

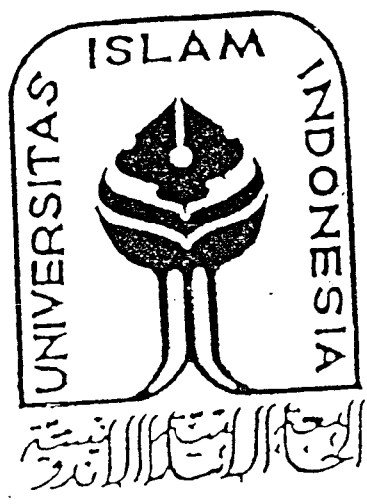
PERPUSTAKAAN FTSP UII  
 HADIAH/BELI  
 TGL. TERIMA : 09-10-00 28/8/08  
 NO. JUDUL : 003041  
 NO. INV. : 920003041001  
 NO. BILIK : 125

TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARASI TULANGAN GESER  
 PADA KOLOM STRUKTUR BERLANTAI 10  
 SESUAI ZONA WILAYAH GEMPA  
 DI INDONESIA

( RECOMPARISON STUDY OF SHEAR BARS IN THE  
 COLOUMNS OF A 10-FLOOR STRUCTURE REGARDING  
 EARTHQUAKE ZONES IN INDONESIA )

TA  
 624.1772  
 RAC  
 S  
 2000



MILIK PERPUSTAKAAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

SRI ACHYU RACHMANUWATI  
 No Mhs : 96 310 187  
 Nirm : 960051013114120162

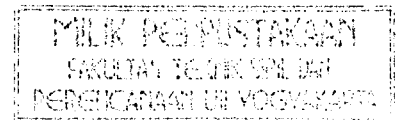
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 YOGYAKARTA

2000

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI KOMPARASI TULANGAN GESER**  
**PADA KOLOM STRUKTUR BERLANTAI 10**  
**SESUAI ZONA WILAYAH GEMPA**  
**DI INDONESIA**  
*( RECOMPARISON STUDY OF SHEAR BARS IN THE*  
*COLOUMNS OF A 10-FLOOR STRUCTURE REGARDING*  
*EARTHQUAKE ZONES IN INDONESIA )*

**SRI ACHYU RACHMANUWATI**

No Mhs : 96 310 187  
Nirm : 960051013114120162



**Telah diteliti dan disetujui**

**Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D.**

**Dosen Pembimbing I**

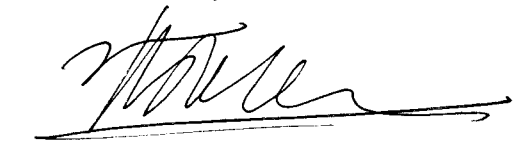
**Ir. Fatkhurrahman N, MT**

**Dosen Pembimbing II**

6789 0  
8901 2



**Tanggal : 14/09/2000**



**Tanggal : 14/09-2000**

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI KOMPARASI TULANGAN GESER**  
**PADA KOLOM STRUKTUR BERLANTAI 10**  
**SESUAI ZONA WILAYAH GEMPA**  
**DI INDONESIA**  
*( RECOMPARISON STUDY OF SHEAR BARS IN THE*  
*COLOUMNS OF A 10-FLOOR STRUCTURE REGARDING*  
*EARTHQUAKE ZONES IN INDONESIA )*

*Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia*  
*Untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh*  
*Derajat Sarjana Teknik Sipil*

**SRI ACHYU RACHMANUWATI**

**No Mhs : 96 310 187**  
**Nirm : 960051013114120162**

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

**2000**

## PRAKATA

*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Puji dan syukur dipanjatkan ke hadirat Allah Swt atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Sholawat serta salam semoga tetap terlimpahkan pada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan umatnya.

Tugas akhir dengan judul “Studi Komparasi Tulangan Geser Pada Kolom Struktur Berlantai 10 Sesuai Zona Wilayah Gempa Di Indonesia” disusun dan diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh derajat sarjana (S1) Teknik Sipil, khususnya pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Banyak pihak yang dengan tulus membantu, baik moral atau secara langsung dan tidak langsung terlibat, memberi saran ataupun kritik mulai dari ide sampai penulisan Tugas akhir ini. Oleh karena itu dalam kesempatan ini sebagai rasa hormat dan penghargaan serta ucapan terima kasih disampaikan khususnya kepada yang terhormat di bawah ini.

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Phd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Ir. Sarwidi, MSCE, Phd, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi bimbingan, saran dan pengarahan dalam penyelesaian Tugas Akhir.



4. Bapak Ir. Fatkhannahman N, MT, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi bimbingan, saran dan pengarahan dalam penyelesaian Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Helmi Akbar Bale, MT, selaku Dosen Penguji Tugas akhir yang telah memberi saran dan penyempurnaan laporan tugas akhir ini.
6. Dosen dan karyawan Jurusan teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
7. Ibu dan kakakku tercinta yang selalu memberikan dorongan, motivasi dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
9. G-5 dan Herfin atas segala bantuannya, Dody atas komputernya, Arif atas diskusi dan masukannya.
10. Kaka' atas nasihat dan pemberian harapannya selama ini.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya, serta bagi penulis pada khususnya. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua, *Amin*.

*Wassalamu 'alaikum Wr.Wb.*

Yogyakarta, Agustus 2000

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	iii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR NOTASI .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxi
ABSTRAKSI .....	xxii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Manfaat .....	4
1.5 Metoda Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Gempa .....	6
2.2 Kolom .....	7
2.3 Tulangan Geser .....	8
2.4 Daktilitas Struktur .....	9

2.5	Metoda Statik Ekvivalen .....	10
2.6	Tinjauan Penelitian Terdahulu .....	10
 <b>BAB III LANDASAN TEORI</b>		
3.1	Pendahuluan .....	12
3.2	Perancangan Struktur dengan Daktilitas Penuh .....	17
3.2.1	Kriteria “ <i>damage control</i> ” ( <i>Strength Design</i> ) .....	17
3.2.2	Kriteria “ <i>survival</i> ” ( <i>Capacity Design</i> ) .....	18
3.2.3	Faktor $f_1$ dan $f_2$ .....	19
3.3	Faktor – Faktor Penentu Beban Gempa Rencana dengan Metoda Statis Ekvivalen .....	20
3.3.1	Beban Geser Dasar Akibat Gempa .....	21
3.3.2	Koefisien Gempa Dasar ( $C$ ) .....	21
3.3.3	Faktor Keutamaan ( $I$ ) .....	24
3.3.4	Faktor Jenis Struktur ( $K$ ) .....	24
3.3.5	Beban Geser Dasar Akibat Gempa Sepanjang Tinggi Gedung .....	25
3.4	Analisa Struktur .....	26
3.5	Momen Rencana Dan Penulangan Lentur Balok .....	26
3.5.1	Momen Rencana Balok .....	26
3.5.2	Penulangan Lentur Balok .....	27
3.6	Gaya Geser Dan Penulangan Geser Balok .....	31
3.7	Beban Lentur Dan Aksial Pada Kolom Portal.....	33
3.8	Beban Geser Pada Kolom Portal .....	38

3.9	Panel Pertemuan Balok Kolom .....	40
3.10	Persyaratan Perencanaan Seismik Untuk Kolom Portal Pada Struktur .....	47
<b>BAB IV PERHITUNGAN</b>		
4.1	Data Perencanaan .....	50
4.1.1	Denah Portal .....	50
4.1.2	Parameter Bahan .....	50
4.1.3	Ukuran dan Bentuk Portal .....	51
4.1.4	Asumsi Yang Digunakan .....	52
4.2	Perhitungan Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Struktur .....	52
4.2.1	Perhitungan Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa dan Distribusinya ke Sepanjang Tinggi Gedung .....	52
4.2.2	Perhitungan Beban Akibat Gaya Gravitasi .....	71
4.3	Gaya-Gaya Dalam Portal .....	87
<b>BAB V DESAIN BETON BERTULANG</b>		
5.1	Desain Balok .....	88
5.1.1	Momen Rencana Balok .....	88
5.1.2	Penulangan Balok .....	88
5.1.3	Momen Nominal Aktual .....	90
5.1.4	Desain Sengkang Balok .....	93
5.2	Desain Kolom .....	95
5.2.1	Momen Rencana dan Momen Maksimum Kolom..	95

