74.48	
115	0	13.82	6.05	12.19	19.88	310.82	284.25	57.73	50.67	72.05	blk. atap
	1.5	32.90	13.93	12.19	46.83	310.82	284.25	86.03	78.97	100.35	
	3	51.98	21.80	12.19	73.79	310.82	284.25	114.34	107.28	128.66	

Tabel 4.14.c Momen Rencana Kolom Portal As.A-D (K=1)

Elm	Jarak (m)	MD,k (KNm)	ML,k (KNm)	MEk (KNm)	Mek (KNm)	MKAP, b		M <sub>1,k</sub> = $\frac{h}{l} \cdot \frac{M_{1,k}}{h} \cdot \frac{M_{1,k}}{h} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}$	MU k = 1.05 (MD,k+ML,k : 4/K ME,k) (KNm)	KET
						kiri (KNm)	kanan (KNm)			
1	0	9.54	2.77	-242.34	238.62	0	459.96	280.54	1015.12	Kol Basmen
	1.925	-5.23	-1.53	-75.28	74.29	0	459.96	280.54	304.90	
	3.85	-20.01	-5.63	91.77	-90.04	0	459.96	280.54	-405.31	
2	0	-5.40	-1.92	-290.32	287.37	459.96	459.96	561.08	1199.26	Kol Basmen
	1.925	2.62	0.94	-49.28	48.87	459.96	459.96	561.08	208.98	
	3.85	10.63	3.79	191.76	-189.63	459.96	459.96	561.08	-781.31	
3	0	9.09	1.81	-287.91	285.74	459.96	459.96	561.08	1211.57	Kol Basmen
	1.925	-5.13	-1.05	-50.31	49.97	459.96	459.96	561.08	203.39	
	3.85	-19.35	-3.91	187.30	-185.80	459.96	459.96	561.08	-804.79	
4	0	-0.99	-0.25	-271.04	270.35	459.96	459.96	561.08	1134.16	Kol Basmen
	1.925	0.07	0.01	-58.73	58.59	459.96	459.96	561.08	246.17	
	3.85	1.13	0.27	153.58	-153.16	459.96	459.96	561.08	-641.83	
5	0	-0.81	-0.20	-271.40	272.08	459.96	459.96	561.08	1141.68	Kol Basmen
	1.925	-0.19	-0.05	-58.13	58.25	459.96	459.96	561.08	244.38	
	3.85	0.43	0.11	155.14	-155.59	459.96	459.96	561.08	-652.92	
6	0	-0.75	-0.20	-270.34	272.39	459.96	459.96	561.08	1143.06	Kol Basmen
	1.925	-0.39	-0.08	-58.45	58.82	459.96	459.96	561.08	246.53	
	3.85	-0.03	0.03	153.44	-154.76	459.96	459.96	561.08	-650.00	
7	0	-9.73	-2.16	-282.50	286.09	459.96	459.96	561.08	1189.11	Kol Basmen
	1.925	4.24	0.93	-51.88	52.42	459.96	459.96	561.08	225.60	
	3.85	18.20	4.01	178.74	-181.25	459.96	459.96	561.08	-737.92	
8	0	-3.66	-0.55	-178.58	181.39	459.96	0	280.54	757.40	Kol Basmen
	1.925	1.32	0.15	-34.94	35.40	459.96	0	280.54	150.23	
	3.85	6.29	0.65	108.71	-110.58	459.96	0	280.54	-456.95	
9	0	25.95	7.68	-112.68	111.96	0	610.58	372.41	505.53	KOL LT.1
	1.925	0.84	0.27	1.14	-0.98	0	610.58	372.41	-2.95	
	3.85	-24.27	-7.14	114.96	-113.92	0	610.58	372.41	-511.43	
10	0	-15.45	-5.42	-250.92	249.11	610.58	610.58	744.81	1024.33	KOL LT.1
	1.925	-1.04	-0.27	-3.45	3.46	610.58	610.58	744.81	13.15	
	3.85	13.38	4.89	244.01	-242.19	610.58	610.58	744.81	-998.03	
11	0	26.59	5.37	-244.98	243.71	610.58	610.58	744.81	1057.12	KOL LT.1
	1.925	0.31	0.09	-2.95	2.96	610.58	610.58	744.81	12.84	
	3.85	-25.98	-5.19	239.09	-237.79	610.58	610.58	744.81	-1031.45	
12	0	-1.98	-0.44	-198.67	198.29	610.58	610.58	744.81	830.26	KOL LT.1
	1.925	-0.26	-0.05	-1.12	1.13	610.58	610.58	744.81	4.40	
	3.85	1.46	0.34	196.43	-196.04	610.58	610.58	744.81	-821.46	
13	0	-0.72	-0.16	-200.18	200.42	610.58	610.58	744.81	840.86	KOL LT.1
	1.925	-0.02	0.00	-1.54	1.52	610.58	610.58	744.81	6.37	
	3.85	0.67	0.16	197.10	-197.38	610.58	610.58	744.81	-828.12	
14	0	0.24	0.00	-198.05	198.90	610.58	610.58	744.81	835.64	KOL LT.1
	1.925	0.19	0.05	-1.18	1.14	610.58	610.58	744.81	5.03	
	3.85	0.15	0.10	195.68	-196.63	610.58	610.58	744.81	-825.58	
15	0	-25.53	-5.64	-231.79	233.62	610.58	610.58	744.81	948.46	KOL LT.1
	1.925	-0.10	-0.01	-2.89	2.85	610.58	610.58	744.81	11.84	
	3.85	25.32	5.62	226.00	-227.92	610.58	610.58	744.81	-924.78	
16	0	-8.93	-1.23	-139.29	140.58	610.58	0	372.41	579.77	KOL LT.1
	1.925	0.26	0.08	-2.12	2.07	610.58	0	372.41	9.06	
	3.85	8.44	1.39	135.06	-136.44	610.58	0	372.41	-561.65	

Lanjutan Tabel 4.14.c Momen Rencana Kolom Portal As.A-D (K=1)

Elm	Jarak (m)	MO,k (KNm)	ML,k (KNm)	ME <sub>K</sub> (KNm)	ME <sub>Ka</sub> (KNm)	MKAP,b kiri (KNm)	MKAP,b kanan (KNm)	$M_{11,k} = \frac{h}{8} \left[ \frac{1}{2} (M_{12} + M_{21}) + \frac{1}{4} (M_{13} + M_{31}) + \frac{1}{4} (M_{14} + M_{41}) \right]$	MU <sub>k</sub> = 1.05 (MD,k+ML,k ± 4/K ME <sub>K</sub> ) (KNm)	KET
17	0	23.75	6.97	-91.45	90.36	0	459.96	280.54	411.77	KOL LT 2
	1.925	-0.21	-0.06	10.58	-10.68	0	459.96	280.54	-45.12	
	3.85	-24.16	-7.10	112.61	-111.71	0	459.96	280.54	-502.02	
18	0	-10.96	-4.26	-206.82	205.03	459.96	459.96	561.08	845.15	KOL LT 2
	1.925	-0.02	0.01	7.44	-7.42	459.96	459.96	561.08	-31.18	
	3.85	10.91	4.28	221.70	-219.87	459.96	459.96	561.08	-907.51	
19	0	26.53	5.31	-203.02	201.74	459.96	459.96	561.08	680.74	KOL LT 2
	1.925	-0.38	-0.07	7.42	-7.42	459.96	459.96	561.08	-31.62	
	3.85	-27.29	-5.46	217.86	-216.57	459.96	459.96	561.08	-943.99	
20	0	-0.84	-0.17	-167.22	166.82	459.96	459.96	561.08	699.59	KOL LT 2
	1.925	0.00	0.01	9.25	-9.24	459.96	459.96	561.08	-38.81	
	3.85	0.84	0.19	185.72	-185.31	459.96	459.96	561.08	-777.21	
21	0	-0.71	-0.11	-166.91	167.21	459.96	459.96	561.08	701.40	KOL LT 2
	1.925	-0.02	0.00	9.08	-9.07	459.96	459.96	561.08	-38.13	
	3.85	0.68	0.11	185.08	-185.35	459.96	459.96	561.08	-777.66	
22	0	-0.85	-0.23	-166.53	167.50	459.96	459.96	561.08	702.36	KOL LT 2
	1.925	-0.01	0.02	9.16	-9.14	459.96	459.96	561.08	-38.38	
	3.85	0.84	0.26	184.84	-185.78	459.96	459.96	561.08	-779.12	
23	0	-26.32	-5.80	-191.25	193.17	459.96	459.96	561.08	777.57	KOL LT 2
	1.925	0.31	0.08	7.69	-7.68	459.96	459.96	561.08	-31.83	
	3.85	26.93	5.95	206.63	-208.52	459.96	459.96	561.08	-841.24	
24	0	-10.73	-1.69	-111.89	113.27	459.96	0	280.54	462.69	KOL LT 2
	1.925	0.21	0.06	4.74	-4.72	459.96	0	280.54	-19.52	
	3.85	11.14	1.81	121.37	-122.70	459.96	0	280.54	-501.74	
25	0	24.47	7.14	-65.10	63.69	0	310.82	189.58	300.70	KOL LT 3
	1.925	0.60	0.23	24.32	-23.39	0	310.82	189.58	-97.36	
	3.85	-23.27	-6.69	113.74	-110.47	0	310.82	189.58	-495.41	
26	0	-9.09	-3.81	-150.01	148.30	310.82	310.82	379.15	609.33	KOL LT 3
	1.925	-0.56	-0.13	14.24	-13.85	310.82	310.82	379.15	-58.90	
	3.85	7.97	3.56	178.49	-176.01	310.82	310.82	379.15	-727.13	
27	0	28.62	5.66	-147.36	146.22	310.82	310.82	379.15	650.33	KOL LT 3
	1.925	0.00	-0.04	14.75	-14.45	310.82	310.82	379.15	-60.73	
	3.85	-28.62	-5.94	176.86	-175.13	310.82	310.82	379.15	-771.80	
28	0	-0.64	-0.17	-124.84	124.51	310.82	310.82	379.15	522.09	KOL LT 3
	1.925	0.03	0.04	17.85	-17.73	310.82	310.82	379.15	-74.37	
	3.85	0.69	0.25	160.55	-159.96	310.82	310.82	379.15	-670.83	
29	0	-0.84	-0.14	-123.42	123.78	310.82	310.82	379.15	518.84	KOL LT 3
	1.925	0.01	0.01	17.44	-17.54	310.82	310.82	379.15	-73.64	
	3.85	0.86	0.16	158.30	-158.85	310.82	310.82	379.15	-666.12	
30	0	-1.48	-0.34	-123.85	124.90	310.82	310.82	379.15	522.67	KOL LT 3
	1.925	0.02	-0.04	17.59	-17.93	310.82	310.82	379.15	-75.31	
	3.85	1.51	0.25	159.03	-160.75	310.82	310.82	379.15	-673.29	
31	0	-28.84	-6.48	-137.97	140.02	310.82	310.82	379.15	551.00	KOL LT 3
	1.925	0.18	0.10	14.91	-15.43	310.82	310.82	379.15	-64.50	
	3.85	29.20	6.68	167.79	-170.88	310.82	310.82	379.15	-680.02	
32	0	-12.05	-1.96	-77.73	79.25	310.82	0	189.58	318.13	KOL LT 3
	1.925	-0.11	-0.06	10.07	-10.48	310.82	0	189.58	-44.21	
	3.85	11.83	1.83	97.87	-100.21	310.82	0	189.58	-406.55	



Tabel Gaya 4.14.d Geser Rencana Kolom Portal As.A-D (K=1)

Elm	Jarak (m)	VD,k (KN)	VL,k (KN)	VE,k (KN)	MU, k bawah (KN)	MU, k atas (KN)	VU, k = (MU, k a + MU, k b) // h <sub>k</sub> (KN)	VU, k = 1,05(VD, k + VL, k ± 4/1. VE, k) (KN)	KET
1	0	7.68	2.24	86.78	459.96	459.96	301.61	374.89	Kol Basmen
	1.925	7.68	2.24	86.78	459.96	459.96	301.61	374.89	
	3.85	7.68	2.24	86.78	459.96	459.96	301.61	374.89	
2	0	4.17	1.49	125.21	459.96	459.96	301.61	531.83	Kol Basmen
	1.925	4.17	1.49	125.21	459.96	459.96	301.61	531.83	
	3.85	4.17	1.49	125.21	459.96	459.96	301.61	531.83	
3	0	7.39	1.49	123.43	459.96	459.96	301.61	527.72	Kol Basmen
	1.925	7.39	1.49	123.43	459.96	459.96	301.61	527.72	
	3.85	7.39	1.49	123.43	459.96	459.96	301.61	527.72	
4	0	0.55	0.13	110.29	459.96	459.96	301.61	463.93	Kol Basmen
	1.925	0.55	0.13	110.29	459.96	459.96	301.61	463.93	
	3.85	0.55	0.13	110.29	459.96	459.96	301.61	463.93	
5	0	0.32	0.08	110.79	459.96	459.96	301.61	465.74	Kol Basmen
	1.925	0.32	0.08	110.79	459.96	459.96	301.61	465.74	
	3.85	0.32	0.08	110.79	459.96	459.96	301.61	465.74	
6	0	0.19	0.06	110.07	459.96	459.96	301.61	462.56	Kol Basmen
	1.925	0.19	0.06	110.07	459.96	459.96	301.61	462.56	
	3.85	0.19	0.06	110.07	459.96	459.96	301.61	462.56	
7	0	7.26	1.60	119.80	459.96	459.96	301.61	512.47	Kol Basmen
	1.925	7.26	1.60	119.80	459.96	459.96	301.61	512.47	
	3.85	7.26	1.60	119.80	459.96	459.96	301.61	512.47	
8	0	2.58	0.37	74.62	459.96	459.96	301.61	316.50	Kol Basmen
	1.925	2.58	0.37	74.62	459.96	459.96	301.61	316.50	
	3.85	2.58	0.37	74.62	459.96	459.96	301.61	316.50	
9	0	13.04	3.85	59.13	459.96	610.58	351.00	266.07	KOL LT.1
	1.925	13.04	3.85	59.13	459.96	610.58	351.00	266.07	
	3.85	13.04	3.85	59.13	459.96	610.58	351.00	266.07	
10	0	7.49	2.68	128.55	459.96	610.58	351.00	550.60	KOL LT.1
	1.925	7.49	2.68	128.55	459.96	610.58	351.00	550.60	
	3.85	7.49	2.68	128.55	459.96	610.58	351.00	550.60	
11	0	13.66	2.74	125.73	459.96	610.58	351.00	545.28	KOL LT.1
	1.925	13.66	2.74	125.73	459.96	610.58	351.00	545.28	
	3.85	13.66	2.74	125.73	459.96	610.58	351.00	545.28	
12	0	0.89	0.20	102.62	459.96	610.58	351.00	432.16	KOL LT.1
	1.925	0.89	0.20	102.62	459.96	610.58	351.00	432.16	
	3.85	0.89	0.20	102.62	459.96	610.58	351.00	432.16	
13	0	0.36	0.08	103.19	459.96	610.58	351.00	433.65	KOL LT.1
	1.925	0.36	0.08	103.19	459.96	610.58	351.00	433.65	
	3.85	0.36	0.08	103.19	459.96	610.58	351.00	433.65	
14	0	0.02	0.03	102.27	459.96	610.58	351.00	429.58	KOL LT.1
	1.925	0.02	0.03	102.27	459.96	610.58	351.00	429.58	
	3.85	0.02	0.03	102.27	459.96	610.58	351.00	429.58	
15	0	13.21	2.93	118.91	459.96	610.58	351.00	516.35	KOL LT.1
	1.925	13.21	2.93	118.91	459.96	610.58	351.00	516.35	
	3.85	13.21	2.93	118.91	459.96	610.58	351.00	516.35	
16	0	4.77	0.68	71.26	459.96	610.58	351.00	305.01	KOL LT.1
	1.925	4.77	0.68	71.26	459.96	610.58	351.00	305.01	
	3.85	4.77	0.68	71.26	459.96	610.58	351.00	305.01	

Lanjutan Tabel 4.14.d Gaya Geser Rencana Kolom Portal As.A-D (K=1)

Elm	Jarak (m)	VD,k (KN)	VL,k (KN)	VE,k (KN)	MU,k bawah (KN)	MU,k atas (KN)	VU,k = (MU,k a + MU,k b) / h <sub>k</sub> (KN)	VU,k = 1.05(VD,k + VL,k + 4/1. VE,k) (KN)	KET
17	0	12.44	3.66	53.00	459.96	610.58	351.00	239.51	Kol Basmen
	1.925	12.44	3.66	53.00	459.96	610.58	351.00	239.51	
	3.85	12.44	3.66	53.00	459.96	610.58	351.00	239.51	
18	0	5.68	2.22	111.30	459.96	610.58	351.00	475.77	Kol Basmen
	1.925	5.68	2.22	111.30	459.96	610.58	351.00	475.77	
	3.85	5.68	2.22	111.30	459.96	610.58	351.00	475.77	
19	0	13.98	2.80	109.32	459.96	610.58	351.00	476.76	Kol Basmen
	1.925	13.98	2.80	109.32	459.96	610.58	351.00	476.76	
	3.85	13.98	2.80	109.32	459.96	610.58	351.00	476.76	
20	0	0.44	0.09	91.67	459.96	610.58	351.00	385.58	Kol Basmen
	1.925	0.44	0.09	91.67	459.96	610.58	351.00	385.58	
	3.85	0.44	0.09	91.67	459.96	610.58	351.00	385.58	
21	0	0.36	0.06	91.43	459.96	610.58	351.00	384.42	Kol Basmen
	1.925	0.36	0.06	91.43	459.96	610.58	351.00	384.42	
	3.85	0.36	0.06	91.43	459.96	610.58	351.00	384.42	
22	0	0.44	0.13	91.26	459.96	610.58	351.00	383.90	Kol Basmen
	1.925	0.44	0.13	91.26	459.96	610.58	351.00	383.90	
	3.85	0.44	0.13	91.26	459.96	610.58	351.00	383.90	
23	0	13.83	3.05	103.35	459.96	610.58	351.00	451.78	Kol Basmen
	1.925	13.83	3.05	103.35	459.96	610.58	351.00	451.78	
	3.85	13.83	3.05	103.35	459.96	610.58	351.00	451.78	
24	0	5.68	0.91	60.59	459.96	610.58	351.00	261.38	Kol Basmen
	1.925	5.68	0.91	60.59	459.96	610.58	351.00	261.38	
	3.85	5.68	0.91	60.59	459.96	610.58	351.00	261.38	
25	0	12.40	3.59	46.45	610.58	459.96	351.00	211.89	KOL LT.1
	1.925	12.40	3.59	46.45	610.58	459.96	351.00	211.89	
	3.85	12.40	3.59	46.45	610.58	459.96	351.00	211.89	
26	0	4.43	1.91	85.33	610.58	459.96	351.00	365.03	KOL LT.1
	1.925	4.43	1.91	85.33	610.58	459.96	351.00	365.03	
	3.85	4.43	1.91	85.33	610.58	459.96	351.00	365.03	
27	0	14.87	3.07	84.21	610.58	459.96	351.00	372.51	KOL LT.1
	1.925	14.87	3.07	84.21	610.58	459.96	351.00	372.51	
	3.85	14.87	3.07	84.21	610.58	459.96	351.00	372.51	
28	0	0.34	0.11	74.13	610.58	459.96	351.00	311.81	KOL LT.1
	1.925	0.34	0.11	74.13	610.58	459.96	351.00	311.81	
	3.85	0.34	0.11	74.13	610.58	459.96	351.00	311.81	
29	0	0.44	0.08	73.18	610.58	459.96	351.00	307.88	KOL LT.1
	1.925	0.44	0.08	73.18	610.58	459.96	351.00	307.88	
	3.85	0.44	0.08	73.18	610.58	459.96	351.00	307.88	
30	0	0.78	0.15	73.47	610.58	459.96	351.00	309.57	KOL LT.1
	1.925	0.78	0.15	73.47	610.58	459.96	351.00	309.57	
	3.85	0.78	0.15	73.47	610.58	459.96	351.00	309.57	
31	0	15.07	3.42	79.42	610.58	459.96	351.00	352.97	KOL LT.1
	1.925	15.07	3.42	79.42	610.58	459.96	351.00	352.97	
	3.85	15.07	3.42	79.42	610.58	459.96	351.00	352.97	
32	0	6.20	0.99	45.61	610.58	459.96	351.00	199.12	KOL LT.1
	1.925	6.20	0.99	45.61	610.58	459.96	351.00	199.12	
	3.85	6.20	0.99	45.61	610.58	459.96	351.00	199.12	



Lanjutan Tabel 4.14.d Gaya Geser Rencana Kolom Portal As.A-D (K=1)

Elm	Jarak (m)	VD,k (KN)	VL,k (KN)	VE,k (KN)	MU, k bawah (KN)	MU, k atas (KN)	VU, k = (MU, k a + MU, k b) / h <sub>k</sub> (KN)	VU, k = 1,05(VD, k + VL, k ± 4/1. VE, k) (KN)	KET
33	0	21.25	6.48	23.03	459.96	310.82	252.71	125.83	Kol Basmen
	1.34	21.25	6.48	23.03	459.96	310.82	252.71	125.83	
	2.68	21.25	6.48	23.03	459.96	310.82	252.71	125.83	
34	0	6.90	2.47	54.18	459.96	310.82	252.71	237.40	Kol Basmen
	1.34	6.90	2.47	54.18	459.96	310.82	252.71	237.40	
	2.68	6.90	2.47	54.18	459.96	310.82	252.71	237.40	
35	0	20.64	3.81	53.50	459.96	310.82	252.71	250.36	Kol Basmen
	1.34	20.64	3.81	53.50	459.96	310.82	252.71	250.36	
	2.68	20.64	3.81	53.50	459.96	310.82	252.71	250.36	
36	0	1.16	0.43	51.62	459.96	310.82	252.71	218.48	Kol Basmen
	1.34	1.16	0.43	51.62	459.96	310.82	252.71	218.48	
	2.68	1.16	0.43	51.62	459.96	310.82	252.71	218.48	
37	0	0.75	0.15	50.42	459.96	310.82	252.71	212.72	Kol Basmen
	1.34	0.75	0.15	50.42	459.96	310.82	252.71	212.72	
	2.68	0.75	0.15	50.42	459.96	310.82	252.71	212.72	
38	0	2.63	1.18	51.81	459.96	310.82	252.71	221.59	Kol Basmen
	1.34	2.63	1.18	51.81	459.96	310.82	252.71	221.59	
	2.68	2.63	1.18	51.81	459.96	310.82	252.71	221.59	
39	0	20.41	4.12	52.05	459.96	310.82	252.71	244.37	Kol Basmen
	1.34	20.41	4.12	52.05	459.96	310.82	252.71	244.37	
	2.68	20.41	4.12	52.05	459.96	310.82	252.71	244.37	
40	0	12.37	2.81	24.67	459.96	310.82	252.71	119.56	Kol Basmen
	1.34	12.37	2.81	24.67	459.96	310.82	252.71	119.56	
	2.68	12.37	2.81	24.67	459.96	310.82	252.71	119.56	
41	0	4.79	1.29	18.52	310.82	310.82	203.82	84.17	KOL LT 1
	1.1	4.79	1.29	18.52	310.82	310.82	203.82	84.17	
	2.2	4.79	1.29	18.52	310.82	310.82	203.82	84.17	
42	0	34.37	9.92	34.35	310.82	310.82	203.82	190.80	KOL LT 1
	1.1	34.37	9.92	34.35	310.82	310.82	203.82	190.80	
	2.2	34.37	9.92	34.35	310.82	310.82	203.82	190.80	
43	0	10.39	3.30	41.40	310.82	310.82	203.82	188.25	KOL LT 1
	1.1	10.39	3.30	41.40	310.82	310.82	203.82	188.25	
	2.2	10.39	3.30	41.40	310.82	310.82	203.82	188.25	
44	0	0.77	0.65	35.56	310.82	310.82	203.82	150.83	KOL LT 1
	1.1	0.77	0.65	35.56	310.82	310.82	203.82	150.83	
	2.2	0.77	0.65	35.56	310.82	310.82	203.82	150.83	
45	0	7.82	4.72	39.36	310.82	310.82	203.82	178.49	KOL LT 1
	1.1	7.82	4.72	39.36	310.82	310.82	203.82	178.49	
	2.2	7.82	4.72	39.36	310.82	310.82	203.82	178.49	
46	0	37.35	13.29	23.92	310.82	310.82	203.82	153.65	KOL LT 1
	1.1	37.35	13.29	23.92	310.82	310.82	203.82	153.65	
	2.2	37.35	13.29	23.92	310.82	310.82	203.82	153.65	