5.2.2	Gaya Aksial Kolom .....	97
5.2.3	Penulangan Kolom .....	98
5.2.4	Desain Sengkang Kolom .....	100
5.3	Pertemuan Balok Kolom .....	103
5.3.1	Penulangan Geser .....	103
<b>BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
6.1	Hasil Desain Struktur .....	106
6.1.1	Desain Balok .....	106
6.1.2	Desain Tulangan Geser Balok .....	110
6.1.3	Desain Kolom .....	112
6.1.4	Tulangan Geser Kolom .....	114
6.1.5	Pertemuan Balok Kolom .....	116
6.1.6	Momen Kapasitas Balok dan Momen Nominal Kolom .....	118
6.1.7	Perbandingan Spasi Tulangan Geser Untuk Semua Zona .....	120
6.2	Pembahasan .....	124
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
7.1	Kesimpulan .....	126
7.2	Saran .....	127
DAFTAR PUSTAKA .....		128
LAMPIRAN		

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3.1</b>	Pola pembentukan sendi plastis .....	13
<b>Gambar 3.2</b>	Penyengkangan penampang kolom .....	14
<b>Gambar 3.3</b>	Jenis kolom berdasarkan bentuk dan susunan tulang .....	15
<b>Gambar 3.4</b>	Jenis kolom berdasarkan posisi beban pada penampang melintang .....	16
<b>Gambar 3.5</b>	Posisi kolom .....	17
<b>Gambar 3.6</b>	Koefisien gempa dasar ( $C$ ) .....	18
<b>Gambar 3.7</b>	Daktilitas struktur .....	19
<b>Gambar 3.8</b>	Koefisien gempa dasar untuk berbagai wilayah gempa ...	23
<b>Gambar 3.9</b>	Pembebanan gempa menurut PPTGIUG'83 .....	26
<b>Gambar 3.10</b>	Distribusi tegangan regangan balok bertulangan rangkap.	27
<b>Gambar 3.11</b>	Penampang balok T sebagai satu kesatuan dengan sistem plat .....	30
<b>Gambar 3.12</b>	Persyaratan kuat geser balok .....	32
<b>Gambar 3.13</b>	Keseimbangan momen balok dan momen kolom .....	34
<b>Gambar 3.14</b>	Penentuan momen kapasitas balok pada pusat join .....	34
<b>Gambar 3.15</b>	Penentuan momen rencana kolom pada muka balok .....	35
<b>Gambar 3.16</b>	Nilai $\omega$ (Faktor Pengali Dinamis) .....	36
<b>Gambar 3.17</b>	Nilai $\alpha$ (Faktor Distribusi Momen) .....	37
<b>Gambar 3.18</b>	Gaya geser pada kolom portal .....	39
<b>Gambar 3.19</b>	Mekanisme kuat geser inti join .....	41

<b>Gambar 3.20</b>	Panel pertemuan balok dan kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok...	42
<b>Gambar 4.1</b>	Denah gedung.....	50
<b>Gambar 4.2</b>	Portal as A, B, dan C .....	51
<b>Gambar 4.3</b>	Portal as I s/d as VII .....	51
<b>Gambar 4.4</b>	Pembagian beban merata pada portal B .....	71
<b>Gambar 4.5</b>	Perhitungan beban merata ekivalen portal B .....	71
<b>Gambar 4.6</b>	Beban mati ekivalen portal B .....	73
<b>Gambar 4.7</b>	Beban hidup ekivalen portal B .....	74
<b>Gambar 4.8</b>	Pembagian beban merata pada portal C .....	74
<b>Gambar 4.9</b>	Perhitungan beban merata ekivalen portal C .....	75
<b>Gambar 4.10</b>	Beban mati ekivalen portal C .....	77
<b>Gambar 4.11</b>	Beban hidup ekivalen portal C .....	77
<b>Gambar 4.12</b>	Pembagian beban merata pada portal I .....	78
<b>Gambar 5.13</b>	Perhitungan beban merata ekivalen portal I .....	78
<b>Gambar 4.14</b>	Beban mati ekivalen portal I .....	81
<b>Gambar 4.15</b>	Beban hidup ekivalen portal I .....	82
<b>Gambar 4.16</b>	Pembagian beban merata pada portal II .....	82
<b>Gambar 4.17</b>	Perhitungan beban merata ekivalen portal II .....	83
<b>Gambar 4.18</b>	Beban mati ekivalen portal II .....	86
<b>Gambar 4.19</b>	Beban hidup ekivalen portal II .....	86
<b>Gambar 5.1</b>	Daerah sendi plastis dan non plastis pada penulangan geser balok .....	94

<b>Gambar 6.1</b>	Perbandingan spasi tulangan geser semua zona as A ...	120
<b>Gambar 6.2</b>	Perbandingan spasi tulangan geser semua zona as B	121
<b>Gambar 6.3</b>	Perbandingan spasi tulangan geser tiap-tiap lantai as A ..	122
<b>Gambar 6.4</b>	Perbandingan spasi tulangan geser tiap-tiap lantai as B	123



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b>	Gaya geser horizontal total akibat gempa .....	55
<b>Tabel 4.2</b>	Distribusi gaya geser ( $V$ ) .....	lamp 3
<b>Tabel 4.3</b>	Waktu getar bangunan dalam arah $X$ .....	lamp 3
<b>Tabel 4.4</b>	Waktu getar bangunan dalam arah $Y$ .....	lamp 3
<b>Tabel 4.5</b>	Perhitungan waktu getar dengan cara <i>T-Rayleigh</i> .....	lamp 3
<b>Tabel 4.6</b>	Koefisien gempa dasar berdasarkan waktu getar dengan cara <i>T-Rayleigh</i> .....	69
<b>Tabel 4.7</b>	Gaya geser dasar horizontal .....	70
<b>Tabel 4.8</b>	Distribusi gaya geser dasar horizontal ( $V$ ) ke lantai- lantai gedung .....	lamp 3
<b>Tabel 4.9</b>	Distribusi gaya geser ( $V$ ) tiap portal ke lantai-lantai gedung .....	lamp 3
<b>Tabel 5.1</b>	Momen rencana balok portal as A (zona 1) .....	lamp 4
<b>Tabel 5.2</b>	Momen rencana balok portal as B (zona 1) .....	lamp 4
<b>Tabel 5.3</b>	Momen rencana balok portal as I (zona 1) .....	lamp 4
<b>Tabel 5.4</b>	Momen rencana balok portal as II (zona 1) .....	lamp 4
<b>Tabel 5.5</b>	Momen rencana balok portal as III (zona 1) .....	lamp 4
<b>Tabel 5.6</b>	Momen rencana balok portal as IV (zona 1) .....	lamp 4
<b>Tabel 5.7</b>	Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as A ...	lamp 4
<b>Tabel 5.8</b>	Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as B ...	lamp 4

<b>Tabel 5.9</b>	Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as I .....	lamp 4
<b>Tabel 5.10</b>	Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as II ...	lamp 4
<b>Tabel 5.11</b>	Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as III ...	lamp 4
<b>Tabel 5.12</b>	Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as IV...	lamp 4
<b>Tabel 5.13</b>	Gaya geser balok portal as A.....	lamp 4
<b>Tabel 5.14</b>	Gaya geser balok portal as B.....	lamp 4
<b>Tabel 5.15</b>	Gaya geser balok portal as I.....	lamp 4
<b>Tabel 5.16</b>	Gaya geser balok portal as II.....	lamp 4
<b>Tabel 5.17</b>	Gaya geser balok portal as III.....	lamp 4
<b>Tabel 5.18</b>	Gaya geser balok portal as IV.....	lamp 4
<b>Tabel 5.19</b>	Tulangan geser balok portal as A.....	lamp 4
<b>Tabel 5.20</b>	Tulangan geser balok portal as B.....	lamp 4
<b>Tabel 5.21</b>	Tulangan geser balok portal as I.....	lamp 4
<b>Tabel 5.22</b>	Tulangan geser balok portal as II.....	lamp 4
<b>Tabel 5.23</b>	Tulangan geser balok portal as III.....	lamp 4
<b>Tabel 5.24</b>	Tulangan geser balok portal as IV.....	lamp 4
<b>Tabel 5.25</b>	Gaya aksial rencana kolom portal as A-I s/d A-IV.....	lamp 4
<b>Tabel 5.26</b>	Gaya aksial rencana kolom portal as B-I s/d B-IV.....	lamp 4
<b>Tabel 5.27</b>	Gaya aksial maksimum kolom portal as A-I s/d A-IV.....	lamp 4
<b>Tabel 5.28</b>	Gaya aksial maksimum kolom portal as B-I s/d B-IV.....	lamp 4
<b>Tabel 5.29</b>	Momen rencana kolom portal as A-I s/d A-IV.....	lamp 4
<b>Tabel 5.30</b>	Momen rencana kolom portal as B-I s/d B-IV.....	lamp 4
<b>Tabel 5.31</b>	Momen maksimum kolom portal as A-I s/d A-IV.....	lamp 4

## DAFTAR NOTASI

- $a$  = tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen.
- $A$  = luas efektif beton tulangan tarik di sekitar tulangan lentur tarik, bertitik pusat sama dengan tulangan tersebut, dibagi dengan jumlah batang tulangan,  $\text{mm}^2$ .
- $A_b$  = luas penampang satu batang tulangan,  $\text{mm}^2$ .
- $A_b$  = luas penampang beton yang menahan penyaluran geser,  $\text{mm}^2$ .
- $A_g$  = luas bruto penampang,  $\text{mm}^2$
- $A_{j,h}$  = luas tulangan geser horizontal pada pertemuan balok kolom,  $\text{mm}^2$ .
- $A_{j,v}$  = luas tulangan geser vertikal pada pertemuan balok kolom,  $\text{mm}^2$ .
- $A_s$  = luas tulangan tarik longitudinal,  $\text{mm}^2$ .
- $A_s$  = luas tulangan tekan longitudinal,  $\text{mm}^2$ .
- $A_v$  = luas tulangan geser pada daerah sejarak  $s$ , atau luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak  $s$  pada komponen struktur lentur tinggi,  $\text{mm}^2$ .
- $b$  = lebar komponen struktur, mm.
- $b_j$  = lebar efektif join, mm.
- $b_v$  = luas penampang pada bidang kontak yang ditinjau terhadap geser horizontal,  $\text{mm}^2$ .
- $b_w$  = lebar badan balok atau diameter penampang bulat, mm.
- $c$  = jarak dari serat tekan terluar ke garis netral, mm.
- $Cc$  = tegangan tekan beton, MPa.

- $C_s$  = tegangan tekan baja tulangan, MPa.
- $d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (tinggi efektif balok), mm.
- $d'$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm.
- $d''$  = jarak dari serat tarik terluar ke pusat tulangan tarik, mm.
- $D$  = beban mati, dan atau momen yang berhubungan dengan beban tersebut.
- $e$  = eksentrisitas gaya terhadap sumbu, mm.
- $E$  = pengaruh gaya gempa dan atau momen yang berhubungan dengan beban tersebut.
- $E_c$  = modulus elastisitas beton, MPa.
- $E_s$  = modulus elastisitas baja, MPa.
- $F_c'$  = kuat tekan beton, MPa.
- $F_s$  = kuat leleh tulangan pada saat beban bekerja, MPa.
- $F_y$  = kuat leleh baja tulangan yang disyaratkan, MPa.
- $F_I$  = distribusi beban geser dasar pada tingkat ke -i, kN.
- $H_k$  = tinggi kolom portal, mm.
- $H_n$  = tinggi bersih kolom portal, mm.
- $H$  = tinggi total portal struktur, mm.
- $H_I$  = tinggi tingkat ke-i, mm.
- $I$  = momen inersia penampang yang menahan beban luar terfaktor.
- $I_g$  = momen inersia penampang bruto beban terhadap garis sumbu.
- $I_{se}$  = momen inersia tulangan terhadap sumbu pusat penampang kolom.

- $k$  = faktor panjang efektif komponen struktur tekan.
- $K$  = faktor jenis struktur.
- $L_n$  = panjang bentang bersih komponen dalam arah momen dari muka ke muka tumpuan, mm.
- $L$  = beban hidup, atau momen yang berhubungan dengan beban tersebut.
- $L_d$  = panjang penyaluran tulangan tekan, mm.
- $L_k'$  = panjang bersih bentang balok portal, mm.
- $L_k$  = panjang bentang balok portal as ke as pertemuan/join, mm.
- $M_{kap}$  = momen kapasitas penampang, kN.m.
- $M_{max}$  = momen terfaktor maksimum penampang, kN.m.
- $M_n$  = momen nominal penampang, kN.m.
- $M_{nak}$  = momen nominal aktual penampang, kN.m.
- $M_R$  = momen tahanan, kN.m.
- $M_u$  = momen ultimit/terfaktor penampang, kN.m.
- $N_g$  = gaya aksial akibat beban gravitasi terfaktor pada pusat join, kN.
- $N_E$  = gaya aksial akibat beban gempa pada pusat join, kN.
- $N_u$  = gaya aksial terfaktor, normal terhadap penampang dan terjadi bersamaan dengan  $V_u$ , diambil positif untuk tekan, negatif untuk tarik, dan memperhitungkan pengaruh tarik akibat rangkai dan susut.
- $P_b$  = kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang, kN.
- $P_c$  = beban kritis, kN.
- $P_o$  = gaya aksial nominal pada eksentrisitas nol, kN.
- $P_u$  = gaya aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan, kN.

# BAB I

## PENDAHULUAN

Pendahuluan menjelaskan tentang latar belakang dilakukannya penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah yang diberikan agar permasalahan tidak melebar, manfaat, serta metode penelitian yang digunakan. Untuk keterangan selengkapnya dapat diikuti penjelasan berikut ini.

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat resiko gempa yang cukup tinggi. Sebagai negara kepulauan yang membentang dari ujung barat hingga timur, intensitas dan kekuatan gempa pada setiap wilayah Indonesia tidaklah sama. Pembagian wilayah gempa Indonesia (*zoning*), dilakukan dengan membagi Indonesia menjadi 6 wilayah gempa, dengan Wilayah Gempa 1 sebagai daerah yang beresiko tinggi terhadap gempa dan Wilayah Gempa 6 sebagai daerah yang memiliki resiko terendah terhadap gempa.

Sebagai negara yang secara geologis berada pada batas-batas lempeng tektonik aktif dunia yang setiap saat dapat saja bergerak naik atau turun, bahkan menyusup ke dalam lempeng tektonik lainnya, yang dapat mengakibatkan gempa bumi, tentunya perencanaan struktur di Indonesia harus dilaksanakan sedemikian rupa sehingga dapat menahan beban-beban yang bekerja termasuk beban gempa. Beban gempa itu sendiri menimbulkan getaran pada gedung dimana elemen vertikal gedung harus menerima gaya lateral sehingga pada kolom akan bekerja gaya geser.

Untuk memberikan perlindungan terhadap gaya geser yang sangat besar dan agar kolom dan pertemuan balok-kolom dapat berperilaku duktail, maka kolom harus diberi perlindungan dengan memberikan penulangan geser yang memadai, yaitu dengan penggunaan sengkang yang didistribusikan secara proporsional.

Penggunaan sengkang yang didistribusikan secara proporsional akan memberikan perlindungan dari keruntuhan geser yang getas sehingga baik kolom maupun titik buhul balok-kolom akan tetap mampu menopang struktur secara keseluruhan setelah menerima beban dinamis gempa. Dalam hal ini yang sangat berperan adalah gaya geser. Sedangkan gaya geser itu sendiri dipengaruhi oleh koefisien gempa dasar yang ditentukan oleh wilayah gempa, waktu getar gedung, dan jenis tanah beserta ketebalannya di tempat struktur itu didirikan, berat total bangunan, faktor keutamaan gedung serta faktor jenis struktur dimana sifat daktilitas struktur sangat berpengaruh .

Apabila koefisien gempa dasarnya berbeda (karena Indonesia dibagi menjadi 6 zona wilayah gempa), faktor keutamaan gedung, faktor jenis struktur dan berat total bangunan untuk semua zona dibuat sama, maka akan diperoleh gaya geser yang berbeda pula pada masing-masing zona.

Dengan gaya geser yang berbeda maka akan diperoleh juga tulangan geser yang berbeda. Alasan inilah yang menyebabkan peneliti mengambil tema penelitian tentang tulangan geser dan melakukannya secara numeris.

## **1.2 Tujuan**

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. menganalisis tulangan geser yang dibutuhkan oleh suatu kolom sehingga mampu menahan gaya geser yang timbul akibat adanya beban gempa, dan
2. membandingkan jarak/spasi tulangan geser berdasarkan zona wilayah gempa.

### 1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan dan keterbatasan waktu yang diberikan, maka dalam tugas akhir ini dibatasi hanya pada permasalahan sebagai berikut ini.