Tabel 4.15.a Momen Rencana Balok Portal As A - D (K=2)

ELM	Jarak (m)	MD (KNm)	ML (KNm)	M.GEMPA (KNm)		1.2MD + 1.6ML (KNm)	0.9(MD ± ME) (KNm)		1.05(MD+0.6ML ± ME) (KNm)		KET
				KIRI	KANAN		KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	
54	0	-45.96	-13.51	408.90	-404.00	-76.77	326.65	-404.96	372.58	-480.97	blk. tt.1
	1.5	10.47	2.95	217.85	-215.09	17.27	205.48	-184.16	241.58	-213.00	
	3	35.24	10.97	26.79	-26.18	59.83	55.82	8.15	72.03	16.42	
55	0	35.24	10.97	26.79	-26.18	59.83	55.82	8.15	72.03	16.42	blk. tt.1
	1.5	8.17	2.41	-164.27	162.73	13.65	-140.49	153.81	-162.39	180.96	
	3	-50.56	-14.59	-355.33	351.63	-84.01	-365.30	270.97	-435.38	306.94	
56	0	-24.47	-5.38	530.02	-525.84	-37.98	454.99	-495.28	<b>527.43</b>	-581.22	blk. tt.1
	1.5	0.91	-0.64	-2.11	2.27	0.06	-1.08	2.86	-1.67	2.94	
	3	-27.02	-4.34	-534.24	530.39	-39.36	-505.14	453.03	<b>-592.06</b>	525.80	
57	0	-72.96	-13.62	330.30	-328.63	-109.34	231.61	-361.43	261.63	-430.25	blk. tt.1
	1.5	14.33	2.53	160.81	-159.87	21.25	157.63	-130.99	185.50	-151.22	
	3	48.31	10.24	-8.68	8.88	74.36	35.67	51.47	48.07	66.50	
58	0	48.31	10.24	-8.68	8.88	74.36	35.67	51.47	48.07	66.50	blk. tt.1
	1.5	8.79	1.37	-178.17	177.63	12.75	-152.44	167.79	-176.98	196.62	
	2.5	-84.04	-15.93	-347.66	346.39	-126.33	-388.52	236.12	-463.31	265.43	
59	0	-80.93	-15.23	356.84	-356.51	-121.48	248.32	-393.70	280.11	-468.91	blk. tt.1
	1.5	8.94	1.44	178.73	-178.44	13.03	168.90	-152.54	197.96	-177.06	
	3	45.50	9.67	0.62	-0.36	70.07	41.51	40.63	54.51	53.49	
60	0	45.50	9.67	0.62	-0.36	70.07	41.51	40.63	54.51	53.49	blk. tt.1
	1.5	8.56	1.32	-177.50	177.72	12.38	-152.04	167.65	-176.55	196.43	
	3	-81.69	-15.47	-355.61	355.80	-122.78	-393.57	246.70	-468.91	278.07	
61	0	-80.54	-15.20	355.03	-356.24	-120.97	247.04	-393.10	278.64	-468.19	blk. tt.1
	1.5	9.15	1.46	177.35	-177.82	13.31	167.85	-151.80	196.75	-176.19	
	3	45.53	9.68	-0.33	0.59	70.12	40.68	41.51	53.56	54.52	
62	0	45.53	9.68	-0.33	0.59	70.12	40.68	41.51	53.56	54.52	blk. tt.1
	1.5	8.41	1.32	-178.01	179.00	12.21	-152.63	168.67	-177.24	197.62	
	3	-82.02	-15.48	-355.68	357.41	-123.18	-393.93	247.85	-469.34	279.41	
63	0	-82.28	-15.45	347.30	-349.92	-123.46	238.52	-388.98	268.53	-463.54	blk. tt.1
	1.25	9.52	1.60	177.03	-178.25	13.99	167.90	-151.85	196.89	-176.15	
	2.5	48.01	10.22	6.77	-6.58	73.96	49.30	37.29	63.95	49.94	
64	0	48.01	10.22	6.77	-6.58	73.96	49.30	37.29	63.95	49.94	blk. tt.1
	1.5	13.01	2.25	-163.50	165.08	19.21	-135.44	160.28	-156.60	188.41	
	3	-75.31	-14.15	-333.77	336.75	-113.02	-368.17	235.29	-438.45	265.59	
65	0	-31.58	-4.51	487.28	-492.98	-45.10	410.13	-472.10	475.65	-553.62	blk. tt.1
	1.5	8.81	0.73	-4.36	4.67	11.73	4.01	12.13	5.13	14.61	
	3	-15.22	-2.08	-495.99	502.32	-21.59	-460.09	438.39	-538.08	510.15	
66	0	-48.02	-14.11	412.81	-408.56	-80.19	328.32	-410.92	374.15	-488.29	blk. tt.2
	1.75	8.96	2.51	217.43	-215.09	14.76	203.75	-185.52	239.29	-214.86	
	3.5	34.27	10.69	22.06	-21.61	58.22	50.69	11.39	65.87	20.02	
67	0	34.27	10.69	22.06	-21.61	58.22	50.69	11.39	65.87	20.02	blk. tt.2
	1.5	7.74	2.29	-173.32	171.86	12.95	-149.02	161.64	-172.42	190.03	
	3	-50.44	-14.55	-368.70	365.33	-83.81	-377.23	283.40	-449.27	321.47	
68	0	-26.11	-5.40	532.97	-529.11	-39.98	456.17	-499.70	<b>528.80</b>	-586.39	blk. tt.2
	1.25	2.30	-0.28	-1.07	1.24	2.31	1.11	3.19	1.11	3.54	
	2.5	-22.61	-3.59	-535.11	531.60	-32.88	-501.94	458.09	<b>-587.86</b>	532.17	
69	0	-75.11	-14.10	349.10	-347.46	-112.69	246.59	-380.32	278.81	-452.58	blk. tt.2
	1.5	13.11	2.26	171.15	-170.23	19.34	165.83	-141.41	194.89	-163.56	
	3	46.02	10.17	-6.60	6.99	73.90	37.10	49.51	49.69	64.17	

Lanjutan Tabel 4.15.a Momen Rencana Balok Portal As A-D (K=2)

ELM	Jarak (m)	MD (KNm)	ML (KNm)	M.GEMPA (KNm)		1.2MD + 1.6ML (KNm)	0.9(MD ± ME) (KNm)		1.05(MD+0.6ML ± ME) (KNm)		KET
				KIRI	KANAN		KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	
70	0	48.02	10.17	-6.80	6.99	73.90	37.10	49.51	49.69	64.17	blk. tt.2
	1.5	9.43	1.51	-184.74	184.22	13.73	-157.78	174.28	-183.13	204.28	
	3	-82.48	-15.59	-362.69	361.45	-123.92	-400.65	251.07	-477.25	283.10	
71	0	-80.18	-15.07	364.61	-364.27	-120.34	255.98	-400.00	289.15	-476.17	blk. tt.2
	1.5	9.38	1.53	182.39	-182.11	13.70	172.59	-155.46	202.32	-180.40	
	3	45.63	9.69	0.18	0.05	70.26	41.23	41.11	54.20	54.07	
72	0	45.63	9.69	0.18	0.05	70.26	41.23	41.11	54.20	54.07	blk. tt.2
	1.5	8.38	1.28	-182.03	182.21	12.09	-156.29	171.52	-181.54	200.92	
	3	-82.19	-15.58	-364.25	364.37	-123.55	-401.79	253.96	-478.57	286.47	
73	0	-80.61	-15.31	363.77	-364.80	-121.47	254.67	-401.05	287.46	-477.54	blk. tt.2
	1.5	9.08	1.41	181.91	-182.31	13.15	171.88	-155.91	201.42	-181.00	
	3	45.64	9.70	0.04	0.19	70.30	41.12	41.25	54.08	54.24	
74	0	45.64	9.70	0.04	0.19	70.30	41.12	41.25	54.08	54.24	blk. tt.2
	1.5	8.72	1.41	-181.82	182.69	12.72	-155.80	172.26	-180.87	201.86	
	3	-81.53	-15.31	-363.69	365.18	-122.33	-400.69	255.29	-477.12	288.19	
75	0	-80.53	-14.99	360.74	-363.08	-120.61	252.19	-399.24	284.78	-475.22	blk. tt.2
	1.5	10.32	1.82	182.87	-183.95	15.30	173.87	-156.26	204.00	-181.16	
	3	47.86	10.18	5.01	-4.82	73.73	47.58	38.74	61.93	51.61	
76	0	47.86	10.18	5.01	-4.82	73.73	47.58	38.74	61.93	51.61	blk. tt.2
	1.5	11.90	1.97	-172.86	174.31	17.43	-144.86	167.58	-167.77	196.76	
	3	-77.38	-14.68	-350.72	353.43	-116.34	-385.29	248.45	-458.75	280.61	
77	0	-25.74	-3.26	483.79	-488.74	-36.11	412.24	-463.03	478.90	-542.26	blk. tt.2
	1.75	9.25	0.85	-5.06	5.33	12.46	3.77	13.13	4.94	15.85	
	3.5	-20.17	-3.08	-493.91	499.41	-29.12	-462.67	431.32	-541.72	501.26	
78	0	-48.63	-14.24	355.43	-350.81	-81.14	276.12	-359.50	313.16	-428.38	blk. tt.3
	1.5	8.70	2.46	187.12	-184.53	14.37	176.23	-158.25	207.16	-183.08	
	3	34.36	10.73	16.82	-16.26	58.40	47.86	14.50	62.60	23.67	
79	0	34.36	10.73	16.82	-16.26	58.40	47.86	14.50	62.60	23.67	blk. tt.3
	1.5	8.19	2.41	-149.49	148.02	13.69	-127.17	140.59	-146.84	165.54	
	3	-49.64	-14.34	-317.79	314.29	-82.51	-330.69	238.19	-394.84	268.85	
80	0	-29.64	-6.26	425.62	-422.05	-45.57	356.39	-406.52	411.84	-478.22	blk. tt.3
	1.5	1.93	-0.36	-1.10	1.25	1.73	0.75	2.86	0.64	3.11	
	3	-19.82	-2.91	-427.81	424.56	-28.44	-402.87	364.26	-471.85	423.14	
81	0	-75.73	-14.23	302.63	-301.02	-113.64	204.21	-339.08	229.28	-404.55	blk. tt.3
	1.5	12.90	2.21	148.86	-147.96	19.02	145.58	-121.55	171.23	-140.42	
	3	48.21	10.21	-4.92	5.11	74.20	38.97	47.99	51.90	62.43	
82	0	48.21	10.21	-4.92	5.11	74.20	38.97	47.99	51.90	62.43	blk. tt.3
	1.5	10.03	1.64	-158.68	158.18	14.66	-133.79	151.39	-155.05	177.65	
	3	-81.46	-15.38	-312.45	311.25	-122.36	-354.53	206.81	-423.30	231.59	
83	0	-79.99	-15.03	308.67	-308.38	-120.03	205.82	-349.53	230.65	-417.25	blk. tt.3
	1.5	9.47	1.55	154.34	-154.08	13.84	147.43	-130.15	172.98	-150.86	
	3	45.62	9.69	0.01	0.22	70.24	41.06	41.26	54.01	54.23	
84	0	45.62	9.69	0.01	0.22	70.24	41.06	41.26	54.01	54.23	blk. tt.3
	1.5	8.27	1.25	-154.32	154.52	11.91	-131.45	146.51	-152.58	171.71	
	3	-82.40	-15.63	-308.66	308.83	-123.89	-351.95	203.78	-420.46	227.90	
85	0	-80.88	-15.39	308.34	-309.44	-121.68	204.71	-351.29	229.14	-419.53	blk. tt.3
	1.5	9.04	1.38	154.23	-154.66	13.06	146.94	-131.06	172.30	-152.03	
	3	45.65	9.71	0.12	0.12	70.32	41.19	41.19	54.17	54.18	

Lanjutan Tabel 4.15.a Momen Rencana Balok Portal As A-D (K=2)

ELM	Jarak (m)	MD (K.Nm)	ML (K.Nm)	M.GEMPA (K.Nm)		1.2MD + 1.6ML (K.Nm)	0.9(MD ± ME) (K.Nm)		1.05(MD+0.6ML ± ME) (K.Nm)		KET
				KIRI	KANAN		KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	
86	0	45.65	9.71	0.12	0.12	70.32	41.19	41.19	54.17	54.18	blk. It.3
	1.5	8.76	1.46	-154.00	154.90	12.86	-130.71	147.30	-151.57	172.77	
	3	-81.44	-15.22	-308.11	309.68	-122.08	-350.59	205.42	-418.61	230.06	
87	0	-79.12	-14.62	309.26	-311.67	-118.34	207.12	-351.72	232.43	-419.55	blk. It.3
	1.5	11.11	2.02	156.38	-157.49	16.55	150.73	-131.75	177.13	-152.44	
	3	48.02	10.22	3.50	-3.31	73.97	46.37	40.24	60.53	53.38	
88	0	48.02	10.22	3.50	-3.31	73.97	46.37	40.24	60.53	53.38	blk. It.3
	1.5	11.44	1.84	-149.39	150.87	16.67	-124.15	146.08	-143.69	171.58	
	3	-78.45	-14.98	-302.27	305.05	-118.11	-342.65	203.94	-409.19	228.49	
89	0	-22.68	-2.55	366.94	-392.03	-31.30	327.63	-373.24	360.66	-437.05	blk. It.3
	1.75	9.27	0.86	-5.63	5.93	12.50	3.28	13.68	4.37	16.51	
	3.5	-23.19	-3.77	-398.20	403.89	-33.85	-379.25	342.63	-444.83	397.37	
90	0	-50.01	-14.77	227.78	-227.73	-83.65	158.99	-249.96	177.35	-300.93	blk. It.4
	1.5	7.71	2.10	118.11	-118.08	12.61	113.23	-99.34	133.43	-114.57	
	3	33.77	10.54	8.44	-8.44	57.39	37.98	22.80	50.96	33.24	
91	0	33.77	10.54	8.44	-8.44	57.39	37.98	22.80	50.96	33.24	blk. It.4
	1.5	7.99	2.40	-101.23	101.21	13.43	-83.92	98.28	-96.39	116.17	
	3	-49.45	-14.17	-210.90	210.85	-82.02	-234.32	145.26	-282.30	160.54	
92	0	-31.07	-6.72	248.26	-248.96	-48.03	195.48	-252.02	223.82	-298.26	blk. It.4
	1.5	2.51	-0.27	-0.05	0.02	2.58	2.21	2.27	2.41	2.48	
	3	-17.23	-2.26	-248.35	248.99	-24.29	-239.03	208.58	-280.29	241.92	
93	0	-76.76	-14.38	207.34	-207.22	-115.12	117.53	-255.58	128.06	-307.24	blk. It.4
	1.5	12.39	2.16	102.81	-102.74	18.32	103.68	-81.31	122.32	-93.51	
	3	48.23	10.25	-1.72	1.74	74.28	41.86	44.97	55.29	58.93	
94	0	48.23	10.25	-1.72	1.74	74.28	41.86	44.97	55.29	58.93	blk. It.4
	1.5	10.56	1.78	-106.25	106.22	15.51	-86.12	105.11	-99.35	123.74	
	3	-80.42	-15.14	-210.78	210.70	-120.73	-262.06	117.26	-315.30	127.26	
95	0	-79.87	-15.06	200.79	-200.82	-119.95	108.83	-252.63	117.48	-304.22	blk. It.4
	1.5	9.52	1.52	100.19	-100.20	13.86	98.74	-81.61	116.15	-94.26	
	3	45.61	9.67	-0.42	0.42	70.20	40.67	41.42	53.54	54.42	
96	0	45.61	9.67	-0.42	0.42	70.20	40.67	41.42	53.54	54.42	blk. It.4
	1.5	8.19	1.24	-101.02	101.04	11.82	-83.55	98.31	-96.69	115.47	
	3	-82.54	-15.63	-201.63	201.66	-124.05	-255.75	107.21	-308.22	115.23	
97	0	-81.04	-15.43	201.81	-201.83	-121.93	108.70	-254.58	117.10	-306.73	blk. It.4
	1.5	8.97	1.35	101.04	-101.06	12.92	99.01	-82.88	116.36	-95.84	
	3	45.66	9.69	0.27	-0.28	70.28	41.34	40.84	54.33	53.75	
98	0	45.66	9.69	0.27	-0.28	70.28	41.34	40.84	54.33	53.75	blk. It.4
	1.5	8.85	1.44	-100.50	100.50	12.93	-82.49	98.41	-95.32	115.72	
	3	-81.27	-15.24	-201.27	201.28	-121.91	-254.29	108.00	-306.27	116.41	
99	0	-78.00	-14.24	207.75	-207.73	-116.38	116.78	-257.16	127.27	-308.99	blk. It.4
	1.5	11.71	2.24	104.24	-104.24	17.64	104.36	-83.27	123.16	-95.74	
	3	48.11	10.29	0.73	-0.74	74.19	43.95	42.63	57.76	56.22	
100	0	48.11	10.29	0.73	-0.74	74.19	43.95	42.63	57.76	56.22	blk. It.4
	1.5	11.00	1.75	-102.78	102.76	16.01	-82.60	102.38	-95.26	120.55	
	3	-79.41	-15.22	-206.29	206.25	-119.64	-257.13	114.16	-309.57	123.60	
101	0	-19.76	-1.85	224.58	-224.09	-26.67	184.34	-219.46	213.90	-257.21	blk. It.4
	1.75	8.96	0.69	-4.29	4.38	11.85	4.20	12.01	5.34	14.44	
	3.5	-26.74	-4.81	-233.16	232.85	-39.78	-233.91	185.50	-275.92	213.39	

Lanjutan Tabel 4.15.a Momen Rencana Balok Portal As A-D (K=2)

ELM	Jarak (m)	MD (KNm)	ML (KNm)	M.GEMPA (KNm)		1.2MD + 1.6ML (KNm)	0.9(MD ± ME) (KNm)		1.05(MD+0.6ML ± ME) (KNm)		KET
				KIRI	KANAN		KIRI	KANAN	KIRI	KANAN	
102	0	-28.52	-8.75	119.44	-122.01	-48.22	81.83	-135.47	89.96	-163.56	blk. nok
	3	18.76	5.79	1.18	-1.90	31.77	17.94	15.18	24.58	21.35	
	6	-32.25	-10.06	-117.09	118.22	-54.78	-134.40	77.37	-163.14	83.94	
103	0	-25.69	-7.79	95.63	-96.11	-43.30	62.95	-109.62	68.53	-132.80	blk. nok
	1.5	1.96	1.34	-1.15	1.21	4.51	0.73	2.85	1.70	4.17	
	3	2.61	0.36	-97.94	98.52	3.71	-85.79	91.02	-99.87	<b>106.41</b>	
104	0	-49.92	-10.69	126.51	-126.40	-77.00	68.94	-158.68	73.69	<b>-191.86</b>	blk. nok
	3	25.33	5.06	0.59	-0.58	38.49	23.33	22.28	30.41	29.18	
	6	-47.20	-9.57	-125.33	125.25	-71.95	-155.28	70.24	-187.19	75.92	
105	0	-46.18	-9.40	110.46	-110.46	-70.45	57.85	-140.98	61.57	-170.39	blk. nok
	3	25.19	5.22	-0.24	0.23	38.58	22.46	22.87	29.49	29.98	
	6	-51.22	-10.53	-110.93	110.92	-78.32	-145.94	53.72	-176.89	56.04	
106	0	-50.78	-11.01	111.11	-111.08	-78.56	54.30	-145.67	56.41	-176.89	blk. nok
	3	25.12	5.28	0.09	-0.09	38.58	22.68	22.52	29.79	29.60	
	6	-46.77	-8.81	-110.94	110.90	-70.22	-141.93	57.72	-171.14	61.79	
107	0	-45.04	-9.01	120.12	-120.11	-68.46	67.58	-148.63	73.16	-179.09	blk. nok
	3	25.16	4.92	-0.56	0.58	38.06	22.14	23.17	28.93	30.13	
	6	-52.43	-11.53	-121.24	121.28	-81.36	-156.30	61.97	-189.61	65.03	
108	0	-0.32	0.50	84.17	-82.42	0.42	75.46	-74.47	88.36	-86.56	blk. nok
	1.75	6.84	2.11	-3.36	2.61	11.58	3.13	8.50	4.99	11.25	
	3.5	-17.23	-4.32	-90.89	87.63	-27.60	-97.31	63.36	-116.25	71.19	
109	0	-9.56	-2.58	48.34	-46.08	-15.60	34.90	-50.08	39.09	-60.05	blk. atap
	1.5	0.03	0.19	10.46	-10.13	0.34	9.44	-9.09	11.13	-10.49	
	3	-19.00	-8.85	-27.42	25.81	-36.96	-41.78	6.13	-54.32	1.58	
110	0	-64.85	-23.37	75.48	-74.63	-115.20	9.57	-125.53	-3.56	<b>-161.17</b>	blk. atap
	1.5	9.52	3.94	38.91	-38.43	17.74	43.59	-26.02	53.34	-27.87	
	3	55.27	19.44	2.34	-2.24	97.43	51.65	47.73	72.74	67.94	
111	0	55.27	19.44	2.34	-2.24	97.43	51.85	47.73	72.74	67.94	blk. atap
	1.5	10.59	3.58	-34.23	33.96	18.44	-21.28	40.09	-22.57	49.03	
	3	-62.72	-24.09	-70.80	70.16	-113.81	-120.16	6.70	-155.37	-7.36	
112	0	-43.75	-17.96	53.54	-53.39	-81.23	8.81	-87.43	-1.04	-113.31	blk. atap
	3	17.42	7.33	-0.74	0.85	32.63	15.02	16.44	22.13	23.80	
	6	-35.89	-14.64	-55.01	55.09	-66.49	-81.81	17.27	-104.67	10.93	
113	0	-36.74	-15.26	54.78	-55.29	-68.50	16.24	-82.83	9.33	-106.25	blk. atap
	3	18.02	7.28	0.80	-0.69	33.26	16.93	15.60	24.34	22.78	
	6	-41.70	-17.44	-53.19	53.92	-77.95	-85.40	10.99	-110.62	1.84	
114	0	-55.55	-25.29	67.38	-68.90	-107.14	10.65	-112.01	-3.52	-146.61	blk. atap
	1.5	9.54	3.54	31.74	-32.34	17.11	37.15	-20.52	45.57	-21.71	
	3	46.02	20.55	-3.91	4.22	88.11	37.90	45.21	57.16	65.70	
115	0	46.02	20.55	-3.91	4.22	88.11	37.90	45.21	57.16	65.70	blk. atap
	1.5	10.98	5.57	-39.56	40.77	22.08	-25.72	46.57	-26.50	57.64	
	3	-52.69	-21.23	-75.20	77.33	-97.20	-115.10	<b>22.18</b>	-147.66	12.50	