1. Struktur kolom yang digunakan adalah kolom beton bertulang dengan sengkang sebagai tulangan geser (kolom sengkang).
2. Beban dinamis yang digunakan adalah beban gempa arah horizontal dengan Metode Statis Ekuivalen. Pengaruh dari beban gempa vertikal tidak ditinjau.
3. Jenis bangunan adalah bangunan kantor dengan tanah di bawah bangunan dianggap tanah lunak.
4. Pusat berat massa berhimpit dengan pusat kekakuan, sehingga tidak mengalami rotasi.
5. Tinggi bangunan dibatasi kurang dari 40 m dan untuk keperluan analisis pada tugas akhir ini digunakan bangunan portal beton 10 lantai dengan tinggi bangunan  $\pm 35$  m dengan tinggi masing-masing lantai adalah 3,5m.
6. Struktur dirancang dengan tingkat daktilitas penuh ( $\mu = 4$ ).



7. Bentuk bangunan simetris dalam semua sisi, tidak ada loncatan bidang muka (*set back*) dan kekakuan struktur untuk analisis dibuat sama untuk seluruh tingkat.
8. Struktur yang dianalisis adalah portal beton terbuka 3D dan untuk menganalisis gaya-gaya yang terjadi digunakan program komputer SAP-90.
9. Balok non portal dan plat hanya menerima beban gravitasi sehingga dalam pendimensian dan perhitungan penulangan pada balok tidak dilakukan secara mendetail. Pendimensian yang detail hanya diteruskan pada kolom yang meliputi jumlah serta luasan tulangan pokok dan tulangan geser (sengkang) yang digunakan. Dimensi balok adalah 30/50 dan dimensi kolom adalah 70/70.
10. Beban yang bekerja meliputi beban hidup atap sebesar  $1 \text{ kN/m}^2$ , beban hidup lantai sebesar  $2,5 \text{ kN/m}^2$ , dan beban mati yang bekerja merupakan berat sendiri struktur (berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983).
11. Kuat desak rencana diambil sebesar  $f_c' = 30 \text{ MPa}$  dan tegangan leleh baja tulangan sebesar  $f_s = 400 \text{ MPa}$ .
12. Denah struktur dalam arah  $X$  terdiri dari portal 10 tingkat – 6 bentang dan dalam arah  $Y$  struktur terdiri dari portal 10 tingkat – 2 bentang.

#### **1.4 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah serta dimensi tulangan geser pada kolom struktur beton bertulang dengan zona wilayah gempa yang berbeda di Indonesia.

#### **1.5 Metode Penelitian**

Untuk memperoleh suatu hasil atau kesimpulan dalam tugas akhir ini, harus digunakan cara serta aturan yang benar dan harus berdasarkan pada metode ilmiah sehingga hasilnya dapat dipertanggungjawabkan. Oleh karena itu cara yang akan dilakukan adalah sebagai berikut ini.

1. Studi Pustaka.
2. Analisis dan Pembahasan yang dilanjutkan dengan membandingkan hasil analisis.
3. Membuat kesimpulan dari hasil studi yang telah dilakukan.

Adapun buku peraturan yang digunakan dalam studi literatur ini adalah sebagai berikut ini.

1. SK SNI T-15-1991-03 (sesuai daftar pustaka).
2. Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung 1987 (sesuai daftar pustaka).
3. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (sesuai daftar pustaka).
4. Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang Untuk Gedung 1983 (sesuai daftar pustaka).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan pustaka memuat informasi yang didapat dalam pustaka yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti, dan selanjutnya disajikan dengan sistematis. Pustaka ini mengambil dari buku-buku yang ada maupun penelitian sebelumnya. Untuk penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada keterangan berikut ini.

#### **2.1 Gempa**

Indonesia merupakan negara potensial gempa, baik gempa yang disebabkan adanya gerakan dari dalam bumi (gempa tektonik) maupun gempa yang disebabkan oleh letusan gunung berapi (gempa vulkanik). Hal di atas disebabkan karena geologis wilayah Indonesia berada di antara empat sistem plat tektonik yang aktif, yaitu tapal batas “Plat Eurasia”, “Plat Indo-Australia”, “Plat Filipina” dan “Plat Pasifik” (Kusuma dan Andriono, 1993).

Dengan tingkat resiko gempa yang cukup bervariasi di Indonesia, perlu adanya penentuan taraf pembebanan gempa yang berbeda-beda. Besarnya taraf pembebanan tidak berlaku umum, tetapi bervariasi dari satu wilayah ke wilayah lain, tergantung dari kondisi seismotektonik, geografis dan geologi setempat.

Pada saat terjadi gempa bumi, bangunan akan mengalami gerakan vertikal dan gerakan horizontal. Dari kedua gaya gempa ini, gaya gempa dalam arah vertikal hanya sedikit berpengaruh atau mengubah gaya gravitasi yang bekerja pada struktur karena struktur biasanya direncanakan terhadap gaya vertikal

dengan faktor keamanan yang cukup memadai sehingga struktur pada umumnya jarang sekali runtuh akibat gaya gempa vertikal.

Sebaliknya, gaya gempa dalam arah horizontal akan bekerja langsung pada titik-titik lemah suatu struktur yang kekuatannya tidak memadai sehingga akan langsung menyebabkan keruntuhan (*faillure*). Atas dasar inilah maka prinsip utama dalam perancangan tahan gempa (*Earthquake Resistant Design*) adalah meningkatkan kekuatan struktur terhadap gaya lateral (gaya horizontal) yang pada umumnya tidak memadai (Departemen Pekerjaan Umum, 1987; SKBI-1.3.53, Yayasan LPMB, Bandung; Muto, 1987).

## 2.2 Kolom

Kolom menurut SK SNI T-15-1991-03 (Departemen Pekerjaan Umum, 1991, TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG, Yayasan LPMB, Bandung) adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Sebagai bagian dari suatu kerangka bangunan yang mempunyai fungsi dan peran meneruskan beban-beban vertikal dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi, kolom menempati posisi yang penting didalam suatu sistem struktur bangunan. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan (*ultimate total collapse*).

### 2.3 Tulangan Geser

Sengkang-sengkang pada kolom merupakan suatu persyaratan penting untuk tahanan terhadap gempa dan perencanaan limit apabila kolom diharapkan memelihara tahanan puncaknya dengan apa yang dinamakan sendi-sendi plastis, karena sengkang yang ada pada kolom dapat difungsikan menahan gaya geser yang terjadi atau berfungsi sebagai tulangan geser. Selain itu sengkang pada kolom dapat juga berfungsi sebagai pengekan (*confined*) pada inti (*core*) beton, sehingga kuat desak beton akan bertambah karena beton tidak langsung retak atau pecah pada saat menerima beban. Penekanan yang lebih mutakhir telah memberikan bukti bahwa sengkang-sengkang yang rapat pada kolom beton bertulang (kolom sengkang) dapat membentuk atau memberikan suatu tingkatan keliatan (*ductility*) tertentu pada kolom tersebut berdasar kepada pola dan perilaku kolom pada saat mengalami keruntuhan (mekanisme runtuh).

Mekanisme runtuh pada kolom terjadi apabila beban pada kolom bertambah, sehingga akan menimbulkan retak yang terjadi di seluruh tinggi kolom. Dalam keadaan batas keruntuhan (*limit state of failure*), selimut beton di luar sengkang (pada kolom sengkang) atau di luar spiral (pada kolom spiral) akan lepas, sehingga tulangan memanjangnya akan mulai kelihatan. Apabila bebannya terus bertambah, maka akan terjadi keruntuhan dan tekuk lokal (*local buckling*) tulangan memanjang pada panjang yang tak tertumpu sengkang atau spiral. Dapat dikatakan bahwa dalam keadaan batas keruntuhan, selimut beton lepas dahulu sebelum lekatan baja-beton hilang (Nawy, 1985).

## 2.4 Daktilitas Struktur

Kriteria perancangan struktur beton bertulang dengan beban gempa didasarkan atas kemampuan struktur untuk mendisipasikan energi pada batas kekuatan leleh dengan daktilitas tertentu dan sedikit reduksi kekuatan tanpa runtuh. Ketentuan ini berlaku baik untuk elemen struktur maupun struktur tersebut secara menyeluruh. Struktur yang dirancang dengan kriteria ini disebut dengan struktur daktail. Nilai daktilitas struktur menentukan jenis perancangannya (Ulasan Pedoman Beton, 1989)..