Tabel 4.15.b Gaya Geser Rencana Balok Portal As.A-D (K=2)

E(m)	Jarak (m)	VD,B (KN)	VL,B (KN)	VE,B (KN)	VG,B (KN)	VUB=1,05(VD,B + VL,B ± 4/2. VE,B) (KN)	KETERANGAN
54	0	48.17	13.78	127.37	61.96	332.54	blk. It.1
	1.5	27.07	8.16	127.37	35.23	304.47	
	3	5.96	2.53	127.37	8.50	276.40	
55	0	7.49	2.89	127.37	10.39	278.39	blk. It.1
	1.5	28.60	8.52	127.37	37.12	306.46	
	3	49.70	14.14	127.37	63.85	334.52	
56	0	34.69	5.97	354.76	40.67	787.69	blk. It.1
	1.5	0.85	0.35	354.76	1.20	746.24	
	3	36.39	5.28	354.76	41.67	788.74	
57	0	75.97	13.58	112.99	89.55	331.31	blk. It.1
	1.5	40.43	7.95	112.99	48.38	298.09	
	3	4.88	2.33	112.99	7.21	244.86	
58	0	8.57	3.10	112.99	11.67	249.54	blk. It.1
	1.5	44.12	8.73	112.99	52.84	292.77	
	3	79.66	14.35	112.99	94.01	335.99	
59	0	77.69	13.92	118.74	91.61	345.55	blk. It.1
	1.5	42.14	6.30	118.74	50.44	302.32	
	3	6.60	2.67	118.74	9.28	259.09	
60	0	6.86	2.75	118.74	9.61	259.45	blk. It.1
	1.5	42.40	8.38	118.74	50.78	302.67	
	3	77.94	14.00	118.74	91.94	345.90	
61	0	77.57	13.92	118.74	91.48	345.41	blk. It.1
	1.5	42.02	8.29	118.74	50.32	302.19	
	3	6.48	2.67	118.74	9.15	258.96	
62	0	6.97	2.76	118.74	9.73	259.58	blk. It.1
	1.5	42.52	8.39	118.74	50.90	302.80	
	3	78.06	14.01	118.74	92.07	346.03	
63	0	78.97	14.18	113.51	93.15	336.18	blk. It.1
	1.5	43.43	8.56	113.51	51.99	292.96	
	3	7.89	2.93	113.51	10.82	249.73	
64	0	5.57	2.50	113.51	8.06	246.84	blk. It.1
	1.5	41.11	8.12	113.51	49.23	290.07	
	3	76.65	13.75	113.51	90.40	333.29	
65	0	41.48	5.29	280.94	46.77	639.07	blk. It.1
	1.5	4.67	0.69	280.94	5.37	595.60	
	3	32.13	3.90	280.94	36.03	627.80	
66	0	48.53	13.89	130.25	62.42	339.08	blk. It.2
	1.5	27.43	8.27	130.25	35.69	311.01	
	3	6.32	2.64	130.25	8.96	282.94	
67	0	7.13	2.79	130.25	9.92	283.95	blk. It.2
	1.5	28.24	8.41	130.25	36.65	312.01	
	3	49.34	14.04	130.25	63.38	340.08	
68	0	36.71	6.23	356.03	42.94	792.74	blk. It.2
	1.5	1.17	0.60	356.03	1.77	749.51	
	3	34.36	5.02	356.03	39.40	789.02	
69	0	76.59	13.72	118.63	90.30	343.94	blk. It.2
	1.5	41.04	8.09	118.63	49.13	300.72	
	3	5.50	2.47	118.63	7.97	257.49	
70	0	7.96	2.96	118.63	10.92	260.59	blk. It.2
	1.5	43.50	8.59	118.63	52.09	303.82	
	3	79.04	14.21	118.63	93.25	347.04	
71	0	77.48	13.88	121.48	91.96	351.02	blk. It.2
	1.5	41.94	8.26	121.48	50.19	307.80	
	3	6.39	2.63	121.48	9.02	264.57	

Lanjutan Tabel 4.15.b Gaya Geser Rencana Balok Portal As.A-D (K=2)

Ekm	Jarak (m)	VD,B (KN)	VL,B (KN)	VE,B (KN)	VG,B (KN)	VUB=1,05(VD,B + VL,B ± 4/2 VE,B) (KN)	KETERANGAN
72	0	7.06	2.80	121.48	9.86	265.45	blk. tt.2
	1.5	42.60	8.42	121.48	51.03	308.68	
	3	78.15	14.05	121.48	92.20	351.90	
73	0	77.69	13.96	121.24	91.66	350.85	blk. tt.2
	1.5	42.15	8.34	121.24	50.49	307.62	
	3	6.61	2.71	121.24	9.32	264.40	
74	0	6.85	2.71	121.24	9.56	264.65	blk. tt.2
	1.5	42.39	8.34	121.24	50.73	307.88	
	3	77.93	13.96	121.24	91.90	351.10	
75	0	78.34	14.02	118.58	92.35	345.96	blk. tt.2
	1.5	42.80	8.39	118.58	51.19	302.75	
	3	7.25	2.77	118.58	10.02	259.53	
76	0	6.20	2.66	118.58	8.87	258.32	blk. tt.2
	1.5	41.75	8.29	118.58	50.03	301.54	
	3	77.29	13.91	118.58	91.20	344.77	
77	0	38.40	4.65	279.34	43.05	631.82	blk. tt.2
	1.75	1.59	0.05	279.34	1.65	588.35	
	3.5	35.22	4.54	279.34	39.76	628.36	
78	0	48.77	13.95	112.20	62.72	301.48	blk. tt.3
	1.5	27.67	8.32	112.20	35.99	273.41	
	3	6.56	2.70	112.20	9.26	245.35	
79	0	6.90	2.73	112.20	9.63	245.73	blk. tt.3
	1.5	28.00	8.36	112.20	36.36	273.80	
	3	49.11	13.99	112.20	63.09	301.87	
80	0	38.81	6.74	284.48	45.56	645.24	blk. tt.3
	1.5	3.27	1.12	284.48	4.39	602.01	
	3	32.27	4.51	284.48	36.78	636.02	
81	0	76.86	13.77	102.51	90.63	310.44	blk. tt.3
	1.5	41.32	8.15	102.51	49.46	267.21	
	3	5.77	2.52	102.51	8.29	223.99	
82	0	7.68	2.91	102.51	10.59	226.40	blk. tt.3
	1.5	43.23	8.53	102.51	51.76	269.62	
	3	78.77	14.16	102.51	92.92	312.85	
83	0	77.41	13.86	102.89	91.27	311.90	blk. tt.3
	1.5	41.87	8.24	102.89	50.11	268.68	
	3	6.33	2.61	102.89	8.94	225.45	
84	0	7.13	2.82	102.89	9.95	226.51	blk. tt.3
	1.5	42.67	8.44	102.89	51.11	269.73	
	3	79.22	14.07	102.89	92.28	312.96	
85	0	77.72	13.99	102.74	91.71	312.06	blk. tt.3
	1.5	42.18	8.37	102.74	50.55	268.83	
	3	6.64	2.74	102.74	9.38	225.60	
86	0	6.82	2.69	102.74	9.51	225.74	blk. tt.3
	1.5	42.36	8.31	102.74	50.67	268.96	
	3	77.91	13.94	102.74	91.84	312.19	
87	0	77.93	13.90	101.92	91.83	310.45	blk. tt.3
	1.5	42.38	8.28	101.92	50.66	267.23	
	3	6.84	2.65	101.92	9.49	224.00	
88	0	6.62	2.77	101.92	9.39	223.89	blk. tt.3
	1.5	42.16	8.40	101.92	50.56	267.12	
	3	77.70	14.02	101.92	91.73	310.35	
89	0	36.66	4.25	224.32	40.91	514.03	blk. tt.3
	1.75	0.15	0.35	224.32	0.49	471.60	
	3.5	36.95	4.94	224.32	41.89	515.07	

Lanjutan Tabel 4.15.b Gaya Geser Rencana Balok Portal As.A-D (K=2)

Elm	Jarak (m)	VD,B (KN)	VL,B (KN)	VE,B (KN)	VG,B (KN)	VUB=1,05(VD,B + VL,B ± 4/2. VE,B) (KN)	KETERANGAN
90	0	49.03	14.06	73.11	63.10	219.79	blk. It.4
	1.5	27.93	8.44	73.11	36.37	191.72	
	3	6.62	2.81	73.11	9.64	163.65	
91	0	6.63	2.81	73.11	9.25	163.25	blk. It.4
	1.5	27.74	8.24	73.11	35.96	191.31	
	3	48.84	13.86	73.11	62.71	219.38	
92	0	40.15	7.11	165.54	47.27	397.26	blk. It.4
	1.5	4.61	1.49	165.54	6.10	354.03	
	3	30.93	4.14	165.54	35.07	384.45	
93	0	77.20	13.64	69.69	91.04	241.93	blk. It.4
	1.5	41.66	8.21	69.69	49.87	198.71	
	3	6.12	2.59	69.69	8.71	155.48	
94	0	7.34	2.84	69.69	10.18	157.03	blk. It.4
	1.5	42.88	8.47	69.69	51.35	200.26	
	3	78.42	14.09	69.69	92.51	243.48	
95	0	77.37	13.87	67.07	91.24	236.65	blk. It.4
	1.5	41.83	8.25	67.07	50.07	193.42	
	3	6.28	2.62	67.07	8.90	150.20	
96	0	7.17	2.81	67.07	9.98	151.33	blk. It.4
	1.5	42.71	8.43	67.07	51.15	194.55	
	3	78.26	14.06	67.07	92.32	237.78	
97	0	77.77	14.00	67.18	91.77	237.44	blk. It.4
	1.5	42.23	8.37	67.18	50.60	194.21	
	3	6.69	2.75	67.18	9.43	150.98	
98	0	6.77	2.68	67.18	9.45	151.00	blk. It.4
	1.5	42.31	8.31	67.18	50.62	194.23	
	3	77.85	13.93	67.18	91.79	237.45	
99	0	77.58	13.80	69.01	91.38	240.86	blk. It.4
	1.5	42.04	8.18	69.01	50.21	197.64	
	3	6.49	2.55	69.01	9.04	154.41	
100	0	6.96	2.88	69.01	9.84	155.25	blk. It.4
	1.5	42.51	8.50	69.01	51.01	198.47	
	3	78.05	14.13	69.01	92.18	241.70	
101	0	34.81	3.75	130.78	38.56	315.13	blk. It.4
	1.75	1.99	0.85	130.78	2.84	277.62	
	3.5	38.80	5.44	130.78	44.24	321.10	
102	0	32.14	9.91	39.42	42.05	126.93	blk. nok
	3	0.62	0.22	39.42	0.64	63.67	
	6	33.38	10.34	39.42	43.73	128.70	
103	0	27.43	9.47	64.53	36.90	174.25	blk. nok
	1.5	9.43	2.72	64.53	12.15	148.26	
	3	8.57	4.03	64.53	12.60	148.73	
104	0	49.71	10.31	41.97	60.02	151.17	blk. Nok
	3	0.45	0.19	41.97	0.64	88.81	
	6	48.81	9.94	41.97	58.75	149.83	
105	0	48.42	9.94	36.90	58.36	138.76	blk. Nok
	3	0.84	0.19	36.90	1.03	78.57	
	6	50.10	10.32	36.90	60.42	140.92	
106	0	49.93	10.49	37.01	60.42	141.16	blk. Nok
	3	0.67	0.37	37.01	1.04	78.80	
	6	48.59	9.76	37.01	58.35	138.98	
107	0	48.03	9.71	40.23	57.73	145.10	blk. Nok
	3	1.23	0.42	40.23	1.65	86.21	
	6	50.49	10.54	40.23	61.04	148.56	



Lanjutan Tabel 4.15.b Gaya Geser Rencana Balok Portal As.A-D (K=2)

Elm	Jarak (m)	VD,B (KN)	VL,B (KN)	VE,B (KN)	VG,B (KN)	VUB=1,05(VD,B + VL,B ± 4/2. VE,B) (KN)	KETERANGAN
108	0	13.02	3.22	50.02	16.23	122.08	blk. Nok
	1.75	4.83	1.38	50.02	6.21	111.55	
	3.5	22.68	5.97	50.02	28.66	135.12	
109	0	15.94	5.78	25.26	21.72	75.84	blk. atap
	1.5	3.15	2.09	25.26	5.24	59.53	
	3	22.23	9.97	25.26	32.19	86.84	
110	0	59.12	22.15	24.38	81.26	136.52	blk. Atap
	1.5	40.04	14.27	24.38	54.31	108.22	
	3	20.96	6.40	24.38	27.35	79.92	
111	0	20.25	6.64	24.38	26.89	79.43	blk. Atap
	1.5	39.33	14.51	24.38	53.64	107.73	
	3	58.41	22.39	24.38	80.80	136.03	
112	0	39.47	16.30	18.09	55.77	96.55	blk. Atap
	3	1.31	0.55	18.09	1.86	39.95	
	6	36.85	15.20	18.09	52.05	92.64	
113	0	37.33	15.39	17.99	52.72	93.14	blk. atap
	3	0.83	0.36	17.99	1.19	39.04	
	6	38.99	16.11	17.99	55.10	95.64	
114	0	52.94	23.16	23.76	76.10	129.80	blk. Atap
	1.5	33.86	15.28	23.76	49.14	101.50	
	3	14.78	7.41	23.76	22.19	73.20	
115	0	13.82	6.05	23.76	19.88	70.77	blk. atap
	1.5	32.90	13.93	23.76	46.83	99.08	
	3	51.98	21.80	23.76	73.79	127.38	

Tabel 4.15.c Momen Rencana Kolom Portal As.A-D (K=2)

Elm	Jarak (m)	MD,k (KNm)	ML,k (KNm)	ME,k (KNm)	MU,k = 1.05(MD,k + ML,k ± od.ME,k) (KNm)	KET
1	0	9.54	2.77	-484.68	664.35	Kol. Basmen
	1.925	-5.23	-1.53	-150.57	195.70	
	3.85	-20.01	-5.83	183.55	-272.95	
2	0	-5.40	-1.92	-580.64	776.83	Kol. Basmen
	1.925	2.62	0.94	-98.56	137.14	
	3.85	10.63	3.79	383.52	-502.55	
3	0	9.09	1.81	-575.82	791.53	Kol. Basmen
	1.925	-5.13	-1.05	-100.61	129.93	
	3.85	-19.35	-3.91	374.60	-531.66	
4	0	-0.99	-0.25	-542.08	736.75	Kol. Basmen
	1.925	0.07	0.01	-117.46	160.04	
	3.85	1.13	0.27	307.16	-416.68	
5	0	-0.81	-0.20	-542.80	741.72	Kol. Basmen
	1.925	-0.19	-0.05	-116.26	158.76	
	3.85	0.43	0.11	310.28	-424.20	
6	0	-0.75	-0.20	-540.67	742.64	Kol. Basmen
	1.925	-0.39	-0.08	-116.90	160.07	
	3.85	-0.03	0.03	306.88	-422.50	
7	0	-9.73	-2.16	-565.00	768.55	Kol. Basmen
	1.925	4.24	0.93	-103.78	148.54	
	3.85	18.20	4.01	357.48	-471.48	
8	0	-3.66	-0.55	-357.16	490.76	Kol. Basmen
	1.925	1.32	0.15	-69.88	98.19	
	3.85	6.29	0.85	217.41	-294.39	
9	0	25.95	7.68	-225.36	340.96	KOL LT.1
	1.925	0.84	0.27	2.28	-1.51	
	3.85	-24.27	-7.14	229.92	-343.97	
10	0	-15.45	-5.42	-501.84	658.14	KOL LT.1
	1.925	-1.04	-0.27	-6.91	8.07	
	3.85	13.38	4.89	488.03	-642.01	
11	0	26.59	5.37	-489.95	696.87	KOL LT.1
	1.925	0.31	0.09	-5.89	8.49	
	3.85	-25.98	-5.19	476.17	-661.69	
12	0	-1.98	-0.44	-397.34	538.78	KOL LT.1
	1.925	-0.26	-0.05	-2.24	2.75	
	3.85	1.46	0.34	392.86	-533.29	
13	0	-0.72	-0.16	-400.36	546.24	KOL LT.1
	1.925	-0.02	0.00	-3.08	4.13	
	3.85	0.67	0.16	394.19	-537.97	
14	0	0.24	0.00	-396.10	543.26	KOL LT.1
	1.925	0.19	0.05	-2.37	3.36	
	3.85	0.15	0.10	391.37	-536.54	
15	0	-25.53	-5.64	-463.57	-659.58	KOL LT.1
	1.925	-0.10	-0.01	-5.78	-5.98	
	3.85	25.32	5.62	452.01	647.62	
16	0	-8.93	-1.23	-278.58	-389.64	KOL LT.1
	1.925	0.26	0.08	-4.23	-3.48	
	3.85	9.44	1.39	270.12	382.67	
17	0	23.75	6.97	-182.89	-224.71	KOL LT.2
	1.925	-0.21	-0.06	21.16	30.69	
	3.85	-24.16	-7.10	225.22	286.10	
18	0	-10.96	-4.26	-413.65	-576.14	KOL LT.2
	1.925	-0.02	0.01	14.88	22.31	
	3.85	10.91	4.28	443.40	620.74	
19	0	26.53	5.31	-406.03	-526.38	KOL LT.2
	1.925	-0.38	-0.07	14.85	21.89	
	3.85	-27.29	-5.46	435.73	570.16	

Lanjutan Tabel 4.15.c Momen Rencana Kolom Portal As.A-D (K=2)

Elm	Jarak (m)	MD,k (KNm)	ML,k (KNm)	ME,k (KNm)	MU,k= 1.05(MD,k +ML,k ± ord.ME,k) (KNm)	KET
20	0	-0.84	-0.17	-334.44	-457.39	KOL LT.2
	1.925	0.00	0.01	18.50	27.27	
	3.85	0.84	0.19	371.44	511.94	
21	0	-0.71	-0.11	-333.82	-456.41	KOL LT.2
	1.925	-0.02	0.00	18.17	26.81	
	3.85	0.68	0.11	370.15	510.01	
22	0	-0.85	-0.23	-333.06	-455.52	KOL LT.2
	1.925	-0.01	0.02	18.31	27.01	
	3.85	0.84	0.26	369.68	509.53	
23	0	-26.32	-5.80	-382.50	-549.74	KOL LT.2
	1.925	0.31	0.08	15.38	23.34	
	3.85	26.93	5.95	413.26	596.42	
24	0	-10.73	-1.69	-223.79	-316.73	KOL LT.2
	1.925	0.21	0.06	9.47	15.17	
	3.85	11.14	1.81	242.73	347.07	
25	0	24.47	7.14	-130.21	-152.04	KOL LT.3
	1.925	0.60	0.23	48.64	69.04	
	3.85	-23.27	-6.69	227.48	290.12	
26	0	-9.09	-3.81	-300.02	-419.07	KOL LT.3
	1.925	-0.56	-0.13	28.48	40.31	
	3.85	7.97	3.56	356.99	499.70	
27	0	28.62	5.86	-294.71	-372.23	KOL LT.3
	1.925	0.00	-0.04	29.50	42.29	
	3.85	-28.62	-5.94	353.72	456.82	
28	0	-0.64	-0.17	-124.84	339.06	KOL LT.3
	1.925	0.03	0.04	17.85	-48.32	
	3.85	0.69	0.25	160.55	-435.69	
29	0	-0.84	-0.14	-123.42	336.69	KOL LT.3
	1.925	0.01	0.01	17.44	-47.86	
	3.85	0.86	0.16	158.30	-432.61	
30	0	-1.48	-0.34	-123.85	339.07	KOL LT.3
	1.925	0.02	-0.04	17.59	-48.96	
	3.85	1.51	0.25	159.03	-436.99	
31	0	-12.05	-1.96	-77.73	201.64	KOL LT.3
	1.925	-0.11	-0.06	10.07	-28.80	
	3.85	11.83	1.83	97.87	-259.24	
32	0	-12.05	-1.96	-77.73	201.64	KOL LT.3
	1.925	-0.11	-0.06	10.07	-28.80	
	3.85	11.83	1.83	97.87	-259.24	
33	0	26.74	8.09	-0.15	45.84	KOL LT.4
	1.34	-0.89	-0.33	29.79	-79.92	
	2.68	-28.52	-8.75	59.72	-205.67	
34	0	-10.42	-3.90	-51.09	132.11	KOL LT.4
	1.34	-1.45	-0.69	19.35	-55.20	
	2.68	7.53	2.53	89.78	-242.52	
35	0	30.91	6.19	-50.99	183.59	KOL LT.4
	1.34	4.08	1.23	18.55	-45.06	
	2.68	-22.76	-3.73	88.10	-273.71	
36	0	0.15	0.17	-45.24	125.39	KOL LT.4
	1.34	-1.36	-0.39	21.87	-61.56	
	2.68	-2.87	-0.94	88.98	-248.51	
37	0	-0.65	-0.04	-43.42	116.37	KOL LT.4
	1.34	0.32	0.15	22.13	-59.97	
	2.68	1.29	0.34	87.69	-236.31	
38	0	-1.76	-0.74	-45.48	116.82	KOL LT.4
	1.34	1.66	0.79	21.87	-57.15	
	2.68	5.08	2.32	89.22	-231.12	

Lanjutan Tabel 4.15.c Momen Rencana Kolom Portal As.A-D (K=2)

Elm	Jarak (m)	MD,k (KNm)	ML,k (KNm)	MEki (KNm)	MU,k= 1.05(MD,k +ML,k + od.ME,k) (KNm)	KET
39	0	-30.46	-6.69	-47.65	81.92	KOL LT.4
	1.34	-3.92	-1.33	20.02	-60.05	
	2.68	22.61	4.02	67.68	-202.03	
40	0	-14.91	-2.98	-18.71	25.48	KOL LT.4
	1.34	1.16	0.67	13.37	-35.75	
	2.68	17.23	4.32	45.44	-96.98	
41	0	0.97	0.26	-16.58	40.78	KOL LT.4
	1.1	-4.30	-1.16	3.80	-17.43	
	2.2	-9.56	-2.58	24.17	-75.65	
42	0	29.77	7.32	-24.13	100.05	KOL LT.4
	1.1	-8.04	-3.60	13.66	-50.22	
	2.2	-45.85	-14.52	51.45	-200.49	
43	0	-3.89	-1.12	-28.91	71.98	KOL LT.4
	1.1	7.54	2.51	16.63	-35.15	
	2.2	18.97	6.13	62.17	-142.29	
44	0	0.85	0.82	-23.33	66.76	KOL LT.4
	1.1	0.00	0.10	15.78	-42.72	
	2.2	-0.85	-0.62	54.89	-152.21	
45	0	3.35	2.53	-26.32	82.61	KOL LT.4
	1.1	-5.25	-2.66	16.99	-53.91	
	2.2	-13.85	-7.85	60.29	-190.44	
46	0	-29.49	-8.01	-15.02	-51.47	KOL LT.4
	1.1	11.60	6.61	11.29	29.74	
	2.2	52.69	21.23	37.60	108.96	

Tabel 4.15.d Gaya Geser Kolom Portal As.A-D (K=2)

Elm	Jarak (m)	VD,k (KNm)	VL,k (KNm)	VE,k (KNm)	VU,k= 1.05 (VD,k +VL,k ± mod VE,k) (KNm)	KET
1	0	7.68	2.24	173.56	247.32	Kol Basmen
	1.925	7.68	2.24	173.56	247.32	
	3.85	7.68	2.24	173.56	247.32	
2	0	4.17	1.48	250.43	347.76	Kol Basmen
	1.925	4.17	1.48	250.43	347.76	
	3.85	4.17	1.48	250.43	347.76	
3	0	7.39	1.49	246.86	346.28	Kol Basmen
	1.925	7.39	1.49	246.86	346.28	
	3.85	7.39	1.49	246.86	346.28	
4	0	0.55	0.13	220.58	301.81	Kol Basmen
	1.925	0.55	0.13	220.58	301.81	
	3.85	0.55	0.13	220.58	301.81	
5	0	0.32	0.08	221.58	302.88	Kol Basmen
	1.925	0.32	0.08	221.58	302.88	
	3.85	0.32	0.08	221.58	302.88	
6	0	0.19	0.06	220.14	300.75	Kol Basmen
	1.925	0.19	0.06	220.14	300.75	
	3.85	0.19	0.06	220.14	300.75	
7	0	7.26	1.60	239.60	336.36	Kol Basmen
	1.925	7.26	1.60	239.60	336.36	
	3.85	7.26	1.60	239.60	336.36	
8	0	2.58	0.37	149.24	206.81	Kol Basmen
	1.925	2.58	0.37	149.24	206.81	
	3.85	2.58	0.37	149.24	206.81	
9	0	13.04	3.85	118.25	179.15	KOL LT.1
	1.925	13.04	3.85	118.25	179.15	
	3.85	13.04	3.85	118.25	179.15	
10	0	7.49	2.68	257.11	361.63	KOL LT.1
	1.925	7.49	2.68	257.11	361.63	
	3.85	7.49	2.68	257.11	361.63	
11	0	13.66	2.74	251.46	360.46	KOL LT.1
	1.925	13.66	2.74	251.46	360.46	
	3.85	13.66	2.74	251.46	360.46	
12	0	0.89	0.20	205.24	281.31	KOL LT.1
	1.925	0.89	0.20	205.24	281.31	
	3.85	0.89	0.20	205.24	281.31	
13	0	0.36	0.08	206.38	282.17	KOL LT.1
	1.925	0.36	0.08	206.38	282.17	
	3.85	0.36	0.08	206.38	282.17	
14	0	0.02	0.03	204.54	279.24	KOL LT.1
	1.925	0.02	0.03	204.54	279.24	
	3.85	0.02	0.03	204.54	279.24	
15	0	13.21	2.93	237.81	341.56	KOL LT.1
	1.925	13.21	2.93	237.81	341.56	
	3.85	13.21	2.93	237.81	341.56	
16	0	4.77	0.68	142.52	200.26	KOL LT.1
	1.925	4.77	0.68	142.52	200.26	
	3.85	4.77	0.68	142.52	200.26	
17	0	12.44	3.66	106.00	161.60	KOL LT.2
	1.925	12.44	3.66	106.00	161.60	
	3.85	12.44	3.66	106.00	161.60	
18	0	5.68	2.22	222.61	312.15	KOL LT.2
	1.925	5.68	2.22	222.61	312.15	
	3.85	5.68	2.22	222.61	312.15	
19	0	13.98	2.80	218.64	316.06	KOL LT.2
	1.925	13.98	2.80	218.64	316.06	
	3.85	13.98	2.80	218.64	316.06	

Lanjutan Tabel 4.15.d Gaya Geser Rencana Kolom Portal As.A-D (K=2)

Elm	Jarak (m)	VD,k (KNm)	VL,k (KNm)	VE,k (KNm)	VU,k= 1.05.(VD,k +VL,k ± mod.VE,k) (KNm)	KET
20	0	0.44	0.09	183.35	250.82	KOL LT.2
	1.925	0.44	0.09	183.35	250.82	
	3.85	0.44	0.09	183.35	250.82	
21	0	0.36	0.06	182.85	250.03	KOL LT.2
	1.925	0.36	0.06	182.85	250.03	
	3.85	0.36	0.06	182.85	250.03	
22	0	0.44	0.13	182.53	249.74	KOL LT.2
	1.925	0.44	0.13	182.53	249.74	
	3.85	0.44	0.13	182.53	249.74	
23	0	13.83	3.05	206.69	299.86	KOL LT.2
	1.925	13.83	3.05	206.69	299.86	
	3.85	13.83	3.05	206.69	299.86	
24	0	5.68	0.91	121.17	172.32	KOL LT.2
	1.925	5.68	0.91	121.17	172.32	
	3.85	5.68	0.91	121.17	172.32	
25	0	12.40	3.59	92.91	143.61	KOL LT.3
	1.925	12.40	3.59	92.91	143.61	
	3.85	12.40	3.59	92.91	143.61	
26	0	4.43	1.91	170.65	239.60	KOL LT.3
	1.925	4.43	1.91	170.65	239.60	
	3.85	4.43	1.91	170.65	239.60	
27	0	14.87	3.07	168.42	248.72	KOL LT.3
	1.925	14.87	3.07	168.42	248.72	
	3.85	14.87	3.07	168.42	248.72	
28	0	-0.64	-0.17	-124.84	202.85	KOL LT.3
	1.925	0.03	0.04	17.85	202.85	
	3.85	0.69	0.25	160.55	202.85	
29	0	-0.84	-0.14	-123.42	200.31	KOL LT.3
	1.925	0.01	0.01	17.44	200.31	
	3.85	0.86	0.16	158.30	200.31	
30	0	-1.48	-0.34	-123.85	201.56	KOL LT.3
	1.925	0.02	-0.04	17.59	201.56	
	3.85	1.51	0.25	159.03	201.56	
31	0	-28.84	-6.48	-137.97	236.23	KOL LT.3
	1.925	0.18	0.10	14.91	236.23	
	3.85	29.20	6.68	167.79	236.23	
32	0	-12.05	-1.96	-77.73	132.06	KOL LT.3
	1.925	-0.11	-0.06	10.07	132.06	
	3.85	11.83	1.83	97.87	132.06	
33	0	26.74	8.09	-0.15	91.98	KOL LT.4
	1.34	-0.89	-0.33	29.79	91.98	
	2.68	-28.52	-8.75	59.72	91.98	
34	0	-10.42	-3.90	-51.09	157.75	KOL LT.4
	1.34	-1.45	-0.69	19.35	157.75	
	2.68	7.53	2.53	89.78	157.75	
35	0	30.91	6.19	-50.99	171.72	KOL LT.4
	1.34	4.08	1.23	16.55	171.72	
	2.68	-22.76	-3.73	88.10	171.72	
36	0	0.15	0.17	-45.24	142.60	KOL LT.4
	1.34	-1.36	-0.39	21.87	142.60	
	2.68	-2.87	-0.94	88.98	142.60	
37	0	-0.65	-0.04	-43.42	138.59	KOL LT.4
	1.34	0.32	0.15	22.13	138.59	
	2.68	1.29	0.34	87.69	138.59	
38	0	-1.76	-0.74	-45.48	145.43	KOL LT.4
	1.34	1.66	0.79	21.87	145.43	
	2.68	5.08	2.32	89.22	145.43	

Lanjutan Tabel 4.15.d Gaya Geser Rencana Kolom Portal As.A-D (K=2)

Elm	Jarak (m)	VD,k (KNm)	VL,k (KNm)	VE,k (KNm)	VU,k=1.05.(VD,k +VL,k ± sed.VE,k) (KNm)	KET
39	0	-30.46	-6.69	-47.65	167.85	KOL LT.4
	1.34	-3.92	-1.33	20.02	167.85	
	2.68	22.61	4.02	87.68	167.85	
40	0	-14.91	-2.98	-18.71	83.29	KOL LT.4
	1.34	1.16	0.67	13.37	83.29	
	2.68	17.23	4.32	45.44	83.29	
41	0	0.97	0.26	-16.58	56.95	KOL LT.4
	1.1	-4.30	-1.16	3.80	56.95	
	2.2	-9.56	-2.58	24.17	56.95	
42	0	34.37	9.92	68.71	140.30	KOL LT.4
	1.1	34.37	9.92	68.71	140.30	
	2.2	34.37	9.92	68.71	140.30	
43	0	10.39	3.30	82.80	127.39	KOL LT.4
	1.1	10.39	3.30	82.80	127.39	
	2.2	10.39	3.30	82.80	127.39	
44	0	0.77	0.65	71.12	98.56	KOL LT.4
	1.1	0.77	0.65	71.12	98.56	
	2.2	0.77	0.65	71.12	98.56	
45	0	7.82	4.72	78.73	120.63	KOL LT.4
	1.1	7.82	4.72	78.73	120.63	
	2.2	7.82	4.72	78.73	120.63	
46	0	37.35	13.29	47.84	118.48	KOL LT.4
	1.1	37.35	13.29	47.84	118.48	
	2.2	37.35	13.29	47.84	118.48	

Tabel 4.16.a Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Balok 400/800 Portal As. 9-10 (K=1)

Lantai	Tulangan Tumpuan (mm <sup>2</sup> )				Tulangan Lapangan (mm <sup>2</sup> )				Jarak tulangan geser Av 3φ10 = 235,5 (mm <sup>2</sup> )	
	Luas tulangan atas		Luas tulangan bawah		Luas tulangan atas		Luas tulangan bawah		Sendi	Luar sendi
	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang		
1	5318.74	10D25 = 4909	2659.37	5D25 = 2454.8	1193.37	3D25 = 1472.7	1799.79	6D25 = 2945.2	φ10-90	φ10-150
2	5368.41	10D25 = 4909	2734.45	5D25 = 2454.8	1428.84	3D25 = 1472.7	2057.28	6D25 = 2945.2	φ10-90	φ10-150
3	5160.23	10D25 = 4909	2580.11	5D25 = 2454.8	1456.21	3D25 = 1472.7	1910.23	6D25 = 2945.2	φ10-90	φ10-150
4	5291.42	10D25 = 4909	2645.71	5D25 = 2454.8	1453.40	3D25 = 1472.7	1859.26	6D25 = 2945.2	φ10-90	φ10-150
Atap	2404.89	5D25 = 2454.8	-	2D25 = 981.80	-	-	-	-	φ10-200	φ10-300

Tabel 4.16.b Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Balok 400/800 Portal As. 9-10 (K=2)

Lantai	Tulangan Tumpuan (mm <sup>2</sup> )				Tulangan Lapangan (mm <sup>2</sup> )				Jarak tulangan geser Av 3φ10 = 235,5 (mm <sup>2</sup> )	
	Luas tulangan atas		Luas tulangan bawah		Luas tulangan atas		Luas tulangan bawah		Di dalam	Di luar
	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang		
1	6660.00	13D25 = 6381,7	3454.34	11D25 = 5399,9	2224.75	5D25 = 2454.8	3414.87	10D25 = 4909	φ10-110	φ10-140
2	6660.00	13D25 = 6381,7	3605.73	11D25 = 5399,9	2749.28	5D25 = 2454.8	4262.96	10D25 = 4909	φ10-110	φ10-140
3	6660.00	13D25 = 6381,7	3857.46	11D25 = 5399,9	2508.04	5D25 = 2454.8	3696.58	10D25 = 4909	φ10-110	φ10-140
4	6660.00	13D25 = 6381,7	3579.47	11D25 = 5399,9	1962.97	5D25 = 2454.8	3567.29	10D25 = 4909	φ10-110	φ10-140
Atap	2404.89	5D25 = 2454.8	-	2D25 = 981.80	-	-	-	-	φ10-200	φ10-300



Tabel 4.17.a Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Kolom 450/700 Portal As. 9-10 (K=1)

It	kolom eksterior kanan															
	Lentur					Geser 4P10					Geser 4P10					
	Mu,k (KNm)	Nu,k (KN)	e (mm)	As perlu (mm <sup>2</sup> )	As pasang (mm <sup>2</sup> )	φPn (KN)	Dalam d=450 mm	Tengah Bentang	Mu,k (KNm)	Nu,k (KN)	e (mm)	As perlu (mm <sup>2</sup> )	As pasang (mm <sup>2</sup> )	φPn (KN)	Dalam d=450 mm	Tengah Bentang
Bm	910.59	1081.76	841.77	9836	22D25=10799,8	1875.79	P10-70	P10-90	910.59	1081.76	841.77	9836	22D25=10799,8	1875.79	P10-70	P10-90
1	910.59	1081.76	841.77	9836	22D25=10799,8	1875.79	P10-70	P10-90	910.59	1081.76	841.77	9836	22D25=10799,8	1875.79	P10-70	P10-90
2	910.59	1081.76	841.77	9836	22D25=10799,8	1875.79	P10-70	P10-90	910.59	1081.76	841.77	9836	22D25=10799,8	1875.79	P10-70	P10-90
3	910.59	1081.76	841.77	9836	22D25=10799,8	1875.79	P10-70	P10-90	910.59	1081.76	841.77	9836	22D25=10799,8	1875.79	P10-70	P10-90
4	910.59	1081.76	841.77	9836	22D25=10799,8	1875.79	P10-70	P10-90	910.59	1081.76	841.77	9836	22D25=10799,8	1875.79	P10-70	P10-90

Tabel 4.17.b Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Kolom 450/700 Portal As. 9-10 (K=2)

It	kolom eksterior kanan															
	Lentur					Geser 4P10					Geser 4P10					
	Mu,k (KNm)	Nu,k (KN)	e (mm)	As perlu (mm <sup>2</sup> )	As pasang (mm <sup>2</sup> )	φPn (KN)	Dalam d=450 mm	Tengah Bentang	Mu,k (KNm)	Nu,k (KN)	e (mm)	As perlu (mm <sup>2</sup> )	As pasang (mm <sup>2</sup> )	φPn (KN)	Dalam d=450 mm	Tengah Bentang
Bm	1291.32	2592.6	841.77	12600	26D25=12763,4	3481.2	P10-60	P10-100	1291.32	2592.6	841.77	12600	26D25=12763,4	3481.2	P10-100	P10-200
1	1291.32	2592.6	841.77	12600	26D25=12763,4	3481.2	P10-60	P10-100	1291.32	2592.6	841.77	12600	26D25=12763,4	3481.2	P10-100	P10-200
2	1291.32	2592.6	841.77	12600	26D25=12763,4	3481.2	P10-60	P10-100	1291.32	2592.6	841.77	12600	26D25=12763,4	3481.2	P10-100	P10-200
3	1291.32	2592.6	841.77	12600	26D25=12763,4	3481.2	P10-60	P10-100	1291.32	2592.6	841.77	12600	26D25=12763,4	3481.2	P10-100	P10-200
4	1291.32	2592.6	841.77	12600	26D25=12763,4	3481.2	P10-60	P10-100	1291.32	2592.6	841.77	12600	26D25=12763,4	3481.2	P10-100	P10-200

Tabel 4.18.a Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Balok 400/800 Portal As. 6,7-8 (K=1)

Lantai	Tulangan Tumpuan (mm <sup>2</sup> )				Tulangan Lapangan (mm <sup>2</sup> )				Jarak tulangan geser Av 3φ10 = 235.5 (mm <sup>2</sup> )	
	Luas tulangan atas		Luas tulangan bawah		Luas tulangan atas		Luas tulangan bawah		Sendi	Luar sendi
	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang		
1	3012.63	8D25 = 3927.0	737.18	4D25 = 1963.6	1193.37	3D25 = 1472.7	1536.12	4D25 = 1963.6	φ10-100	φ10-200
2	3428.48	8D25 = 3927.0	1221.67	4D25 = 1963.6	1428.84	3D25 = 1472.7	1121.77	4D25 = 1963.6	φ10-100	φ10-200
3	3478.48	8D25 = 3927.0	1196.83	4D25 = 1963.6	1456.21	3D25 = 1472.7	981.86	4D25 = 1963.6	φ10-100	φ10-200
4	3478.18	8D25 = 3927.0	955.22	4D25 = 1963.6	1453.40	3D25 = 1472.7	1094.14	4D25 = 1963.6	φ10-100	φ10-200
Atap	2303.36	5D25 = 2454.8	-	2D25 = 819.8	-	-	-	-	φ10-250	φ10-300

Tabel 4.18.b Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Balok 400/800 Portal As. 6,7-8 (K=2)

Lantai	Tulangan Tumpuan (mm <sup>2</sup> )				Tulangan Lapangan (mm <sup>2</sup> )				Jarak tulangan geser Av 3φ10 = 235.5 (mm <sup>2</sup> )	
	Luas tulangan atas		Luas tulangan bawah		Luas tulangan atas		Luas tulangan bawah		Di dalam	Di luar
	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang		
1	3573.72	10D25 = 4909.0	1916.48	6D25 = 2945.2	1873.19	4D25 = 1963.6	2121.57	6D25 = 2945.2	φ10-110	φ10-150
2	4335.97	10D25 = 4909.0	2900.29	6D25 = 2945.2	877.46	4D25 = 1963.6	2379.70	6D25 = 2945.2	φ10-110	φ10-150
3	4431.92	10D25 = 4909.0	2933.70	6D25 = 2945.2	922.57	4D25 = 1963.6	2446.23	6D25 = 2945.2	φ10-110	φ10-150
4	4393.81	10D25 = 4909.0	2225.10	6D25 = 2945.2	859.40	4D25 = 1963.6	2566.75	6D25 = 2945.2	φ10-110	φ10-150
Atap	1985.80	5D25 = 2454.8	-	2D25 = 819.8	-	-	-	-	φ10-250	φ10-300

Tabel 4.19.a Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Kolom 450/700 Portal As. 6,7-8 (K=1)

It	kolom eksterior kiri dan kanan										kolom interior					
	Lentur					Geser 4P10					lentur				Geser 4P10	
	Mu,k (KNm)	Nu,k (KN)	e (mm)	As perlu (mm <sup>2</sup> )	As pasang (mm <sup>2</sup> )	φPn (KN)	Dalam d=450 mm	Tengah Bentang	Mu,k (KNm)	Nu,k (KN)	e (mm)	As perlu (mm <sup>2</sup> )	As pasang (mm <sup>2</sup> )	φPn (KN)	Dalam d=450 mm	Tengah Bentang
Bm	819.06	1127.20	575	6300	14D25=6872.6	1984.91	P10-70	P10-90	1295.42	2957.36	440	10080	22D25=10799.8	3308.78	P10-70	P10-90
1	819.06	1127.20	575	6300	14D25=6872.6	1984.91	P10-70	P10-90	1295.42	2957.36	440	10080	22D25=10799.8	3308.78	P10-70	P10-90
2	819.06	1127.20	575	6300	14D25=6872.6	1984.91	P10-70	P10-90	1295.42	2957.36	440	10080	22D25=10799.8	3308.78	P10-70	P10-90
3	819.06	1127.20	575	6300	14D25=6872.6	1984.91	P10-70	P10-90	1295.42	2957.36	440	10080	22D25=10799.8	3308.78	P10-70	P10-90
4	819.06	1127.20	575	6300	14D25=6872.6	1984.91	P10-70	P10-90	1295.42	2957.36	440	10080	22D25=10799.8	3308.78	P10-70	P10-90

Tabel 4.19.b Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Kolom 450/700 Portal As. 6,7-8 (K=2)

It	kolom eksterior kiri dan kanan										kolom interior					
	Lentur					Geser 4P10					lentur				Geser 4P10	
	Mu,k (KNm)	Nu,k (KN)	e (mm)	As perlu (mm <sup>2</sup> )	As pasang (mm <sup>2</sup> )	φPn (KN)	Dalam d=450 mm	Tengah Bentang	Mu,k (KNm)	Nu,k (KN)	e (mm)	As perlu (mm <sup>2</sup> )	As pasang (mm <sup>2</sup> )	φPn (KN)	Dalam d=450 mm	Tengah Bentang
Bm	1390.81	1683.93	841.77	12600	26D25=12763.4	3481.2	P10-60	P10-100	1429.69	3213.25	841.77	12600	26D25=12763.4	3481.2	P10-100	P10-200
1	1390.81	1683.93	841.77	12600	26D25=12763.4	3481.2	P10-60	P10-100	1429.69	3213.25	841.77	12600	26D25=12763.4	3481.2	P10-100	P10-200
2	1390.81	1683.93	841.77	12600	26D25=12763.4	3481.2	P10-60	P10-100	1429.69	3213.25	841.77	12600	26D25=12763.4	3481.2	P10-100	P10-200
3	1390.81	1683.93	841.77	12600	26D25=12763.4	3481.2	P10-60	P10-100	1429.69	3213.25	841.77	12600	26D25=12763.4	3481.2	P10-100	P10-200
4	1390.81	1683.93	841.77	12600	26D25=12763.4	3481.2	P10-60	P10-100	1429.69	3213.25	841.77	12600	26D25=12763.4	3481.2	P10-100	P10-200

Tabel 4.20.a Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Balok 400/800 Portal As. A-D (K=1)

Lantai	Tulangan Tumpuan (mm <sup>2</sup> )				Tulangan Lapangan (mm <sup>2</sup> )				Jarak tulangan geser Av 3φ10 = 235.5 (mm <sup>2</sup> )	
	Luas tulangan atas		Luas tulangan bawah		Luas tulangan atas		Luas tulangan bawah		Sendi plastis	Luar sendi plastis
	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang		
1	1200.00	4D22 = 1520.4	1233.37	4D22 = 1520.4	225.05	2D22 = 760.2	491.99	2D22 = 760.2	φ10-100	φ10-250
2	1200.00	4D22 = 1520.4	1221.10	4D22 = 1520.4	229.28	2D22 = 760.2	483.86	2D22 = 760.2	φ10-100	φ10-250
3	1200.00	4D22 = 1520.4	1200.00	4D22 = 1520.4	193.51	2D22 = 760.2	420.32	2D22 = 760.2	φ10-100	φ10-250
4	1200.00	4D22 = 1520.4	1200.00	4D22 = 1520.4	117.54	2D22 = 760.2	274.37	2D22 = 760.2	φ10-100	φ10-250
Nok	1200.00	4D22 = 1520.4	1200.00	4D22 = 1520.4	-	2D22 = 760.2	147.64	2D22 = 760.2	φ10-200	φ10-300
Atap	1200.00	4D22 = 1520.4	1200.00	4D22 = 1520.4	62.14	2D22 = 760.2	375.46	2D22 = 760.2	φ10-200	φ10-300

Tabel 4.20.b Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Balok 400/800 Portal As. A-D (K=2)

Lantai	Tulangan Tumpuan (mm <sup>2</sup> )				Tulangan Lapangan (mm <sup>2</sup> )				Jarak tulangan geser Av 3φ10 = 235.5 (mm <sup>2</sup> )	
	Luas tulangan atas		Luas tulangan bawah		Luas tulangan atas		Luas tulangan bawah		Di dalam Darah d	Di luar Darah d
	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang	Perlu	Terpasang		
1	2436.54	7D22 = 2660.7	2150.28	6D22 = 2280.6	485.67	2D22 = 760.2	947.70	4D22 = 1520.4	φ10-110	φ10-180
2	2417.76	7D22 = 2660.7	2156.29	6D22 = 2280.6	490.02	2D22 = 760.2	938.44	4D22 = 1520.4	φ10-110	φ10-180
3	1936.12	7D22 = 2660.7	1652.17	6D22 = 2280.6	415.89	2D22 = 760.2	809.15	4D22 = 1520.4	φ10-110	φ10-180
4	1248.70	7D22 = 2660.7	949.07	6D22 = 2280.6	258.08	2D22 = 760.2	516.44	4D22 = 1520.4	φ10-110	φ10-180
Nok	747.96	4D22 = 1520.4	410.51	4D22 = 1520.4	-	2D22 = 760.2	147.64	4D22 = 1520.4	φ10-200	φ10-300
Atap	625.93	4D22 = 1520.4	149.60	4D22 = 1520.4	62.14	2D22 = 760.2	375.46	4D22 = 1520.4	φ10-200	φ10-300

Tabel 4.21.a Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Kolom 450/700 Portal As. A-D (K=1)