SKSNI T-15-1991-03 menetapkan tingkat daktilitas rencana untuk struktur beton bertulang dalam tiga kelas, yaitu sebagai berikut ini.

1. Tingkat daktilitas 1, struktur beton bertulang diproporsikan sedemikian rupa sehingga ketentuan tambahan atas penyelesaian detail struktur sangat sedikit. Struktur sepenuhnya berperilaku elastis,  $\mu = 1$ . Beban gempa rencana harus dihitung berdasarkan faktor  $K = 4$ .
2. Tingkat daktilitas 2, struktur beton diproporsikan berdasarkan suatu ketentuan penyelesaian detail khusus yang memungkinkan struktur memberikan respons inelastik terhadap beban siklis yang bekerja tanpa mengalami keruntuhan getas,  $\mu = 2$ . Kondisi ini dinamakan juga kondisi daktilitas terbatas. Dalam hal ini beban gempa rencana harus diperhitungkan dengan menggunakan nilai faktor  $K$  minimum = 2.
3. Tingkat daktilitas 3, struktur beton diproporsikan berdasarkan suatu ketentuan penyelesaian detail khusus yang memungkinkan struktur memberikan respon inelastik terhadap beban siklis yang bekerja dan mampu menjamin

pengembangan mekanisme sendi plastis dengan kapasitas disipasi energi yang diperlukan tanpa mengalami keruntuhan,  $\mu = 4$ . Kondisi ini dinamakan juga kondisi daktilitas penuh. Dalam hal ini beban gempa rencana harus diperhitungkan dengan menggunakan nilai faktor  $K$  minimum = 1.

## 2.5 Metode Statik Ekuivalen

Beban statis ekuivalen adalah representasi dari beban gempa yang telah disederhanakan, yaitu penyederhanaan gaya inersia yang bekerja pada suatu massa dan disederhanakan menjadi suatu beban statik. Gaya inersia adalah suatu gaya yang bekerja pada suatu massa dengan arah yang berlawanan dengan arah gerakan massa yang bersangkutan oleh karena adanya beban dinamis gempa. Jadi beban statis ekuivalen merupakan beban yang ekuivalen dengan beban gempa yang bekerja pada bangunan dalam batas tidak terjadi *overstress* (Tjokrodimuljo, 1993).

## 2.6 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Untuk merencanakan atau mendesain suatu struktur perlu mengetahui sifat dan perilaku struktur tersebut secara menyeluruh, baik mengenai analisis struktur, perencanaan struktur, dan semua hal yang berhubungan dengan struktur tersebut. Penelitian mengenai perencanaan dan desain struktur khususnya yang berhubungan dengan sendi plastis pada balok telah banyak dilakukan, sehingga dapat digunakan sebagai bahan acuan yang sangat membantu. Untuk penelitian ini digunakan tinjauan pustaka penelitian sebagai berikut ini.

**Ulfa dan Rulyanti (1997)** menganalisis jumlah tulangan geser yang dibutuhkan oleh suatu kolom sehingga mampu menahan gaya geser yang timbul akibat adanya beban gempa serta perilakunya terhadap struktur kolom itu sendiri. Tinjauan penelitian ini hanya terbatas pada wilayah gempa III.

✓ **Jokesusilo dan Isfiyati (1998/1999)** meninjau tulangan utama kolom tanpa memperhitungkan geser yang terjadi akibat beban gempa sesuai dengan zona wilayahnya.

**Wahyudi (1998)** menganalisa sistem penulangan pada elemen struktur balok dan kolom suatu portal yang mengalami beban gempa besar, sehingga mengakibatkan terbentuknya sendi plastis pada ujung-ujung balok dan ujung bawah kolom dasar (daerah tumpuan). Kesimpulan dari analisisnya adalah :

1. untuk menjamin terbentuknya sendi plastis pada balok adalah dengan merencanakan kolom yang lebih kuat dari balok. Hal ini dilakukan dengan cara memperhitungkan kapasitas momen balok sebagai momen rencana kolom, dan
2. elevasi suatu struktur bangunan yang mencapai 40 m ( $\pm 10$  tingkat) tidak akan mempengaruhi besarnya gaya lateral yang bekerja, dengan catatan struktur tersebut dibangun di atas tanah lunak dan direncanakan dengan analisis statik ekuivalen.



## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

Landasan teori memuat dasar-dasar teori dalam garis besar yang akan digunakan sebagai tuntunan untuk menganalisis maupun memecahkan masalah yang akan dibahas. Bab ini dapat berupa teori-teori dasar, model matematis maupun uraian secara kualitatif. Untuk keterangan selengkapnya dapat dilihat pada penjelasan berikut ini.

#### **3.1 Pendahuluan**

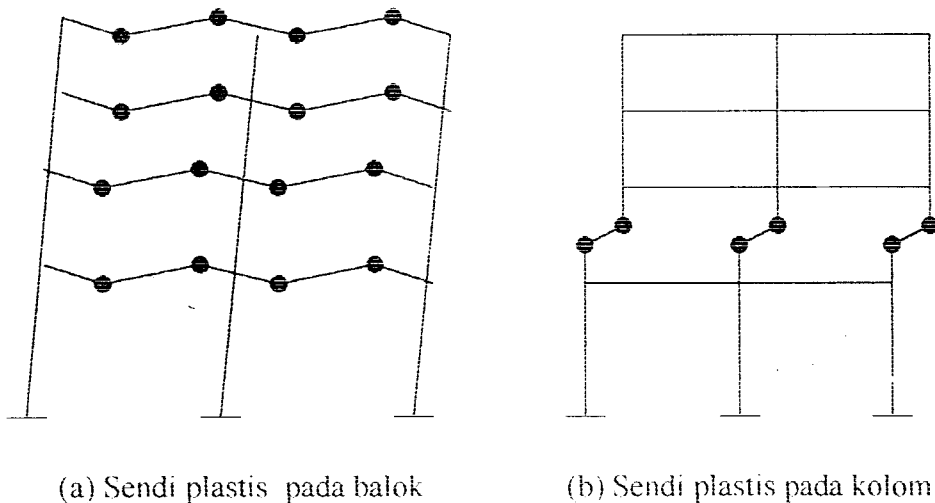
Berbagai peraturan perencanaan bangunan tahan gempa yang berlaku di negara lain termasuk pedoman perencanaan tahan gempa yang berlaku di Indonesia menetapkan suatu taraf beban gempa rencana yang menjamin suatu struktur tidak akan rusak pada saat dilanda gempa kecil atau sedang, dan pada saat dilanda gempa kuat yang jarang terjadi struktur tersebut mampu berperilaku duktail dengan memancarkan energi gempa dan sekaligus membatasi beban gempa yang masuk ke dalam struktur.

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, terbentuknya sendi-sendi plastis yang mampu memancarkan energi gempa dan membatasi besarnya beban gempa yang masuk ke dalam struktur harus dikendalikan sedemikian rupa agar struktur berperilaku memuaskan dan tidak sampai runtuh saat terjadi gempa kuat. Pengendalian terbentuknya sendi-sendi plastis pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan lebih dahulu dapat dilakukan secara pasti terlepas dari kekuatan dan

karakteristik gempa. Filosofi perencanaan seperti ini dikenal sebagai Konsep Desain Kapasitas atau *Capacity Design* (Gideon, 1994).

Konsep desain kapasitas ini merupakan implementasi dari konsep mekanisme runtuh (*collapse mechanism*) atas struktur utama penahan beban horizontal. Mekanisme runtuh yang dimaksud disini adalah *Strong-Column Weak-Beam* pada portal terbuka (*moment resisting frames*) dengan mekanisme goyangan yang terjadi adalah *Beam Sway Mechanism*.

Pada metoda *Strong-Column Weak-Beam*, mekanisme goyangan dengan pembentukan sendi-sendi plastis pada balok lebih dikehendaki dari pada mekanisme pembentukan sendi plastis yang terpusat hanya pada ujung-ujung kolom suatu portal terbuka (*soft storey mechanism*). Karena pada mekanisme yang pertama pemencaran energi gempa yang terjadi lebih terdistribusi pada banyak unsur dan bahaya ketidakstabilan struktur akibat *P -  $\Delta$  effect* lebih kecil.