It	kolom eksterior kiri dan kanan						kolom interior									
	Lentur			geser			lentur			geser						
	Mu,k (KNm)	Nu,k (KN)	e (mm)	As perlu (mm <sup>2</sup> )	As pasang (mm <sup>2</sup> )	φPn (KN)	Dalam d=450 mm	Tengah Bentang	Mu,k (KNm)	Nu,k (KN)	e (mm)	As perlu (mm <sup>2</sup> )	As pasang (mm <sup>2</sup> )	φPn (KN)	Dalam d=450 mm	Tengah Bentang
Bm	372.41	370.23	1005	3150	8D25=3927.2	568.39	P10-70	P10-90	744.61	1931.84	385	6300	14D25=6872.6	2289.56	P10-70	P10-90
1	372.41	370.23	1005	3150	8D25=3927.2	568.39	P10-70	P10-90	744.61	1931.84	385	6300	14D25=6872.6	2289.56	P10-70	P10-90
2	372.41	370.23	1005	3150	8D25=3927.2	568.39	P10-70	P10-90	744.61	1931.84	385	6300	14D25=6872.6	2289.56	P10-70	P10-90
3	372.41	370.23	1005	3150	8D25=3927.2	568.39	P10-70	P10-90	744.61	1931.84	385	6300	14D25=6872.6	2289.56	P10-70	P10-90
4	372.41	370.23	1005	3150	8D25=3927.2	568.39	P10-70	P10-90	744.61	1931.84	385	6300	14D25=6872.6	2289.56	P10-70	P10-90

Tabel 4.21.b Tulangan Lentur dan Geser Terpasang Kolom 450/700 Portal As. A-D (K=2)

It	kolom eksterior kiri dan kanan						kolom interior									
	Lentur			Geser 4P10			lentur			Geser 4P10						
	Mu,k (KNm)	Nu,k (KN)	e (mm)	As perlu (mm <sup>2</sup> )	As pasang (mm <sup>2</sup> )	φPn (KN)	Dalam d=450 mm	Tengah Bentang	Mu,k (KNm)	Nu,k (KN)	e (mm)	As perlu (mm <sup>2</sup> )	As pasang (mm <sup>2</sup> )	φPn (KN)	Dalam d=450 mm	Tengah Bentang
Bm	863.62	1245.31	453	6750	14D25=6872.6	1547.6	P10-60	P10-100	891.76	2709.18	330	6750	14D25=6872.6	3081.2	P10-100	P10-200
1	863.62	1245.31	453	6750	14D25=6872.6	1547.6	P10-60	P10-100	891.76	2709.18	330	6750	14D25=6872.6	3081.2	P10-100	P10-200
2	863.62	1245.31	453	6750	14D25=6872.6	1547.6	P10-60	P10-100	891.76	2709.18	330	6750	14D25=6872.6	3081.2	P10-100	P10-200
3	863.62	1245.31	453	6750	14D25=6872.6	1547.6	P10-60	P10-100	891.76	2709.18	330	6750	14D25=6872.6	3081.2	P10-100	P10-200
4	863.62	1245.31	453	6750	14D25=6872.6	1547.6	P10-60	P10-100	891.76	2709.18	330	6750	14D25=6872.6	3081.2	P10-100	P10-200

Tabel 4.22.a Perbandingan Berat Tulangan Lentur Balok 400/800 Portal As.9-10

Lt	Tulangan Tumpuan						Tulangan Lapangan								
	Daktiilitas Penuh (K=1)			Daktiilitas Terbatas (K=2)			Daktiilitas Penuh (K=1)			Daktiilitas Terbatas (K=2)					
	Atas	Bawah	BS (kg/m)	L (m)	Berat (kg)	Atas	Bawah	BS (kg/m)	L (m)	Berat (kg)	Atas	Bawah	BS (kg/m)	L (m)	Berat (kg)
1	10D25	5D25	3.85	4.88	281.53	13D25	11D25	3.85	4.88	450.45	3D25	6D25	3.85	8.75	303.19
2	10D25	5D25	3.85	4.88	281.53	13D25	11D25	3.85	4.88	450.45	3D25	6D25	3.85	8.75	303.19
3	10D25	5D25	3.85	4.88	281.53	13D25	11D25	3.85	4.88	450.45	3D25	6D25	3.85	8.75	303.19
4	10D25	5D25	3.85	4.88	281.53	13D25	11D25	3.85	4.88	450.45	3D25	6D25	3.85	8.75	303.19
Atap	5D25	2D25	3.85	3.25	87.59	5D25	2D25	3.85	3.25	87.59	-	-	3.85	-	-
	Jumlah			1213.71			Jumlah			1889.39			Jumlah		
	Perbandingan			1.00			Perbandingan			1.56			Perbandingan		
										1212.75			Perbandingan		
										1.00			Perbandingan		
										Jumlah			2021.25		
										Perbandingan			1.67		

Tabel 4.22.b Perbandingan Berat Tulangan Lentur Balok 400/800 Portal As.6,7,8

Lt	Tulangan Tumpuan						Tulangan Lapangan								
	Daktiilitas Penuh (K=1)			Daktiilitas Terbatas (K=2)			Daktiilitas Penuh (K=1)			Daktiilitas Terbatas (K=2)					
	Atas	Bawah	BS (kg/m)	L (m)	Berat (kg)	Atas	Bawah	BS (kg/m)	L (m)	Berat (kg)	Atas	Bawah	BS (kg/m)	L (m)	Berat (kg)
1	8D25	4D25	3.85	6.5	300.3	10D25	6D25	3.85	6.5	400.4	3D25	4D25	3.85	11.5	309.93
2	8D25	4D25	3.85	6.5	300.3	10D26	6D26	3.85	6.5	400.4	3D25	4D25	3.85	11.5	309.93
3	8D25	4D25	3.85	6.5	300.3	10D27	6D27	3.85	6.5	400.4	3D25	4D25	3.85	11.5	309.93
4	8D25	4D25	3.85	6.5	300.3	10D28	6D28	3.85	6.5	400.4	3D25	4D25	3.85	11.5	309.93
Atap	5D25	2D25	3.85	3.25	87.58	5D25	2D25	3.85	3.25	87.59	-	-	3.85	-	-
	Jumlah			1288.79			Jumlah			1689.19			Jumlah		
	Perbandingan			1			Perbandingan			1.31			Perbandingan		
										1239.7			Perbandingan		
										1			Perbandingan		
										Jumlah			1771.0		
										Perbandingan			1.43		

Tabel 4.22.c Perbandingan Berat Tulangan Lentur Balok 250/400 Portal As.A-D

Lt	Tulangan Tumpuan						Tulangan Lapangan								
	Daktiilitas Penuh (K=1)			Daktiilitas Terbatas (K=2)			Daktiilitas Penuh (K=1)			Daktiilitas Terbatas (K=2)					
	Atas	Bawah	BS (kg/m)	L (m)	Berat (kg)	Atas	Bawah	BS (kg/m)	L (m)	Berat (kg)	Atas	Bawah	BS (kg/m)	L (m)	Berat (kg)
1	4D22	4D22	2.98	11.2	267.01	7D22	6D22	2.98	11.2	433.89	2D22	2D22	2.98	25.3	301.58
2	4D22	4D22	2.98	11.2	267.01	7D22	6D22	2.98	11.2	433.89	2D22	2D22	2.98	25.3	301.58
3	4D22	4D22	2.98	11.2	267.01	7D22	6D22	2.98	11.2	433.89	2D22	2D22	2.98	25.3	301.58
4	4D22	4D22	2.98	11.2	267.01	7D22	6D22	2.98	11.2	433.89	2D22	2D22	2.98	25.3	301.58
Nok	4D22	4D22	2.98	11.2	267.01	4D22	4D22	2.98	11.2	267.01	2D22	2D22	2.98	25.3	301.58
Atap	4D22	4D22	2.98	8	190.72	4D22	4D22	2.98	8	190.72	2D22	2D22	2.98	19	226.48
	Jumlah			1525.76			Jumlah			2193.28			Jumlah		
	Perbandingan			1			Perbandingan			1.438			Perbandingan		
										2599.56			Perbandingan		
										1			Perbandingan		
										Jumlah			2601.54		
										Perbandingan			1.5		

Tabel 4.23.a Perbandingan Berat Tulangan Lentur Kolom 450/700 Portal As.9-10

Lt	Tinggi (m)	Daktilitas Penuh (K=1)				Daktilitas Terbatas (K=2)			
		Kol ekst kiri		Kol ekst kanan	Berat (kg)	Kol ekst kiri		Kol ekstr kanan	Berat (kg)
		tulangan	BS (kg/m)	tulangan		tulangan	BS (kg/m)	tulangan	
Bm	3.85	22D25	3.85	22D25	326.10	26D25	3.85	26D25	385.39
1	3.85	22D25	3.85	22D25	326.10	26D25	3.85	26D25	385.39
2	3.85	22D25	3.85	22D25	326.10	26D25	3.85	26D25	385.39
3	3.85	22D25	3.85	22D25	326.10	26D25	3.85	26D25	385.39
4	4.88	22D25	3.85	22D25	413.34	26D25	3.85	26D25	488.49
Jumlah					1717.72	Jumlah			
Perbandingan					1.00	Perbandingan			
						2030.03			
						1.18			

Tabel 4.23.b Perbandingan Berat Tulangan Lentur Kolom 450/700 Portal As.6,7,8

Lt	Tinggi (m)	Daktilitas Penuh (K=1)					Daktilitas Terbatas (K=2)				
		eksterior kiri		Eksterior kanan	interior	Berat (kg)	Eksterior kiri		Eksterior kanan	interior	Berat (kg)
		tulangan	BS (kg/m)	tulangan			tulangan	tulangan	BS (kg/m)		
Bm	3.85	14D25	3.85	14D25	22D25	741.13	26D25	3.85	26D25	26D25	1156.16
1	3.85	14D25	3.85	14D25	22D25	741.13	26D25	3.85	26D25	26D25	1156.16
2	3.85	14D25	3.85	14D25	22D25	741.13	26D25	3.85	26D25	26D25	1156.16
3	3.85	14D25	3.85	14D25	22D25	741.13	26D25	3.85	26D25	26D25	1156.16
4	4.88	14D25	3.85	14D25	22D25	939.40	26D25	3.85	26D25	26D25	1465.46
Jumlah						3903.9	Jumlah				
Perbandingan						1	Perbandingan				
							6090.1				
							1.56				

Tabel 4.23.c Perbandingan Berat Tulangan Lentur Kolom 450/700 Portal As.A-D

Lt	tinggi (m)	Daktilitas Penuh (K=1)					Daktilitas Terbatas (K=2)				
		eksterior kiri		Eksterior kanan	interior	Berat (kg)	eksterior kiri		Eksterior kanan	interior	Berat (kg)
		tulangan	BS (kg/m)	tulangan			tulangan	tulangan	BS (kg/m)		
Bmt	3.85	8D25	3.85	8D25	14D25	1482.25	14D25	3.85	14D25	14D25	1660.12
1	3.85	8D25	3.85	8D25	14D25	1482.25	14D25	3.85	14D25	14D25	1660.12
2	3.85	8D25	3.85	8D25	14D25	1482.25	14D25	3.85	14D25	14D25	1660.12
3	3.85	8D25	3.85	8D25	14D25	1482.25	14D25	3.85	14D25	14D25	1660.12
4	4.88	8D25	3.85	8D25	14D25	1878.80	14D25	3.85	14D25	14D25	2104.26
Jumlah						7807.8	Jumlah				
Perbandingan						1	Perbandingan				
							8744.74				
							1.12				

Tabel 4.24.a Perbandingan Berat Tulangan Geser Balok 400/800 Portal As.9-10

Lt	Daktilitas Penuh (K=1)				Daktilitas Terbatas (K=2)				
	Sendi plastis	diluar sendi plastis	BS (kg/m)	Berat (kg)	Sendi plastis	diluar sendi plastis	BS (kg/m)	Berat (kg)	
1	3P10-90	3P10-150	0.617	184.76	3P10-110	3P10-140	0.617	174.95	
2	3P10-90	3P10-150	0.617	184.76	3P10-110	3P10-140	0.617	174.95	
3	3P10-90	3P10-150	0.617	184.76	3P10-110	3P10-140	0.617	174.95	
4	3P10-90	3P10-150	0.617	184.76	3P10-110	3P10-140	0.617	174.95	
Atap	3P10-200	3P10-300	0.617	47.42	3P10-200	3P10-300	0.617	47.42	
<b>Jumlah</b>				<b>786.46</b>	<b>Jumlah</b>				<b>747.22</b>
<b>Perbandingan</b>				<b>1.0525</b>	<b>Perbandingan</b>				<b>1</b>

Tabel 4.24.b Perbandingan Berat Tulangan Geser Balok 400/800 Portal As.6,7,8

Lt	Daktilitas Penuh (K=1)				Daktilitas Terbatas (K=2)				
	Sendi Plastis	Diluar sendi plastis	BS (kg/m)	Berat (kg)	Sendi plastis	Diluar sendi plastis	BS (kg/m)	Berat (kg)	
1	3P10-100	3P10-200	0.617	199.48	3P10-110	3P10-150	0.617	217.46	
2	3P10-100	3P10-200	0.617	199.48	3P10-110	3P10-150	0.617	217.46	
3	3P10-100	3P10-200	0.617	199.48	3P10-110	3P10-150	0.617	217.46	
4	3P10-100	3P10-200	0.617	199.48	3P10-110	3P10-150	0.617	217.46	
Atap	3P10-250	3P10-300	0.617	42.51	3P10-250	3P10-300	0.617	42.51	
<b>Jumlah</b>				<b>840.42</b>	<b>Jumlah</b>				<b>912.35</b>
<b>Perbandingan</b>				<b>1</b>	<b>Perbandingan</b>				<b>1.086</b>

Tabel 4.24.c Perbandingan Berat Tulangan Geser Balok 250/400 Portal As.A-D

Lt	Daktilitas Penuh (K=1)				Daktilitas Terbatas (K=2)				
	Sendi Plastis	Diluar sendi plastis	BS (kg/m)	Berat (kg)	Sendi plastis	Diluar sendi plastis	BS (kg/m)	Berat (kg)	
1	3P10-100	3P10-250	0.617	349.90	3P10-110	3P10-180	0.617	397.32	
2	3P10-100	3P10-250	0.617	349.90	3P10-110	3P10-180	0.617	397.32	
3	3P10-100	3P10-250	0.617	349.90	3P10-110	3P10-180	0.617	397.32	
4	3P10-100	3P10-250	0.617	349.90	3P10-110	3P10-180	0.617	397.32	
Nok	3P10-200	3P10-300	0.617	230.54	3P10-200	3P10-300	0.617	230.54	
Atap	3P10-200	3P10-300	0.617	170.05	3P10-200	3P10-300	0.617	170.05	
<b>Jumlah</b>				<b>1800.19</b>	<b>Jumlah</b>				<b>1989.96</b>
<b>Perbandingan</b>				<b>1</b>	<b>Perbandingan</b>				<b>1.109</b>



Tabel 4.25.a Perbandingan Berat Tulangan Geser Kolom 450/700 Portal As.9-10

Lantai	Daktiilitas Penuh (K=1)				Daktiilitas Terbatas (K=2)			
	Ujung kolom	Tengah kolom	BS (kg/m)	Berat (kg)	Ujung kolom	Tengah kolom	BS (kg/m)	Berat (kg)
brm	4P10-70	4P10-90	0.617	214.85	4P10-100	4P10-200	0.617	112.10
1	4P10-70	4P10-90	0.617	214.85	4P10-100	4P10-200	0.617	112.10
2	4P10-70	4P10-90	0.617	214.85	4P10-100	4P10-200	0.617	112.10
3	4P10-70	4P10-90	0.617	214.85	4P10-100	4P10-200	0.617	112.10
4	4P10-70	4P10-90	0.617	270.90	4P10-100	4P10-200	0.617	135.45
	Jumlah			1130.31	Jumlah			583.54
	Perbandingan			1.936	Perbandingan			1

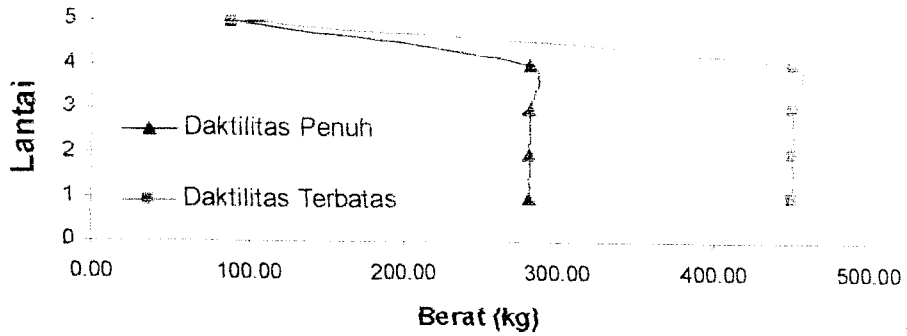
Tabel 4.25.b Perbandingan Berat Tulangan Geser Kolom 450/700 Portal As.6,7,8

Lantai	Daktiilitas Penuh (K=1)						Daktiilitas Terbatas (K=2)						
	eksterior kiri		eksterior kanan		interior		eksterior kiri		eksterior kanan		interior		
Brm	Ujung kolom	Tengah kolom	Ujung kolom	Tengah kolom	Ujung kolom	Tengah kolom	Ujung kolom	Tengah kolom	Ujung kolom	Tengah kolom	Ujung kolom	Tengah kolom	
1	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-60	4P10-100	4P10-60	4P10-100	4P10-100	4P10-200	
2	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-60	4P10-100	4P10-60	4P10-100	4P10-100	4P10-200	
3	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-60	4P10-100	4P10-60	4P10-100	4P10-100	4P10-200	
4	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-60	4P10-100	4P10-60	4P10-100	4P10-100	4P10-200	
	Jumlah						1695.46	Jumlah					
	Perbandingan						1.220	Perbandingan					
							1389.53						
							1						

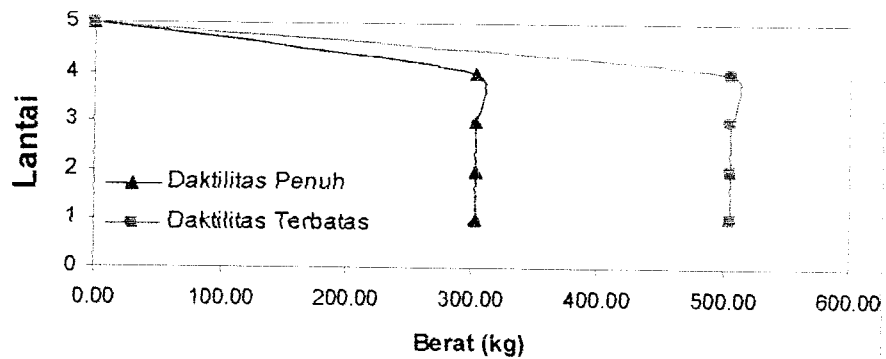
Tabel 4.25.c Perbandingan Berat Tulangan Geser Kolom 450/700 Portal As.A-D

Lantai	Daktiilitas Penuh (K=1)						Daktiilitas Terbatas (K=2)						
	eksterior kiri		eksterior kanan		interior		eksterior kiri		eksterior kanan		interior		
Brm	Ujung kolom	Tengah kolom	Ujung kolom	Tengah kolom	Ujung kolom	Tengah kolom	Ujung kolom	Tengah kolom	Ujung kolom	Tengah kolom	Ujung kolom	Tengah kolom	
1	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-60	4P10-100	4P10-60	4P10-100	4P10-100	4P10-200	
2	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-60	4P10-100	4P10-60	4P10-100	4P10-100	4P10-200	
3	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-60	4P10-100	4P10-60	4P10-100	4P10-100	4P10-200	
4	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-70	4P10-90	4P10-60	4P10-100	4P10-60	4P10-100	4P10-100	4P10-200	
	Jumlah						4035.48	Jumlah					
	Perbandingan						1.560	Perbandingan					
							2587.56						
							1						

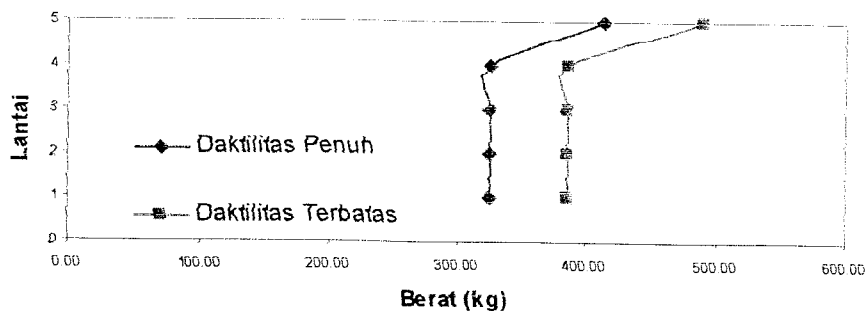
**Perbandingan Berat Tulangan Lentur Balok Portal As 9-10 pada Tumpuan**

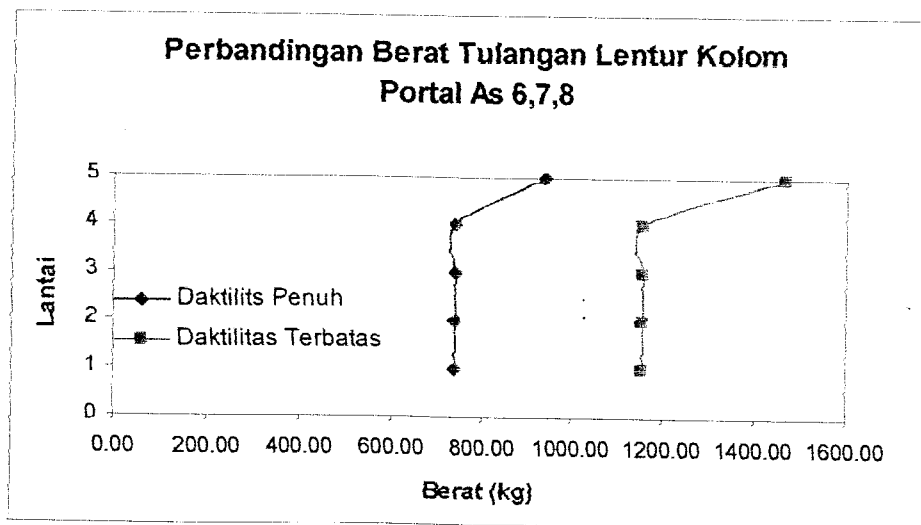
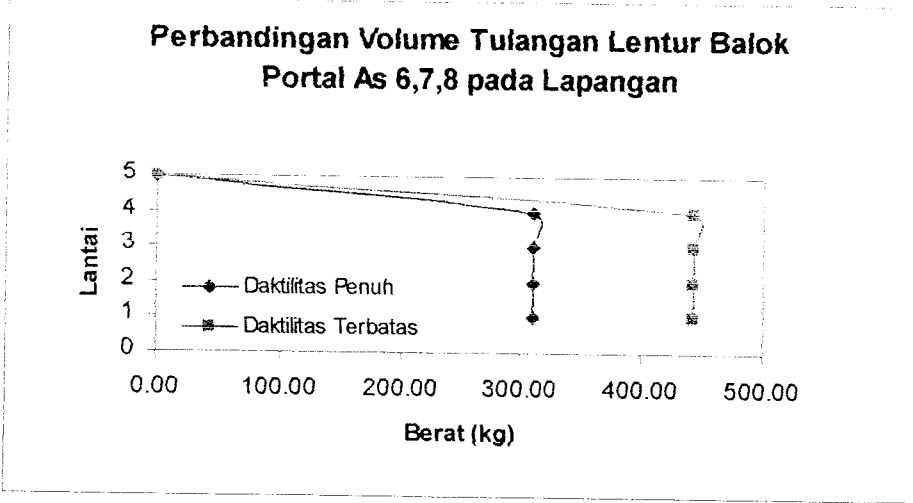
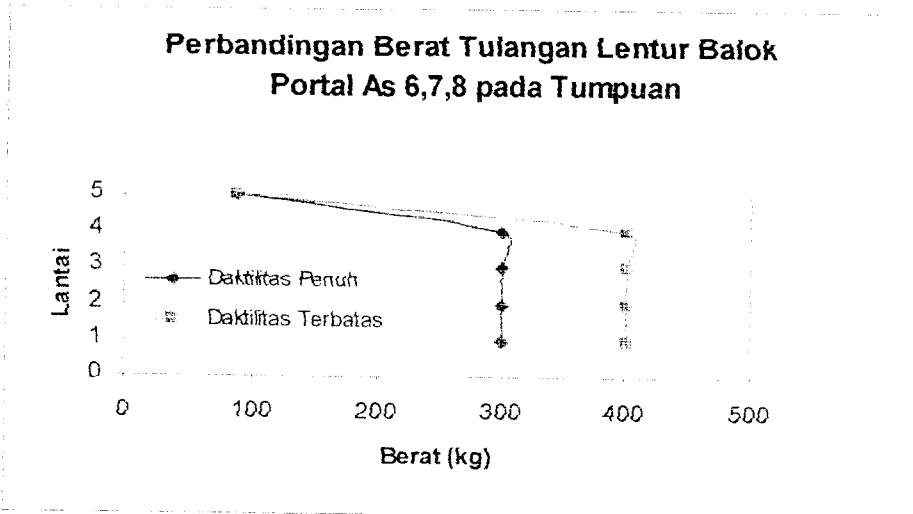


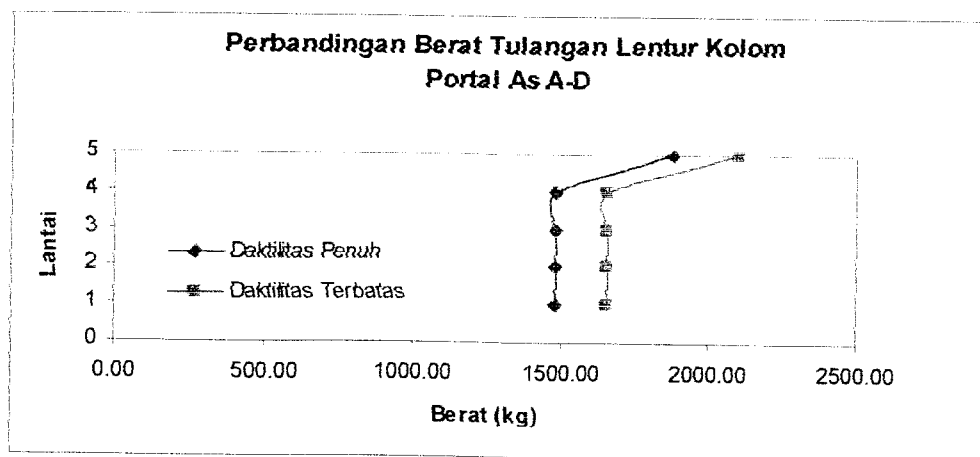
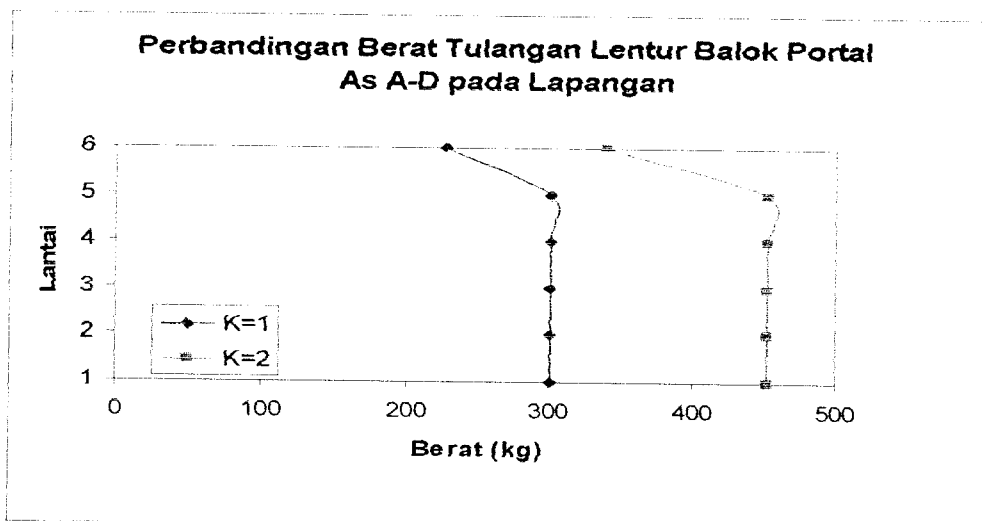
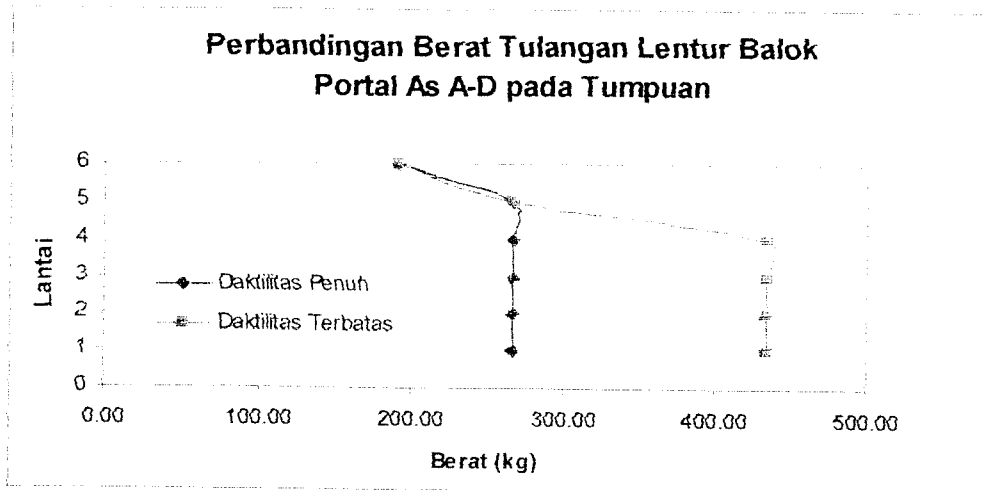
**Perbandingan Berat Tulangan Lentur Balok Portal As 9-10 pada Lapangan**

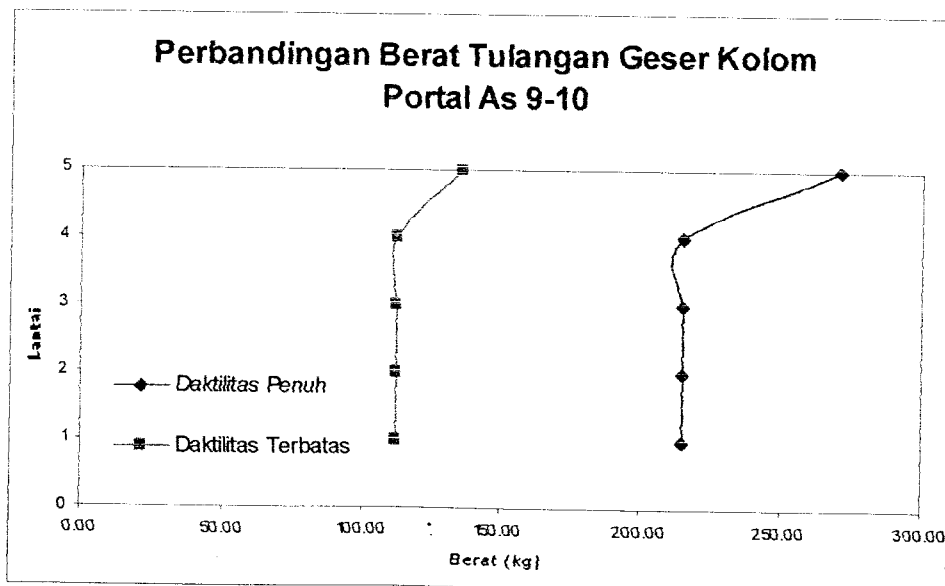
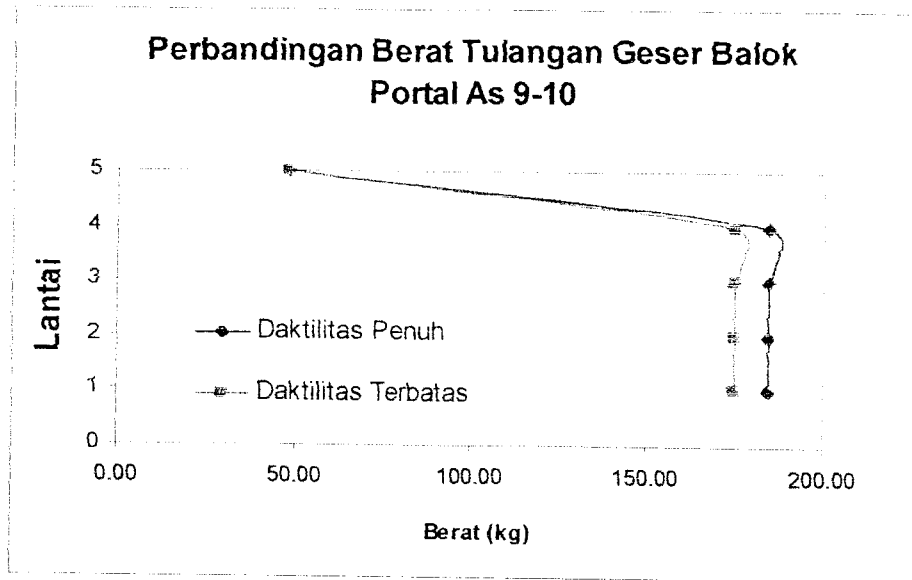


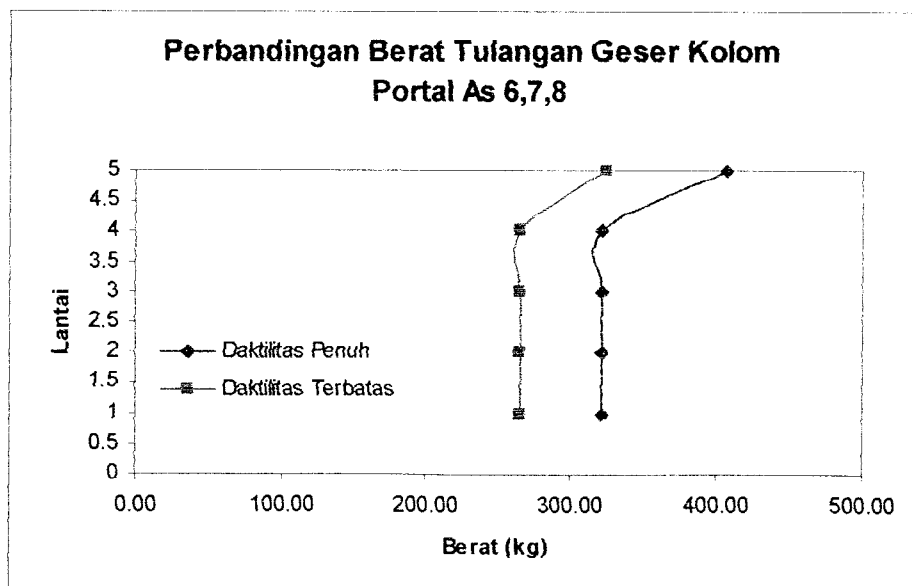
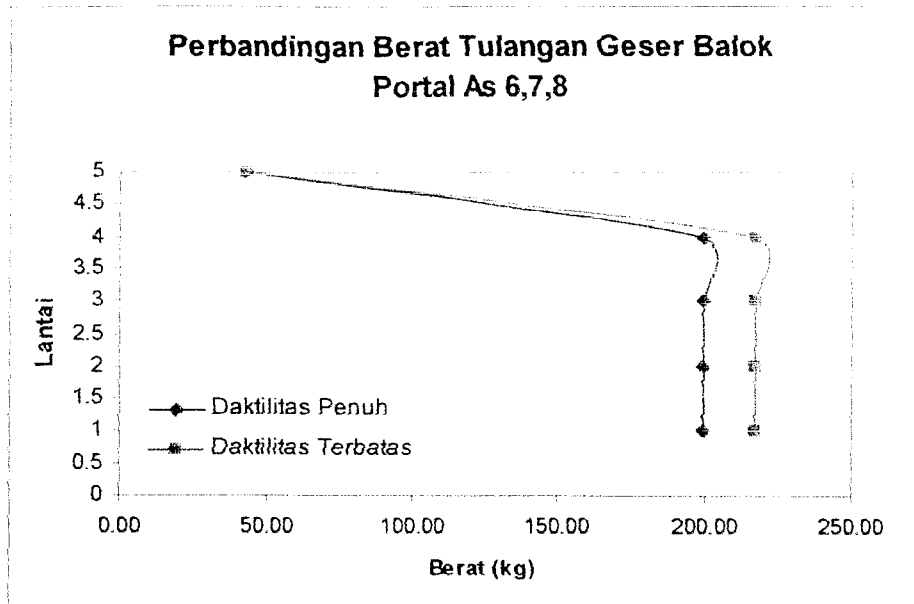
**Perbandingan Berat Tulangan Lentur Kolom Portal As 9-10**

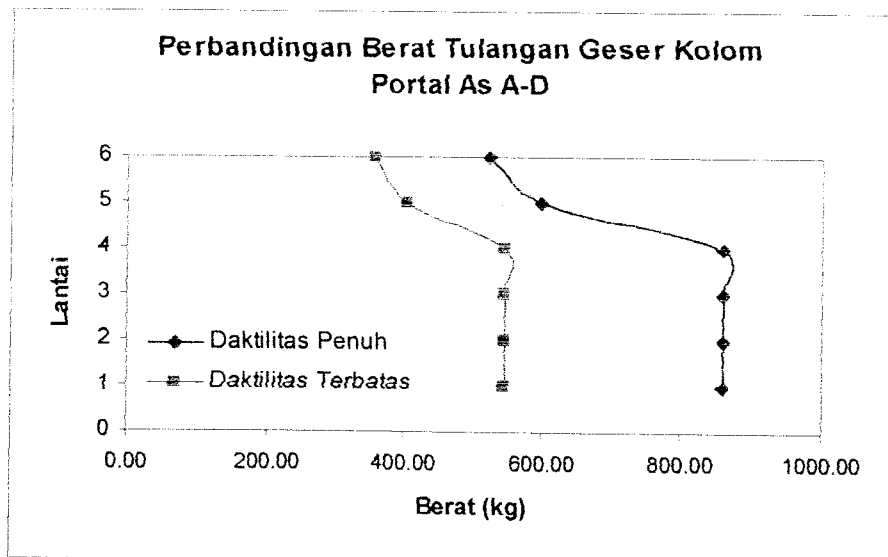
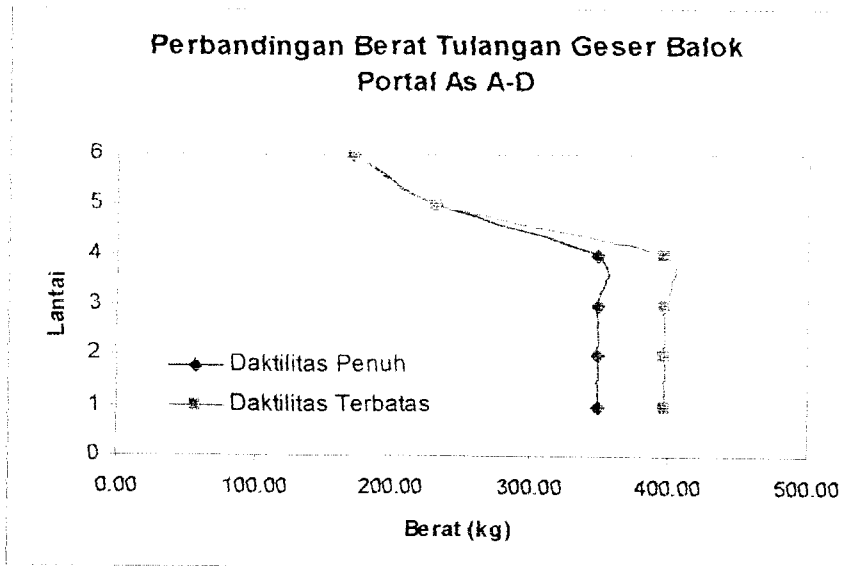












## BAB V

### PEMBAHASAN

Dari perhitungan struktur dengan dimensi yang sama pada bab IV, diperlihatkan perbedaan-perbedaan antara daktilitas terbatas ( $K=2$ ) dan daktilitas penuh ( $K=1$ ) yang akan dibahas berikut ini:

#### 5.1 Desain Lentur Balok

Momen yang dihasilkan dari perhitungan mekanika struktur sering memberikan perbedaan yang besar antara momen tumpuan dan lapangan, sehingga perlu dilakukan distribusi momen. Dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut:

**Tabel 5.1** Momen Balok Teredistribusi Portal As 9-10 dengan Daktilitas Penuh

Lt	Momen Tumpuan		Momen Lapangan	Momen Tumpuan Teredistribusi		Momen Lapangan Teredistribusi
	positif	negatif		Positif	Negatif	
1	363.33	1169.68	446.51	480.29	1052.71	563.48
2	397.08	1196.13	506.15	540.14	1049.07	649.21
3	324.83	1141.37	472.22	438.97	1027.23	586.35
4	337.76	1164.83	460.38	454.24	1048.34	576.86

**Tabel 5.2** Momen Balok Teredistribusi Portal As 9-10 dengan Daktilitas Terbatas

Lt	Momen Tumpuan		Momen Lapangan	Momen Tumpuan Teredistribusi		Momen Lapangan Teredistribusi
	positif	negatif		Positif	Negatif	
1	811.23	1676.50	803.04	643.58	1844.15	635.39
2	939.17	1808.22	973.53	758.34	1989.04	792.70
3	893.45	1788.76	860.95	714.57	1967.63	682.07
4	837.03	1605.18	834.53	676.51	1765.69	674.01



**Tabel 5.3** Momen Balok Teredistribusi Portal As 6,7,8 dengan Daktilitas Penuh

Lt	Momen Tumpuan		Momen Lapangan	Momen Tumpuan Teredistribusi		Momen Lapangan Teredistribusi
	positif	negatif		Positif	Negatif	
1	189.16	625.59	284.34	308.96	505.78	404.14
2	308.00	702.00	284.39	447.14	562.85	423.53
3	302.70	710.97	245.08	440.9	572.74	383.30
4	243.44	710.54	277.64	371.74	582.25	405.94

**Tabel 5.4** Momen Balok Teredistribusi Portal As 6,7,8 dengan Daktilitas Terbatas

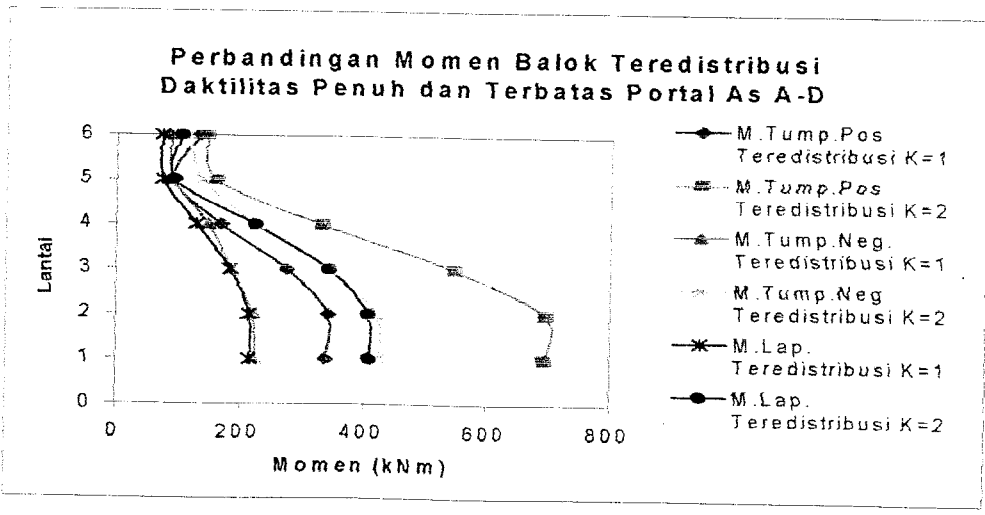
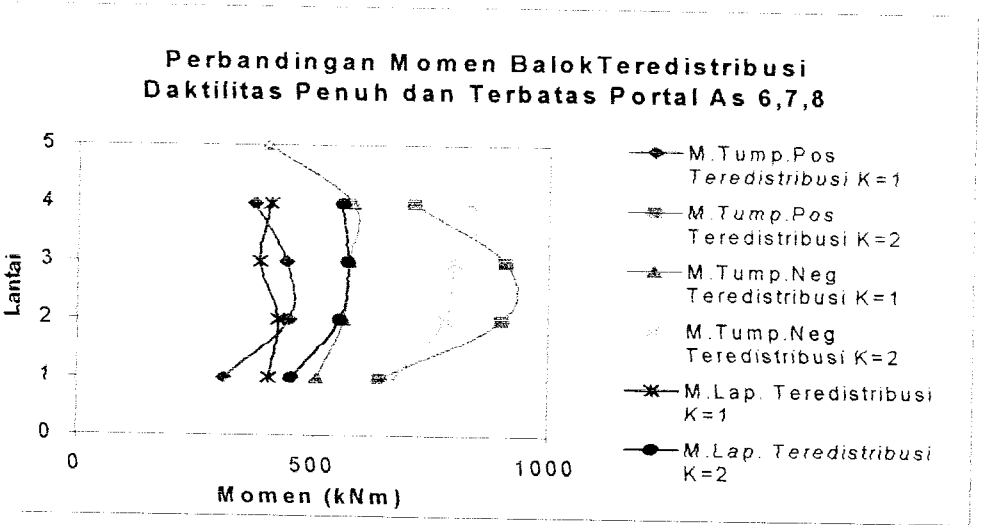
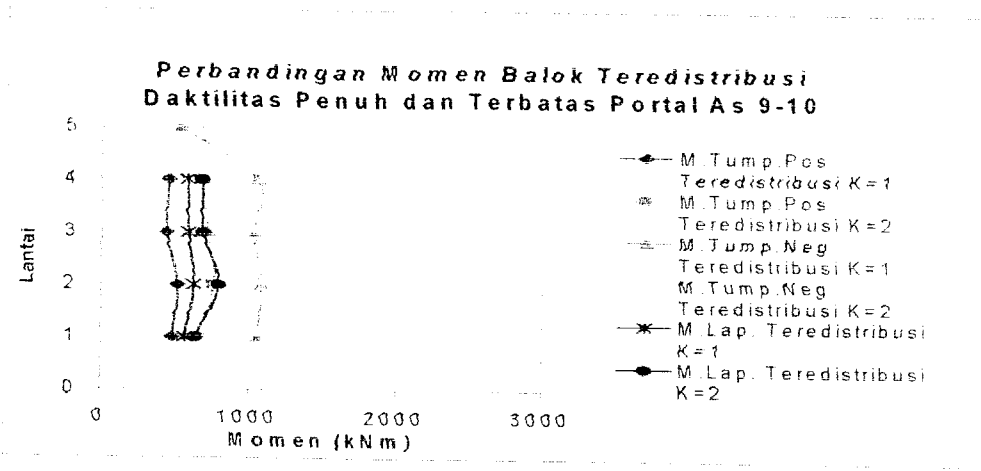
Lt	Momen Tumpuan		Momen Lapangan	Momen Tumpuan Teredistribusi		Momen Lapangan Teredistribusi
	positif	negatif		Positif	Negatif	
1	473.67	835.85	284.34	640.88	668.64	451.55
2	693.98	987.67	346.93	902.19	779.46	555.14
3	701.19	1006.12	362.89	909.13	798.18	570.83
4	544.45	998.81	391.62	710.88	832.38	558.05

**Tabel 5.5** Momen Balok Teredistribusi Portal As A-D dengan Daktilitas Penuh

Lt	Momen Tumpuan		Momen Lapangan	Momen Tumpuan Teredistribusi		Momen Lapangan Teredistribusi
	positif	negatif		Positif	Negatif	
1	249.17	311.58	127.21	338.04	222.70	216.08
2	253.09	308.60	125.14	341.61	220.07	213.67
3	200.25	259.26	108.92	274.47	185.03	183.14
4	111.2	204.64	71.42	168.24	147.59	128.47
Nok	54.69	125.96	38.58	90.48	90.16	74.37

**Tabel 5.6** Momen Balok Teredistribusi Portal As A-D dengan Daktilitas Terbatas

Lt	Momen Tumpuan		Momen Lapangan	Momen Tumpuan Teredistribusi		Momen Lapangan Teredistribusi
	positif	negatif		Positif	Negatif	
1	527.43	592.06	241.58	694.96	424.52	409.11
2	528.8	587.86	239.29	696.01	420.64	406.50
3	411.84	478.22	207.16	547.32	342.73	342.64
4	241.92	315.3	133.43	331.03	226.18	222.54
Nok	106.41	191.86	38.58	160.25	138.01	92.42



Dari Tabel 5.1 sampai dengan Tabel 5.6 dan gambar grafik perbandingan momen teredistribusi antara daktilitas penuh dan daktilitas terbatas menunjukkan bahwa daktilitas terbatas menghasilkan momen teredistribusi yang lebih besar daripada daktilitas penuh, hal ini disebabkan karena daktilitas terbatas memiliki nilai  $K=2$ , sedangkan daktilitas penuh  $K=1$ . Tulangan longitudinal antara daktilitas terbatas dan penuh memiliki perbandingan berat total 1:1,34 seperti terlihat pada tabel 4.22.a, 4.22.b, 4.22.c perbandingan berat tulangan lentur balok halaman 204.