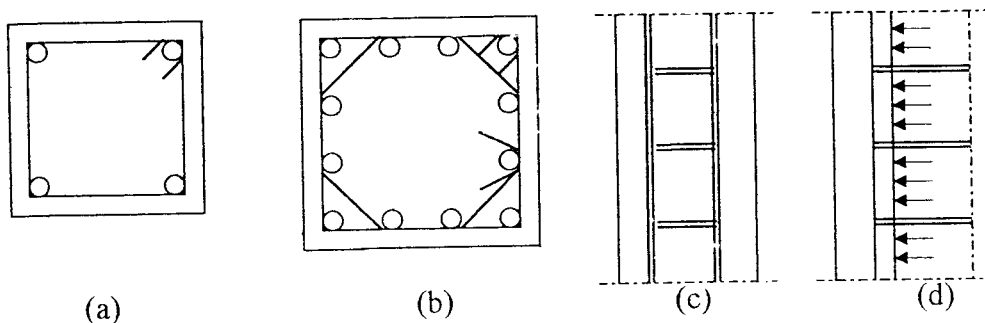


**Gambar 3.1** Pola pembentukan sendi plastis  
(disadur dari Istimawan, 1994)

Selain itu daktilitas kurvatur yang dituntut dari balok untuk menghasilkan daktilitas struktur sebesar  $\mu = 4$  misalnya, pada umumnya lebih mudah dipenuhi dari pada kolom yang untuk mencapai daktilitas sebesar  $\mu = 4$  akan sangat tinggi sehingga sulit dipenuhi. Dengan terjadinya sendi-sendi plastis pada balok, maka terjadinya rotasi-rotasi plastis pada balok dapat terjadi dengan baik.

Seperti yang telah dijelaskan di atas, akibat beban gempa maka kolom pada portal terbuka (*momen resisting frame*) akan menerima beban siklis atau beban bolak-balik, sehingga akan menyebabkan kolom menderita gaya geser.

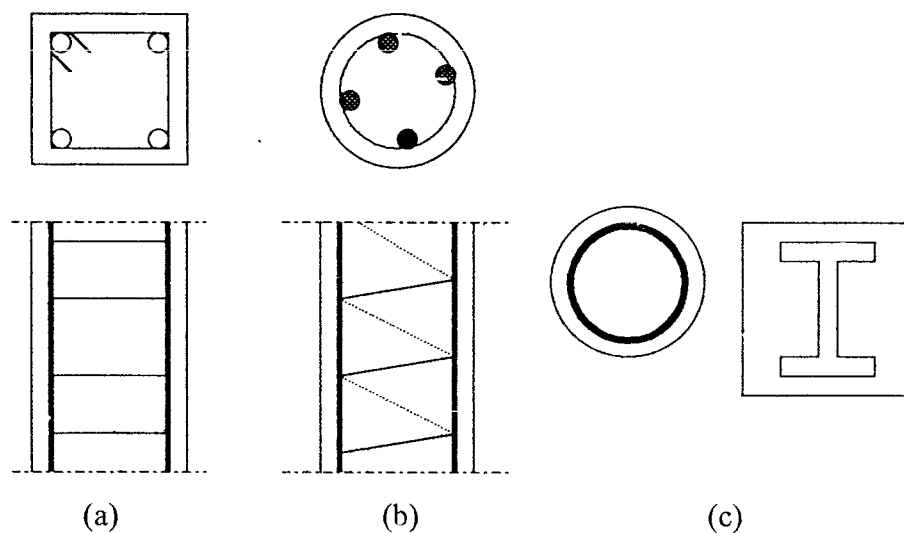
Fenomena seperti ini akan mengakibatkan peningkatan regangan tekan beton hanya dapat tercapai apabila penampang kolom dikekang sedemikian rupa untuk mencegah bertambah luasnya beton pada penampang inti dalam arah lateral dan *local buckling* pada tulangan longitudinal. Efek atau akibat dari pengekangan pada inti atau core penampang kolom dapat dilihat pada Gambar 3.2. Selain itu, tujuan pengekangan dengan pemasangan sengkang pada kolom adalah untuk menjamin adanya gaya penjepit yang menahan mekanisme geser friksi pada bidang retak.



**Gambar 3.2** Penyengkangan penampang kolom . (a) sengkang segi-4 (b) segi-4 dan sengkang segi-8 (c) penyengkangan dengan tulangan transversal (d) dengan tulangan longitudinal (disadur dari Istimawan, 1994)

Adapun klasifikasi kolom menurut Nawy (1990) adalah sebagai berikut ini.

1. Berdasarkan bentuk dan susunan tulangan
  - a. Kolom segiempat atau bujursangkar, dengan tulangan memanjang dan tulangan sengkang.
  - b. Kolom bundar, dengan tulangan memanjang serta tulangan lateral yang berupa spiral.
  - c. Kolom komposit, yang terdiri atas beton dan profil baja struktural di dalamnya.

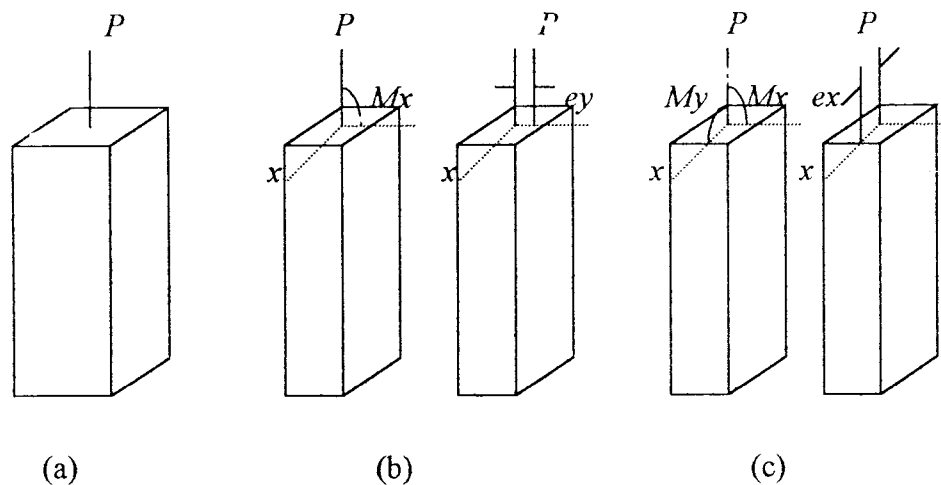


**Gambar 3.3**

Jenis kolom berdasarkan bentuk dan susunan tulang (Wang, 1986)  
(disadur dari Istimawan, 1994)

2. Berdasarkan posisi beban yang bekerja terhadap penampang melintang
  - a. Kolom yang mengalami beban sentris, berarti tidak mengalami momen lentur seperti pada Gambar 3.4 (a).

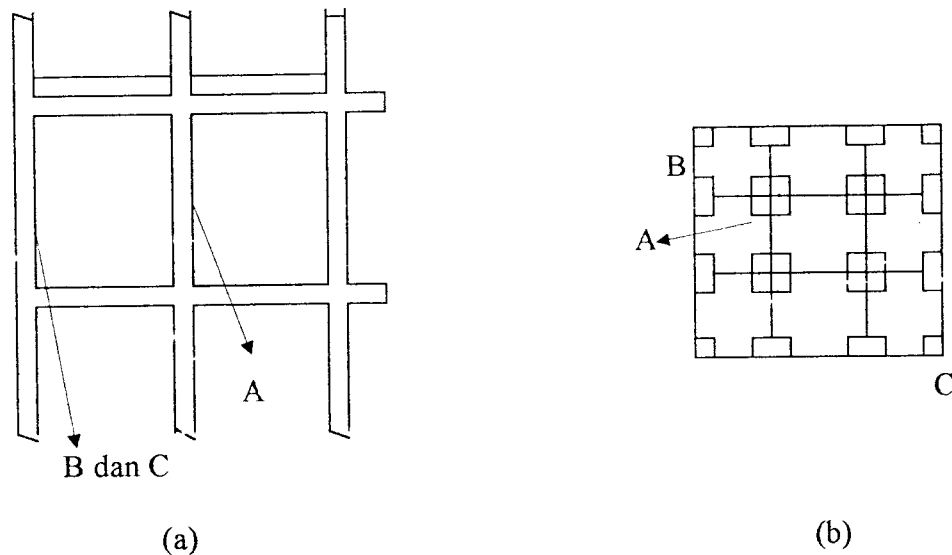
- b. Kolom dengan beban eksentris, yaitu selain mengalami beban aksial juga bekerja momen lentur. Momen ini dapat dikonversikan menjadi satu beban  $P$  dengan eksentrisitas  $e$  seperti pada Gambar 3.4 (b) dan (c). Momen lentur tersebut dapat bersumbu tunggal (uniaksial) dan dapat dilihat kolom A dan B pada Gambar 3.5 (a). Kolom dianggap bersumbu rangkap (biaksial) apabila lenturnya terjadi pada sumbu X dan Y seperti kolom pojok C pada Gambar 3.5 (b).
3. Berdasarkan panjang kolom
- Kolom pendek, apabila kolom runtuh karena kegagalan materialnya (yaitu lelehnya baja atau hancurnya beton).
  - Kolom panjang, apabila kolom runtuh karena adanya faktor tekuk yang lebih besar.