### **5.2 Desain Geser Balok**

Meskipun gaya geser yang dihasilkan dari daktilitas terbatas lebih besar dibandingkan daktilitas penuh, namun pada perencanaan tulangan geser daktilitas penuh, terutama pada daerah sendi plastis sepanjang  $2h$  dari muka kolom beton dianggap tidak memberikan sumbangan tahanan ( $V_c = 0$ ), sehingga beban geser mutlak ditahan oleh tulangan geser, sedangkan daktilitas terbatas pada daerah sepanjang  $d$  dari muka kolom gaya geser yang disumbangkan beton dihitung setelahnya ( $\frac{1}{2} V_c$ ). Tulangan transversal antara daktilitas penuh dan terbatas memiliki perbandingan berat total 1:1,29 seperti terlihat pada tabel 4.24.a, 4.24.b, 4.24.c perbandingan berat tulangan transversal balok halaman 206.

### **5.3 Desain Lentur Kolom**

Momen rencana kolom daktilitas penuh diperoleh dari momen kapasitas balok yang nilainya sebanding dengan momen aktual balok dikalikan faktor penambahan kekuatan (*over strength factor*), bertujuan untuk mengantisipasi adanya peningkatan kuat lentur balok sehingga terbentuk mekanisme *strong*

*column weak beam*. Pada perencanaan daktilitas terbatas momen rencana kolom tidak menggunakan momen kapasitas balok. Hal ini mengakibatkan jumlah tulangan longitudinal untuk perencanaan dengan daktilitas penuh lebih sedikit daripada perencanaan dengan daktilitas terbatas.

Perencanaan menggunakan konsep daktilitas tidak menginginkan terjadinya sendi-sendi plastis pada ujung-ujung kolom, maka pendistribusian momen perlu memperhatikan pengaruh beban dinamis dengan mengalikan faktor pembesaran dinamis. Tulangan longitudinal antara daktilitas terbatas dan penuh memiliki perbandingan berat berkisar antara 1:1,06 seperti terlihat pada tabel 4.23.a, 4.23.b, 4.23.c perbandingan berat tulangan lentur kolom halaman 205.

#### **5.4 Desain Geser Kolom**

Hasil perhitungan gaya geser rencana kolom untuk daktilitas terbatas lebih kecil daripada daktilitas penuh hal ini disebabkan karena perencanaan geser kolom untuk daktilitas penuh ditentukan berdasarkan momen kapasitas pada ujung-ujung balok sedangkan perencanaan dengan daktilitas terbatas kuat geser kolom ditentukan berdasarkan gaya geser akibat beban gravitasi dan gempa terfaktor.

Pada daktilitas terbatas beton menyumbangkan gaya geser sebesar  $\frac{1}{2} V_c$  pada daerah ujung kolom, sedangkan untuk daktilitas penuh pada daerah ujung kolom kemampuan geser beton diabaikan, dan semuanya ditahan oleh tulangan geser, dengan demikian jumlah tulangan geser untuk perencanaan daktilitas penuh lebih banyak daripada daktilitas terbatas, sedangkan pada daerah tengah bentang kontribusi geser beton tetap diperhitungkan. Tulangan transversal antara daktilitas

terbatas dan penuh memiliki perbandingan berat total 1:1,57 seperti terlihat pada tabel 4.25.a, 4.25.b, 4.25.c perbandingan berat tulangan transversal kolom halaman 207.

### 5.5 Pertemuan Balok Kolom

Ada dua macam jenis keruntuhan yang perlu diperiksa, yaitu yang berhubungan dengan keruntuhan geser. Gaya geser yang didapat dari perencanaan kapasitas besarnya dapat mencapai 4 sampai 5 kali lebih besar dari gaya geser yang terjadi pada kolom yang berdekatan dan gaya ini dapat menyebabkan keruntuhan diagonal tarik, bila didalam joint tidak terdapat penulangan geser yang cukup. Keruntuhan ini dapat terjadi sebelum daktilitas didalam sendi-sendi plastis balok struktur rangka tercapai.

Keruntuhan berikutnya adalah keruntuhan ikatan (*bond*). Suatu pemeriksaan menunjukkan bahwa tegangan lekat pada penulangan yang melewati joint dalam, besarnya mencapai 4 sampai 5 kali lebih besar daripada yang disyaratkan. Slip tulangan yang lewat inti joint balok terjadi dan mengakibatkan penurunan kekuatan yang cukup drastis dan berkurangnya kemampuan struktur rangka beton bertulang untuk memancarkan energi. Keruntuhan penjangkaran akibat penarikan tulangan pada joint luar dapat mengakibatkan keruntuhan total.

Kuat geser joint balok kolom sangat ditentukan oleh interaksi dua fungsi mekanisme, yaitu:

1. Beban tekan lentur yang bekerja pada sejumlah komponen struktur yang berdekatan secara bersama-sama membentuk strat diagonal sepanjang joint. Apabila sendi-sendi plastis dibatasi terjadinya pada balok-balok yang

tegangan-tegangan diagonal tekan pada inti join tidak terlalu besar dan masih dapat ditahan.

2. Untuk mengimbangi jumlah gaya lekat yang harus disalurkan oleh tulangan balok dan kolom kepada beton pada inti join. Strat-strat diagonal akan memikul tegangan-tegangan tekan apabila gaya-gaya kekang vertikal dan horizontal dapat dijamin bekerja. Untuk itu diperlukan tulangan geser horizontal untuk menjamin adanya gaya kekang horizontal pada tepi join. Sementara gaya kekang vertikal pada join dijamin oleh adanya gaya tekan kolom. Tulangan geser vertikal diperlukan bila pada join tidak ada gaya tekan kolom yang berarti. Terjadinya sendi-sendi plastis pada balok tepat dimuka kolom dapat mengakibatkan tidak terjadinya mekanisme pertama, yang mengakibatkan diperlukan semakin banyak tulangan geser horizontal pada join.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur tahan gempa dengan dimensi sama menggunakan prinsip daktilitas penuh dan daktilitas terbatas, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Daktilitas penuh memerlukan tulangan lentur terpasang yang lebih sedikit. Ini membuktikan bahwa daktilitas penuh memiliki kekuatan lentur yang lebih besar dibanding daktilitas terbatas.
2. Jumlah tulangan geser terpasang lebih besar dihasilkan oleh perhitungan daktilitas penuh dibanding daktilitas terbatas, oleh karena itu pada pemasangan tulangan geser memerlukan pendetailan yang lebih rumit, terutama di daerah yang memungkinkan terjadi sendi-sendi plastis, untuk pemasangan tulangan geser daerah tengah bentang daktilitas terbatas lebih rapat akan tetapi perbedaannya tidak terlalu besar.
3. Volume tulangan yang diperlukan pada daktilitas terbatas lebih banyak dibanding daktilitas penuh, sehingga pada perencanaan struktur dengan dimensi yang sama daktilitas penuh lebih ekonomis.

## 6.2 Saran

Perencanaan struktur gedung tahan gempa menggunakan prinsip daktilitas sangat berbeda dengan perhitungan struktur gedung konvensional. Banyak faktor yang harus diperhatikan, antara lain seperti perbedaan wilayah gempa, keutamaan struktur, perbedaan tingkat daktilitas, yang kesemuanya itu harus ditetapkan secara akurat agar struktur yang akan direncanakan dapat secara optimal dari segi ketahanan dan ekonomis.

Pemahaman dasar mengenai konsep perhitungan, dan langkah-langkah penyelesaian secara teliti merupakan modal sukses dalam merencanakan suatu struktur bangunan tahan gempa. Untuk itu kami sangat mengharapkan agar para pembaca untuk benar-benar memahami apa itu daktilitas dan sangat berhati-hati dalam melakukan perencanaan.

Akhir kata selamat mencoba dan semoga sukses. Amin.



## DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Budiono, Ir., ME., 1989, Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Beban Seismik Menurut Pedoman Beton 1989, Makalah Seminar, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, "Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung SKBI 1.3.53.1987.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983, "Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1991, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung" (SK SNI T-16-1991-03), Yayasan LPMB, Bandung.
- Dipohusodo, I., 1994, "Struktur Beton Bertulang", Gramedia, Jakarta.
- Kusuma, G., Andriono, T., 1993, Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa, Erlangga, Jakarta.
- M. Agus Subandi, dan Taufan Hastanto, 2000, Analisis Dan Desain Bangunan Bertingkat Tahan Gempa Dengan Variabel Tingkat Daktilitas, Tugas Akhir S-1, Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII.
- Park Paulay, 1975, Reinforced Concrete Structures, Jhon Wiley & Sons, Hal 545-552.
- Sri Achyu Rachmanuwati, 2000, Stusi Komparasi Tulangan Geser Pada Kolom Struktur Berlantai 10 Sesuai Zona Wilayah Gempa Indonesia, Tugas Akhir S-1, Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII.

- Tjokrodinuljo, K., 1993, Buku Ajar Teknik Gempa, Jurusan Teknik Sipil, UGM.
- \_\_\_\_\_ , 2000, Tata Cara Perencanaan Struktur Bja Untuk Bangunan Gedung : Dengan Metoda LRFD 2000, Pusat Penelitian Antar Universitas Ilmu Rekayasa Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- \_\_\_\_\_ , Data Perencanaan Proyek Pembangunan Gedung Kampus Terpadu Unit VII Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

# LAMPIRAN

# 1.INPUT SAP90 PORTAL As-6

## 1.a. Akibat Beban Mati

ANALISIS PORTAL AS-6

SATUAN KN-M

SYSTEM

L=1 : BEBAN MATI

JOINTS

1 X=3.5 Y=0 Z=0  
 2 X=15.5 Y=0  
 3 X=21.5 Y=0  
 4 X=3.5 Y=3.85  
 25 X=3.5 Y=15.4 G=4,25,7  
 5 X=6.5 Y=3.85  
 26 X=6.5 Y=15.4 G=5,26,7  
 6 X=9.5 Y=3.85  
 27 X=9.5 Y=15.4 G=6,27,7  
 7 X=12.5 Y=3.85  
 28 X=12.5 Y=15.4 G=7,28,7  
 8 X=15.5 Y=3.85  
 29 X=15.5 Y=15.4 G=8,29,7  
 9 X=18.5 Y=3.85  
 30 X=18.5 Y=15.4 G=9,30,7  
 10 X=21.5 Y=3.85  
 31 X=21.5 Y=15.4 G=10,31,7  
 32 X=0 Y=18.08  
 33 X=3.5 Y=18.08  
 34 X=15.5 Y=18.08  
 35 X=19 Y=18.08  
 36 X=3.5 Y=20.28  
 37 X=15.5 Y=20.28

RESTRAINTS

1 3 1 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

NM=5 NL=3 NSEC=3

C MATERIAL PROPERTY

1 SH=R T=0.2,0.3 E=2.23E7 W=0.2\*0.3\*24  
 2 SH=R T=0.3,0.4 E=2.23E7 W=0.3\*0.4\*24  
 3 SH=R T=0.45,0.45 E=2.23E7 W=0.45\*0.45\*24  
 4 SH=R T=0.45,0.7 E=2.23E7 W=0.45\*0.7\*24  
 5 SH=R T=0.40,0.8 E=2.23E7 W=0.4\*0.8\*24

C SPAN LOADING

1 WL=0,-16.2,0  
 2 WL=0,-14.5,0  
 3 WL=0,-5.0,0

C ELEMENT LOCATION

1 1 4 M=4 LP=1,0  
 2 2 8 M=4 LP=1,0  
 3 3 10 M=3 LP=1,0 G=3,3,7,7  
 4 4 11 M=4 LP=1,0 G=2,3,7,7  
 5 8 15 M=4 LP=1,0 G=2,3,7,7  
 13 25 33 M=4 LP=1,0  
 14 29 34 M=4 LP=1,0  
 15 33 36 M=4 LP=1,0  
 16 34 37 M=4 LP=1,0  
 17 1 2 M=2 LP=1,0 NSL=3  
 18 2 3 M=1 LP=1,0 NSL=3  
 19 4 5 M=5 LP=1,0 NSL=1 G=3,6,7,7  
 20 5 6 M=5 LP=1,0 NSL=1 G=3,6,7,7  
 21 6 7 M=5 LP=1,0 NSL=1 G=3,6,7,7  
 22 7 8 M=5 LP=1,0 NSL=1 G=3,6,7,7  
 23 8 9 M=5 LP=1,0 NSL=1 G=3,6,7,7  
 24 9 10 M=5 LP=1,0 NSL=1 G=3,6,7,7  
 43 32 33 M=5 LP=1,0 NSL=2  
 44 34 35 M=5 LP=1,0 NSL=2

LOADS

```

5 26 7 L=1 F=0,-39.56,0
6 27 7 L=1 F=0,-39.56,0
7 28 7 L=1 F=0,-39.56,0
9 30 7 L=1 F=0,-39.56,0
32      L=1 F=0,-45.72,0
35      L=1 F=0,-45.72,0
36      L=1 F=0,-28.60,0
37      L=1 F=0,-28.60,0

```

```

COMBO
1 C=1

```

### 1.b. Akibat Beban Gempa Kanan

ANALISIS PORTAL AS-6 (K=1)

SATUAN KN-M

SYSTEM

L=1 : BEBAN GEMPA KANAN

JOINTS

```

1 X=3.5 Y=0 Z=0
2 X=15.5 Y=0
3 X=21.5 Y=0
4 X=3.5 Y=3.85
25 X=3.5 Y=15.4 G=4,25,7
5 X=6.5 Y=3.85
26 X=6.5 Y=15.4 G=5,26,7
6 X=9.5 Y=3.85
27 X=9.5 Y=15.4 G=6,27,7
7 X=12.5 Y=3.85
28 X=12.5 Y=15.4 G=7,28,7
8 X=15.5 Y=3.85
29 X=15.5 Y=15.4 G=8,29,7
9 X=18.5 Y=3.85
30 X=18.5 Y=15.4 G=9,30,7
10 X=21.5 Y=3.85
31 X=21.5 Y=15.4 G=10,31,7
32 X=0 Y=18.08
33 X=3.5 Y=18.08
34 X=15.5 Y=18.08
35 X=19 Y=18.08
36 X=3.5 Y=20.28
37 X=15.5 Y=20.28

```

RESTRAINTS

```

1 3 1 R=1,1,1,1,1,1

```

FRAME

NM=5 NSEC=3

C MATERIAL PROPERTY

```

1 SH=R T=0.2,0.3 E=2.23E7 W=0.2*0.3*24
2 SH=R T=0.3,0.4 E=2.23E7 W=0.3*0.4*24
3 SH=R T=0.45,0.45 E=2.23E7 W=0.45*0.45*24
4 SH=R T=0.45,0.7 E=2.23E7 W=0.45*0.7*24
5 SH=R T=0.4,0.8 E=2.23E7 W=0.4*0.8*24

```

C ELEMENT LOCATION

```

1 1 4 M=4 LP=1,0
2 2 8 M=4 LP=1,0
3 3 10 M=3 LP=1,0 G=3,3,7,7
4 4 11 M=4 LP=1,0 G=2,3,7,7
5 8 15 M=4 LP=1,0 G=2,3,7,7
13 25 33 M=4 LP=1,0
14 29 34 M=4 LP=1,0
15 33 36 M=4 LP=1,0
16 34 37 M=4 LP=1,0
17 1 2 M=2 LP=1,0
18 2 3 M=1 LP=1,0
19 4 5 M=5 LP=1,0 G=3,6,7,7
20 5 6 M=5 LP=1,0 G=3,6,7,7
21 6 7 M=5 LP=1,0 G=3,6,7,7
22 7 8 M=5 LP=1,0 G=3,6,7,7

```

```

23 8 9 M=5 LP=1,0 G=3,6,7,7
24 9 10 M=5 LP=1,0 G=3,6,7,7
43 32 33 M=5 LP=1,0
44 34 35 M=5 LP=1,0

```

## LOADS

```

10 L=1 F=-39.20,0,0
17 L=1 F=-78.39,0,0
24 L=1 F=-117.59,0,0
31 L=1 F=-156.78,0,0
37 L=1 F=-109.62,0,0

```

## COMBO

```

1 C=1

```

**2.INPUT SAP90 As-9**

## ANALISIS PORTAL AS-9

SATUAN KN-M

SYSTEM

L=1 : BEBAN MATI

JOINTS

```

1 X=3.5 Y=0 Z=0
2 X=15.5 Y=0
3 X=3.5 Y=3.85
21 X=3.5 Y=15.4 G=3,21,6
4 X=6.5 Y=3.85
22 X=6.5 Y=15.4 G=4,22,6
5 X=9.5 Y=3.85
23 X=9.5 Y=15.4 G=5,23,6
6 X=12.5 Y=3.85
24 X=12.5 Y=15.4 G=6,24,6
7 X=15.5 Y=3.85
25 X=15.5 Y=15.4 G=7,25,6
8 X=18 Y=3.85
26 X=18 Y=15.4 G=8,26,6
27 X=0 Y=18.08
28 X=3.5 Y=18.08
29 X=15.5 Y=18.08
30 X=19 Y=18.08
31 X=3.5 Y=20.28
32 X=15.5 Y=20.28

```

## RESTRAINTS

```

1 32 1 R=0,0,1,1,1,0
1 2 1 R=1,1,1,1,1,1

```

## FRAME

NM=4 NL=4 NSEC=3

## C MATERIAL PROPERTY

```

1 SH=R T=0.4,0.8 E=2.23E7 W=0.4*0.8*24
2 SH=R T=0.4,0.4 E=2.23E7 W=0.4*0.4*24
3 SH=R T=0.3,0.4 E=2.23E7 W=0.3*0.4*24
4 SH=R T=0.45,0.7 E=2.23E7 W=0.45*0.7*24

```

## C SPAN LOADING

```

1 WL=0,-16.2,0
2 WL=0,-5,0
3 WL=0,-14.8,0
4 WL=0,-14.4,0

```

## C ELEMENT LOCATION

```

1 1 3 M=4 LP=1,0
2 2 7 M=4 LP=1,0
3 3 9 M=4 LP=1,0 G=2,2,6,6
4 7 13 M=4 LP=1,0 G=2,2,6,6
9 21 28 M=4 LP=1,0
10 25 29 M=4 LP=1,0
11 28 31 M=4 LP=1,0
12 29 32 M=4 LP=1,0
13 1 2 M=3 LP=1,0 NSI=2

```

```

14 3 4 M=1 LP=1,0 NSL=1 G=3,5,6,6
15 4 5 M=1 LP=1,0 NSL=1 G=3,5,6,6
16 5 6 M=1 LP=1,0 NSL=1 G=3,5,6,6
17 6 7 M=1 LP=1,0 NSL=1 G=3,5,6,6
18 7 8 M=2 LP=1,0 NSL=3 G=3,5,6,6
34 27 28 M=2 LP=1,0 NSL=4
35 29 30 M=2 LP=1,0 NSL=4

```

## LOADS

```

4 22 6 L=1 F=0,-52.74,0
5 23 6 L=1 F=0,-52.74,0
6 24 6 L=1 F=0,-52.74,0
8 26 6 L=1 F=0,-46.8,0
27 L=1 F=0,-37.08,0
30 L=1 F=0,-37.08,0
31 L=1 F=0,-28.6,0
32 L=1 F=0,-28.6,0

```

## COMBO

```
1 C=1
```

**3.INPUT SAP90 As-A**

## ANALISIS PORTAL AS-A

SATUAN KN-M

SYSTEM

L=1 : BEBAN MATI

JOINTS

```

1 X=0 Y=0 Z=0
2 X=6 Y=0
3 X=9 Y=0
4 X=15 Y=0
5 X=21 Y=0
6 X=27 Y=0
7 X=33 Y=0
8 X=36.5 Y=0
9 X=0 Y=3.85
48 X=0 Y=15.4 G=9,48,13
10 X=3 Y=3.85
49 X=3 Y=15.4 G=10,49,13
11 X=6 Y=3.85
50 X=6 Y=15.4 G=11,50,13
12 X=9 Y=3.85
51 X=9 Y=15.4 G=12,51,13
13 X=12 Y=3.85
52 X=12 Y=15.4 G=13,52,13
14 X=15 Y=3.85
53 X=15 Y=15.4 G=14,53,13
15 X=18 Y=3.85
54 X=18 Y=15.4 G=15,54,13
16 X=21 Y=3.85
55 X=21 Y=15.4 G=16,55,13
17 X=24 Y=3.85
56 X=24 Y=15.4 G=17,56,13
18 X=27 Y=3.85
57 X=27 Y=15.4 G=18,57,13
19 X=30 Y=3.85
58 X=30 Y=15.4 G=19,58,13
20 X=33 Y=3.85
59 X=33 Y=15.4 G=20,59,13
21 X=36.5 Y=3.85
60 X=36.5 Y=15.4 G=21,60,13
61 X=0 Y=18
62 X=6 Y=18
63 X=9 Y=18
64 X=15 Y=18
65 X=21 Y=18
66 X=27 Y=18
67 X=33 Y=18

```

```

68 X=36.5 Y=18
69 X=6     Y=20.2
70 X=9     Y=20.2
71 X=12    Y=20.2
72 X=15    Y=20.2
73 X=21    Y=20.2
74 X=27    Y=20.2
75 X=30    Y=20.2
76 X=33    Y=20.2

```

## RESTRAINTS

```

1 76 1 R=0,0,1,1,1,0
1 8 1  R=1,1,1,1,1,1

```

## FRAME

```
NM=5 NL=9 NSEC=3
```

## C MATERIAL PROPERTY

```

1 SH=R T=0.45,0.70 E=2.23E7 W=0.45*0.70*24
2 SH=R T=0.45,0.45 E=2.23E7 W=0.45*0.45*24
3 SH=R T=0.20,0.30 E=2.23E7 W=0.20*0.30*24
4 SH=R T=0.12,0.20 E=2.23E7 W=0.12*0.20*24
5 SH=R T=0.40,0.80 E=2.23E7 W=0.40*0.80*24

```

## C SPAN LOADING

```

1 WL=0,-12.72,0
2 WL=0,-10.92,0
3 WL=0,-12,0
4 WL=0,-10.2,0
5 WL=0,-14.07,0
6 WL=0,-21.0325,0
7 WL=0,-23.695,0
8 WL=0,-14.425,0
9 WL=0,-16.42,0

```

## C ELEMENT LOCATION

```

1 1 9 M=1 LP=1,0
2 2 11 M=1 LP=1,0
3 3 12 M=1 LP=1,0
4 4 14 M=1 LP=1,0
5 5 16 M=1 LP=1,0
6 6 18 M=1 LP=1,0
7 7 20 M=1 LP=1,0
8 8 21 M=2 LP=1,0
9 9 22 M=1 LP=1,0 G=3,8,13,13
10 11 24 M=1 LP=1,0 G=2,8,13,13
11 12 25 M=1 LP=1,0 G=2,8,13,13
12 14 27 M=1 LP=1,0 G=2,8,13,13
13 16 29 M=1 LP=1,0 G=2,8,13,13
14 18 31 M=1 LP=1,0 G=2,8,13,13
15 20 33 M=1 LP=1,0 G=2,8,13,13
16 21 34 M=2 LP=1,0 G=2,8,13,13
34 50 62 M=1 LP=1,0
35 51 63 M=1 LP=1,0
36 53 64 M=1 LP=1,0
37 55 65 M=1 LP=1,0
38 57 66 M=1 LP=1,0
39 59 67 M=1 LP=1,0
40 60 68 M=2 LP=1,0
41 62 69 M=1 LP=1,0
42 63 70 M=1 LP=1,0
43 64 72 M=1 LP=1,0
44 65 73 M=1 LP=1,0
45 66 74 M=1 LP=1,0
46 67 76 M=1 LP=1,0
47 1 2 M=3 LP=1,0 NSL=8
48 2 3 M=3 LP=1,0 NSL=8
49 3 4 M=3 LP=1,0 NSL=8
50 4 5 M=3 LP=1,0 NSL=8
51 5 6 M=3 LP=1,0 NSL=8
52 6 7 M=3 LP=1,0 NSL=8
53 7 8 M=4 LP=1,0 NSL=8
54 9 10 M=5 LP=1,0 NSL=5 G=3,12,13,13
55 10 11 M=5 LP=1,0 NSL=5 G=3,12,13,13

```



```

56 11 12 M=5 LP=1,0 NSL=7 G=3,12,13,13
57 12 13 M=5 LP=1,0 NSL=7 G=3,12,13,13
58 13 14 M=5 LP=1,0 NSL=7 G=3,12,13,13
59 14 15 M=5 LP=1,0 NSL=7 G=3,12,13,13
60 15 16 M=5 LP=1,0 NSL=7 G=3,12,13,13
61 16 17 M=5 LP=1,0 NSL=7 G=3,12,13,13
62 17 18 M=5 LP=1,0 NSL=7 G=3,12,13,13
63 18 19 M=5 LP=1,0 NSL=7 G=3,12,13,13
64 19 20 M=5 LP=1,0 NSL=7 G=3,12,13,13
65 20 21 M=5 LP=1,0 NSL=6 G=3,12,13,13
102 61 62 M=5 LP=1,0 NSL=2
103 62 63 M=5 LP=1,0 NSL=3
104 63 64 M=5 LP=1,0 NSL=9
105 64 65 M=5 LP=1,0 NSL=9
106 65 66 M=5 LP=1,0 NSL=9
107 66 67 M=5 LP=1,0 NSL=9
108 67 68 M=5 LP=1,0 NSL=4
109 69 70 M=5 LP=1,0 NSL=1
110 70 71 M=5 LP=1,0 NSL=1
111 71 72 M=5 LP=1,0 NSL=1
112 72 73 M=5 LP=1,0 NSL=1
113 73 74 M=5 LP=1,0 NSL=1
114 74 75 M=5 LP=1,0 NSL=1
115 75 76 M=5 LP=1,0 NSL=1

```

## LOADS

```

10      L=1 F=0,-13.4553,0
13 19 2 L=1 F=0,-13.4553,0
23      L=1 F=0,-13.4553,0
26 32 2 L=1 F=0,-13.4553,0
36      L=1 F=0,-13.4555,0
39 45 2 L=1 F=0,-13.4553,0
49      L=1 F=0,-13.4553,0
52 58 2 L=1 F=0,-13.4553,0
70      L=1 F=0,-28.5995,0
71 74 1 L=1 F=0,-41.2076,0
75      L=1 F=0,-28.5995,0

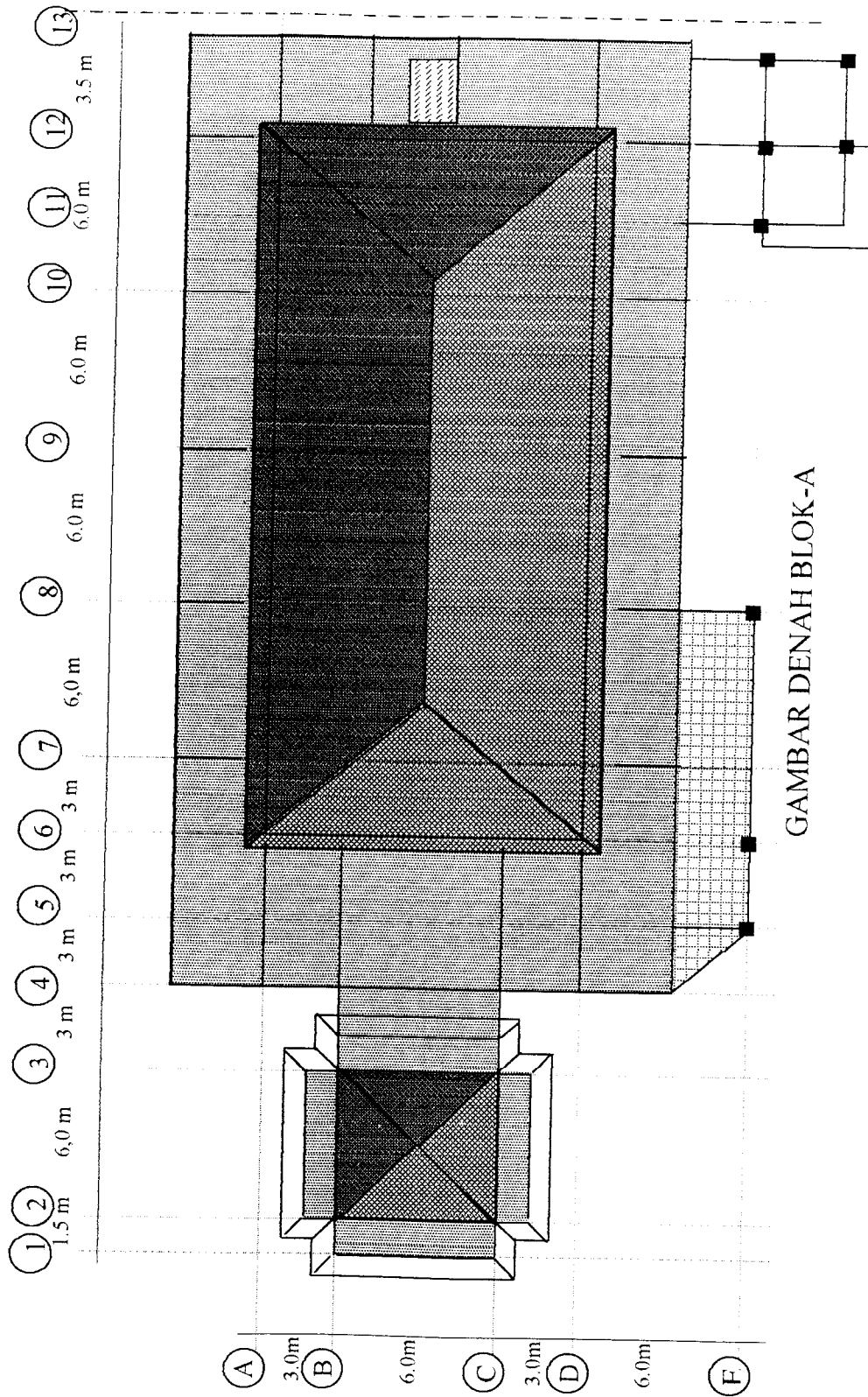
```

## COMBO

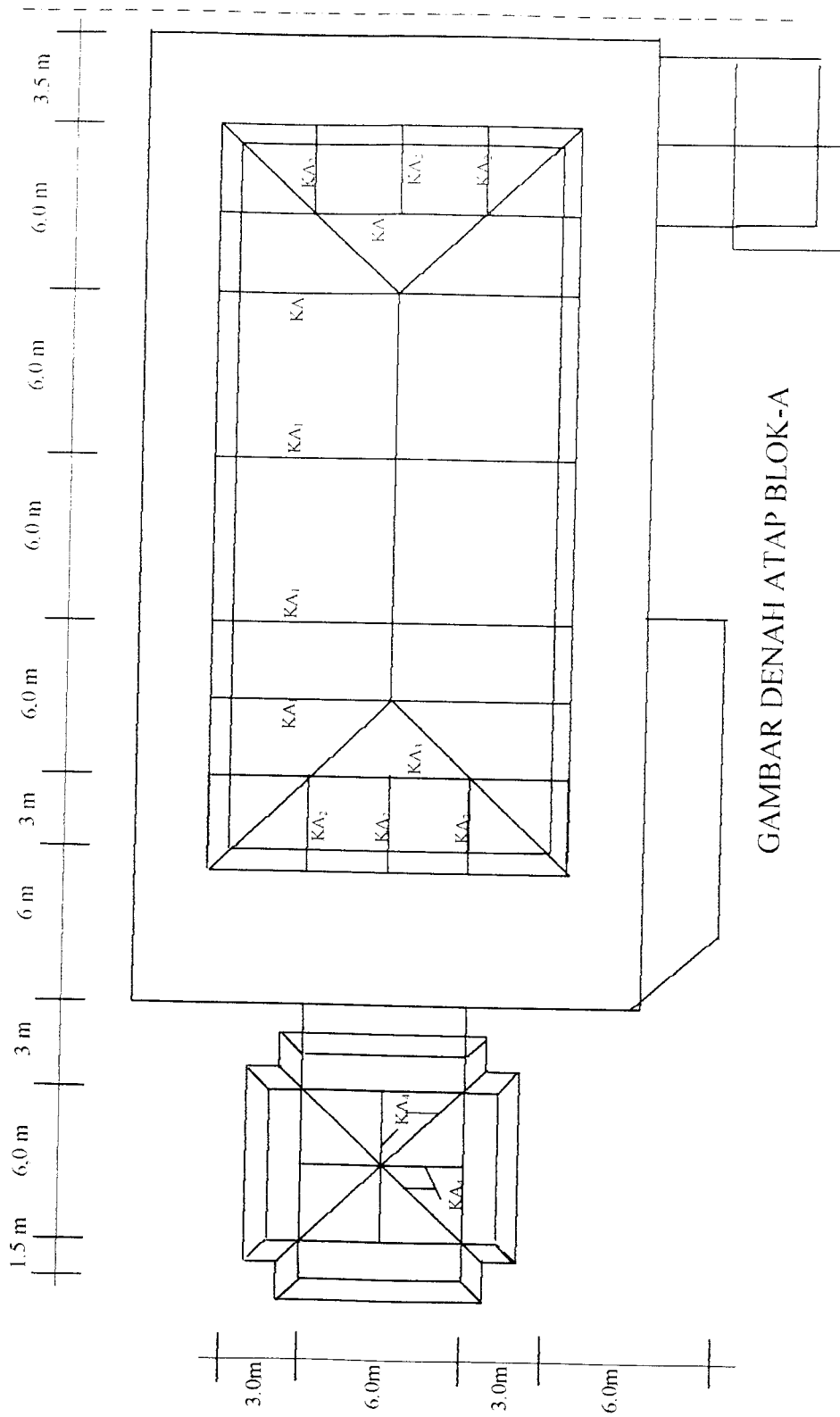
```

1 C=1

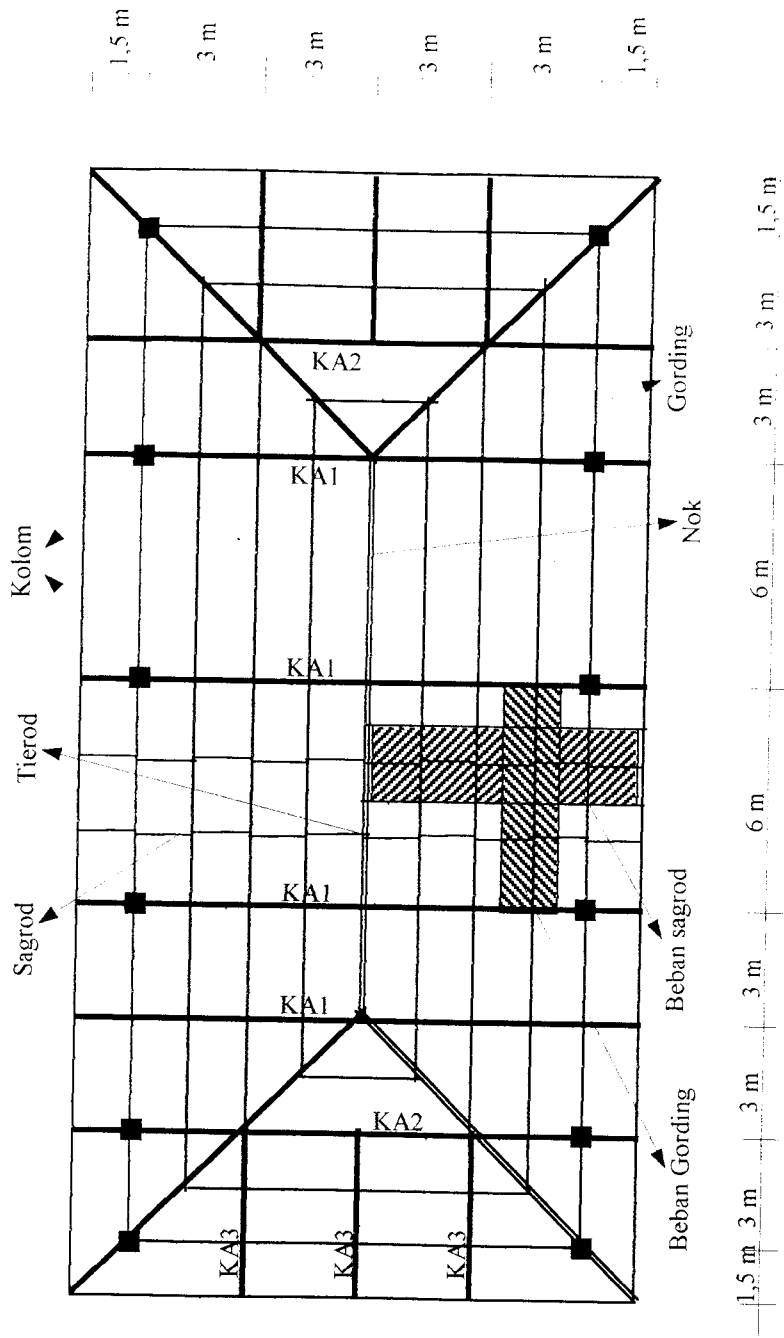
```



GAMBAR DENAH BLOK-A



GAMBAR DENAH ATAP BLOK-A



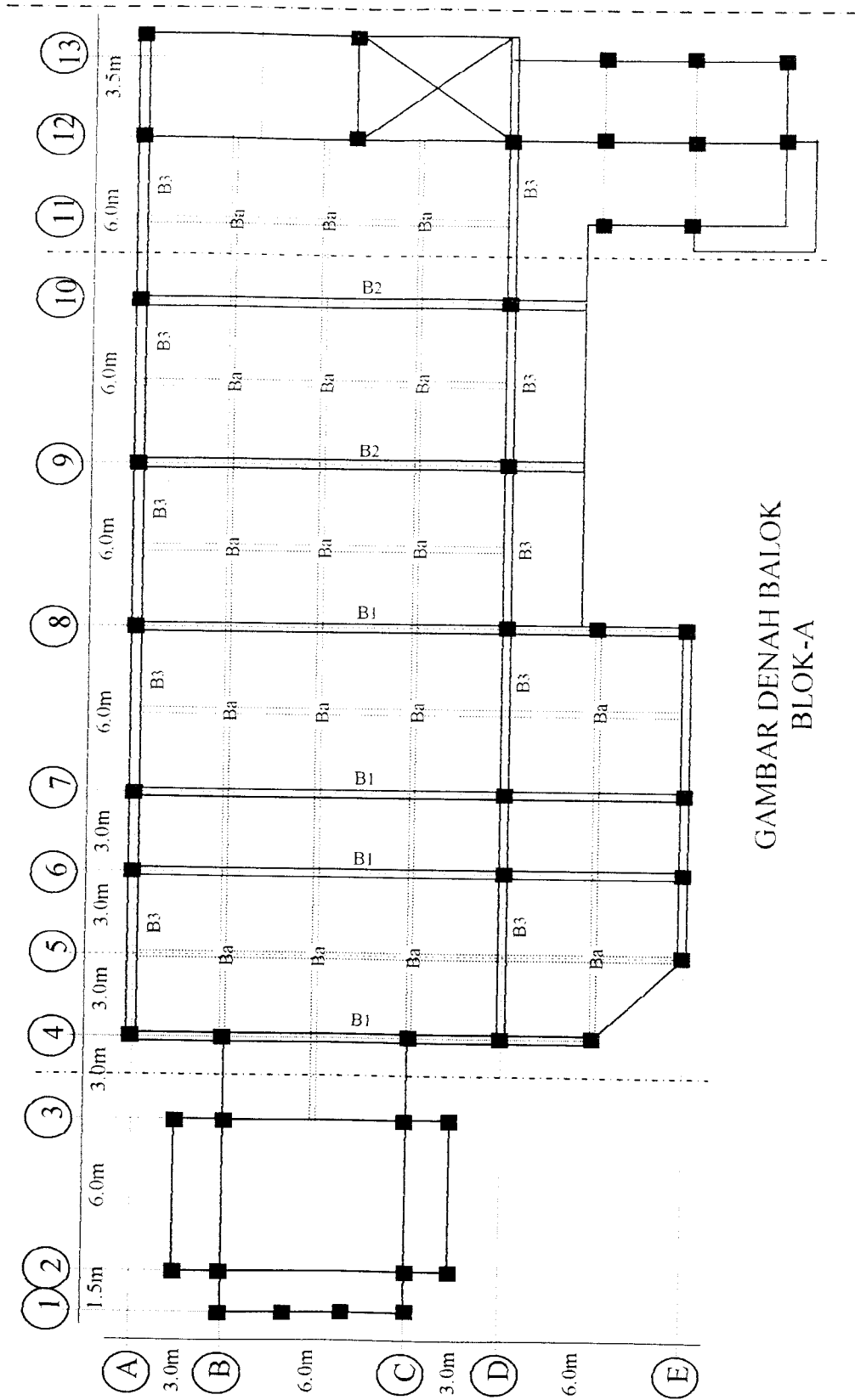
Keterangan :

KA1 = Kuda-Kuda A1

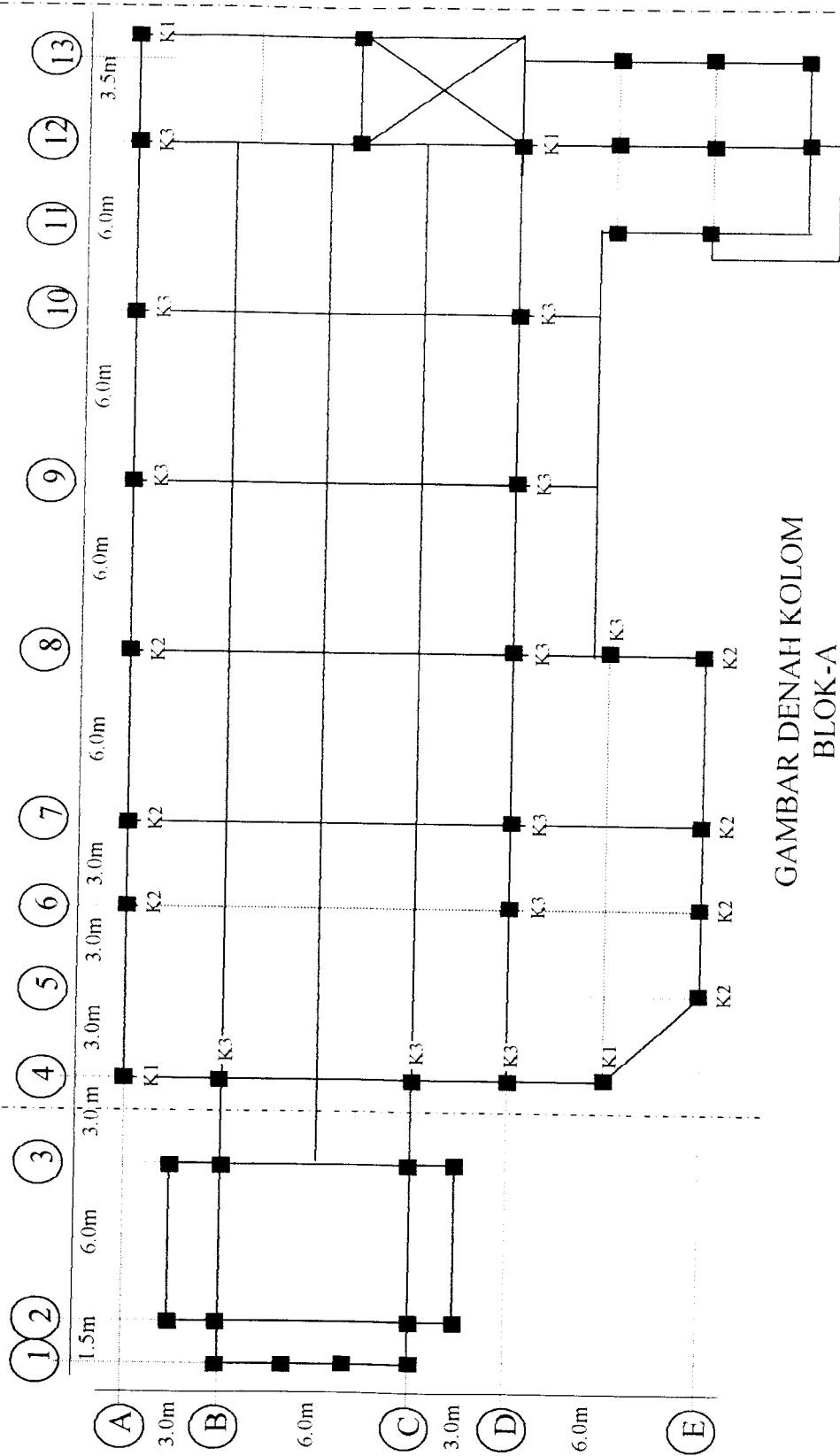
KA2 = Kuda-Kuda A2

KA3 = Kuda-Kuda A3

Gambar Denah Atap Blok - A



GAMBAR DENAH BALOK  
BLOK-A



GAMBAR DENAH KOLOM  
BLOK-A