**Gambar 3.4**

Jenis kolom berdasarkan posisi beban pada penampang melintang:

- (a) kolom dengan beban sentris; (b) beban aksial dengan momen satu sumbu (uniaksial); (c) beban aksial dengan momen dua sumbu (biaksial)  
 (disadur dari Ferguson, 1986)



**Gambar 3.5**

Posisi kolom : (a) tampak rangka, (b) denah : A, kolom interior yang mengalami lentur uniaksial tidak simetris; B, kolom eksterior lentur uniaksial; C, kolom pojok eksterior lentur biaksial (Nawy, 1990)

### 3.2 Perancangan Struktur Dengan Daktilitas Penuh

Penampilan (*performance*) struktur dengan beban gempa dirancang dibagi dalam dua kriteria yaitu "*damage control*" dan "*survival*".

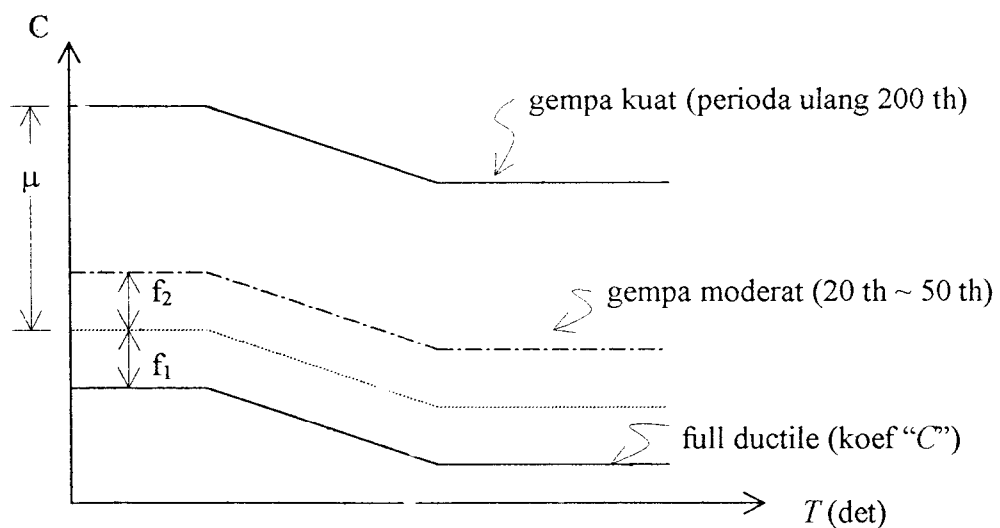
#### 3.2.1 Kriteria "*damage control*" (*Strength Design*)

Apabila struktur dilanda gempa dengan perioda ulang sesuai dengan umur rencana bangunan (gempa ringan), maka struktur dirancang untuk mampu menahan gempa ringan tersebut tanpa kerusakan pada komponen struktural dan non strukturalnya karena struktur masih dalam batas elastisnya. Kemampuan

struktur dalam batas elastik sebanding dengan nilai koefisien gempa dasar ( $C$ ) dapat dilihat pada gambar 3.6.

### 3.2.2 Kriteria “*survival*” (*Capacity Design*)

Bila gempa kuat rancang yang mungkin terjadi pada umur bangunan yang direncanakan membebani struktur, struktur dirancang untuk dapat bertahan dengan tingkat kerusakan yang besar tanpa runtuh (*collapse*). Gempa kuat rancang dalam PPTGIUG’83 direncanakan untuk gempa dengan perioda ulang 200 tahun, sedangkan umur bangunan yang ditinjau kurang lebih 20 tahun sampai dengan 50 tahun. Struktur dirancang untuk dapat mendisipasikan energi dengan tingkat daktilitas rancang. Perancangan ini didasarkan atas konsep kekuatan perancangan kapasitas (*Capacity Design*).

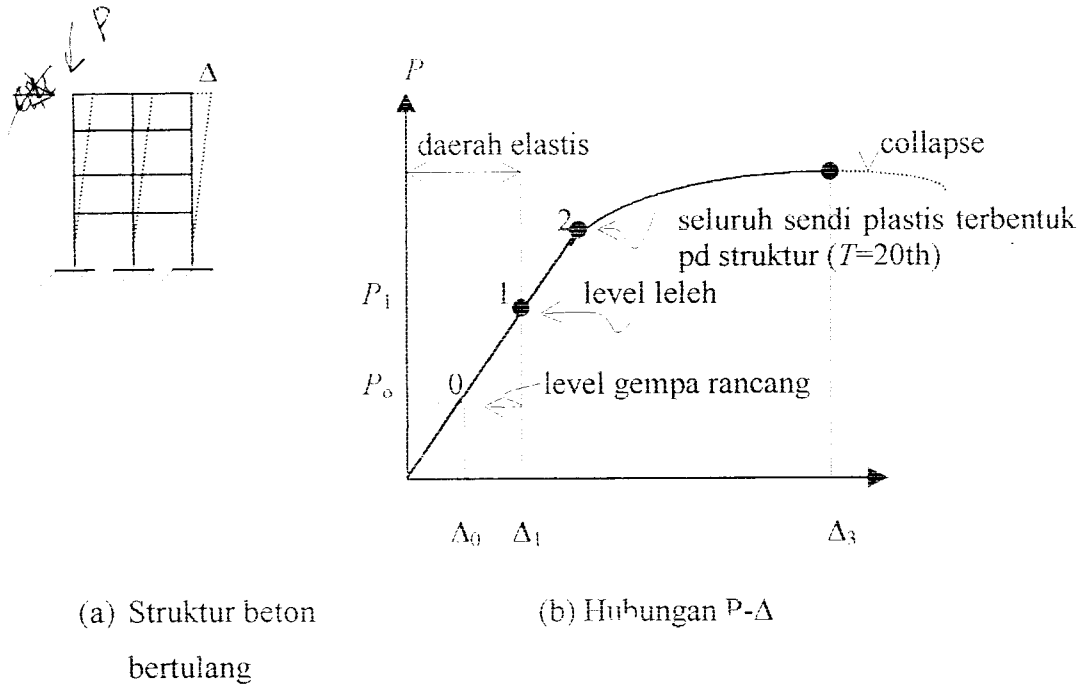


**Gambar 3.6** Skets Koefisien gempa dasar ( $C$ )

(disadur dari Ulasan Pedoman Beton, 1989)

### 3.2.3 Faktor $f_1$ dan $f_2$

Bila struktur dilanda gempa sedang (moderat) yang bernilai sebanding dengan koefisien dasar gempa ( $C$ ), maka dikalikan dengan faktor  $f_1$  dan  $f_2$ .



**Gambar 3.7** Daktilitas struktur

(disadur dari Ulasan Pedoman Beton, 1989)

#### a. Faktor $f_1$

Faktor  $f_1$  adalah perbandingan kekuatan leleh aktual struktur ( $P_1$ ) dan kekuatan leleh aktual design ( $P_0$ ). Faktor  $f_1$  juga merupakan cadangan kekuatan struktur akibat :

- load factor = 1,05 ,
- strain hardening variasi tegangan = 1,25
- faktor penampang – 1,15 , dan



- faktor pembulatan tulangan = 1,1.

$$f_1 = 1,05 \times 1,15 \times 1,25 \times 1,1 \approx 1,6$$

#### b. Faktor $f_2$

Faktor  $f_2$  adalah faktor kenaikan kekuatan struktur akibat waktu terjadinya sendi-sendi plastis yang tidak bersamaan.

$$f_2 (\text{Indonesia}) \approx 1,8$$

$$\text{Faktor } f_1 \times f_2 = 3,00$$

### 3.3 Faktor-Faktor Penentu Beban Gempa Rencana Dengan Metoda Statis

#### Ekivalen

Beban statis ekivalen adalah representasi dari beban gempa yang telah disederhanakan, yaitu penyederhanaan gaya inersia yang bekerja pada suatu massa dan disederhanakan menjadi suatu beban statik. Gaya inersia adalah suatu gaya yang bekerja pada suatu massa dengan arah yang berlawanan dengan arah gerakan massa yang bersangkutan oleh karena adanya beban dinamis gempa. Jadi beban statis ekivalen merupakan beban yang ekivalen dengan beban gempa yang bekerja pada bangunan dalam batas tidak terjadi *overstress*.

Walaupun sifatnya merupakan penyederhanaan, tetapi bukan berarti bahwa beban statik ekivalen tidak berdasar, karena beban tersebut sudah berdasar pada prinsip-prinsip dinamis seperti dinamik karakteristik dan bangunan, jenis struktur ( $K$ ) dan peruntukan bangunan ( $I$ ). Dinamik karakteristik bangunan meliputi massa  $M$ , kekakuan  $K$  dan redaman  $C$ . Dalam konsep statik ekivalen hanya massa yang diperhitungkan dan inilah yang menjadi perbedaan utama antar konsep statis dengan konsep dinamis.

### 3.3.1 Beban geser dasar akibat gempa

Setiap struktur gedung harus direncanakan dan dilaksanakan untuk menahan suatu beban geser dasar akibat gempa ( $V$ ). Besarnya beban geser rencana ( $V$ ) menurut Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung, 1987 dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_i \quad (3.1)$$

dengan

$V$  = gaya geser dasar horizontal akibat beban gempa

$C$  = koefisien gempa dasar seperti yang ditentukan dari spektrum respon percepatan

$I$  = faktor keutamaan

$K$  = faktor jenis struktur

$W_i$  = berat total bangunan

### 3.3.2 Koefisien gempa dasar ( $C$ )

Koefisien gempa dasar berfungsi untuk menjamin agar struktur mampu memikul beban gempa yang dapat menyebabkan kerusakan besar pada struktur. Koefisien gempa dasar dapat ditentukan dari Gambar 3.8 untuk suatu wilayah gempa tertentu dengan menggunakan waktu getar alami struktur jenis portal beton yang dihitung dengan rumus :

$$T = 0,06 \cdot H^{3/4} \quad (3.2)$$

dengan

$T$  = waktu getar alami bangunan, dan

$H$  = tinggi bangunan.

Setelah waktu getar dihitung dengan rumus di atas, kemudian di cek dengan metode Rayleigh dengan rumus :

$$T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot d_i}} \quad (3.3)$$

dengan

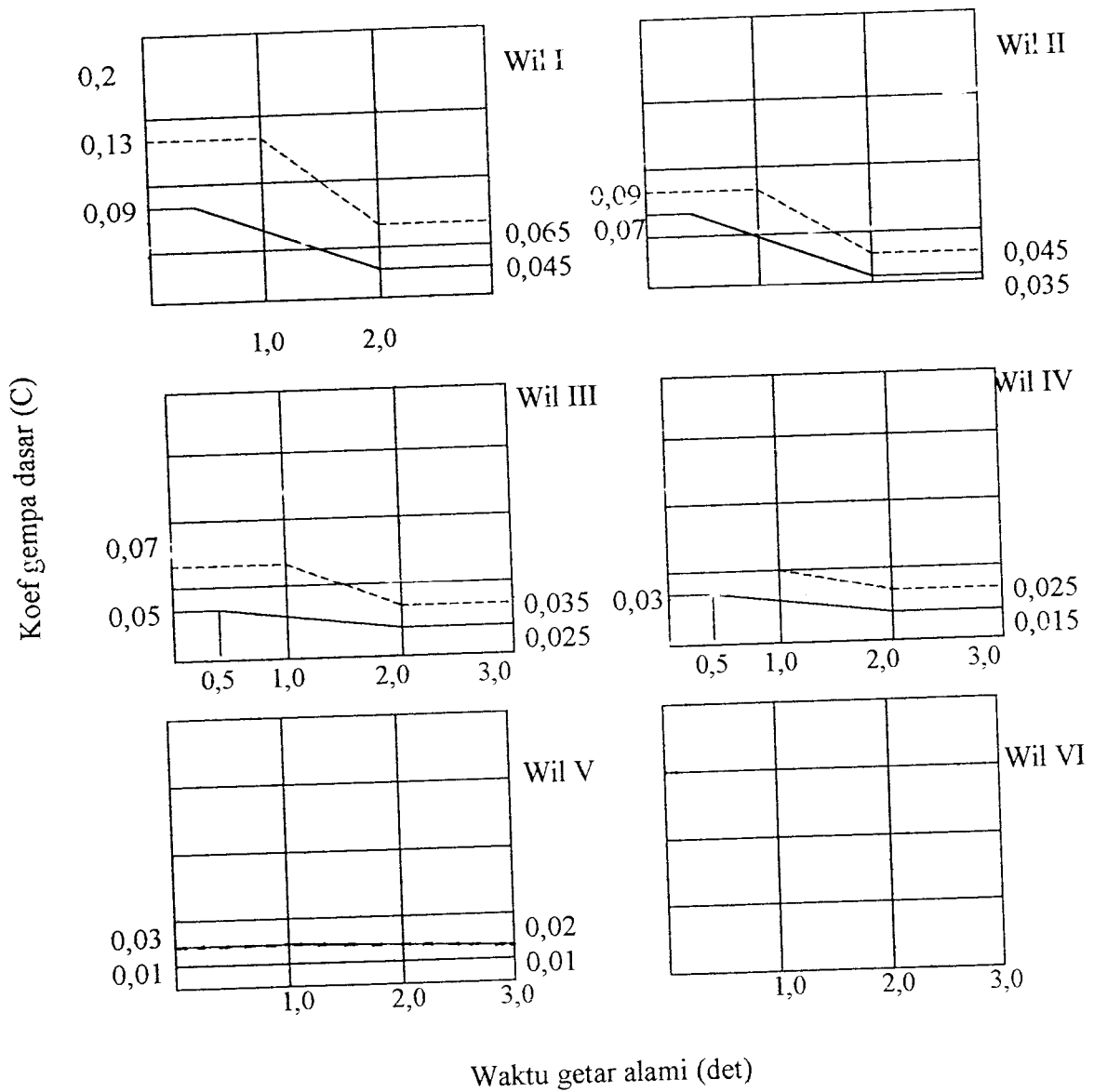
$W_i$  = berat bangunan di lantai ke  $-i$  (kN),

$d_i$  = defleksi tiap-tiap lantai (m),

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/dt^2$ ), dan

$F_i$  = gaya geser dasar horizontal total akibat gempa (kN).

— : Struktur di atas tanah keras  
 - - - : Struktur di atas tanah lunak



**Gambar 3.8** Koefisien gempa dasar untuk berbagai wilayah gempa (disadur dari PPKGURDG, 1987)

Koefisien gempa dasar berfungsi untuk menjamin agar struktur mampu memikul beban gempa yang dapat menyebabkan kerusakan besar pada struktur. Koefisien  $C$  tergantung pada frekwensi terjadinya gerakan tanah yang bersifat sangat merusak, yang berbeda-beda pada tiap wilayah gempa, waktu getar alami struktur dan kondisi tanah setempat.

### **3.3.3 Faktor Keutamaan ( $I$ )**

Faktor Keutamaan ( $I$ ) dipakai untuk memperbesar beban gempa rencana agar struktur mampu memikul beban gempa dengan periode ulang yang lebih panjang atau dengan kata lain struktur tersebut dapat menahan gempa dengan tingkat kerusakan yang lebih kecil. Dalam penelitian numeris ini digunakan faktor keutamaan = 1.

### **3.3.4 Faktor Jenis Struktur ( $K$ )**

Faktor jenis struktur ( $K$ ) dimaksudkan agar struktur mempunyai kekuatan lateral yang cukup untuk menjamin bahwa daktilitas yang dituntut tidak lebih besar dari daktilitas yang tersedia pada saat terjadi gempa kuat. Faktor ini sangat bergantung pada jenis struktur dan bahan konstruksi yang digunakan. Dalam perencanaan numeris ini digunakan faktor jenis struktur = 1.

### 3.3.5 Beban geser dasar akibat gempa sepanjang tinggi gedung

Beban geser dasar akibat gempa ( $V$ ) harus dibagikan sepanjang tinggi gedung menjadi beban-beban horizontal terpusat yang bekerja pada masing-masing tingkat menurut rumus sebagai berikut :

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} V \quad (3.4)$$

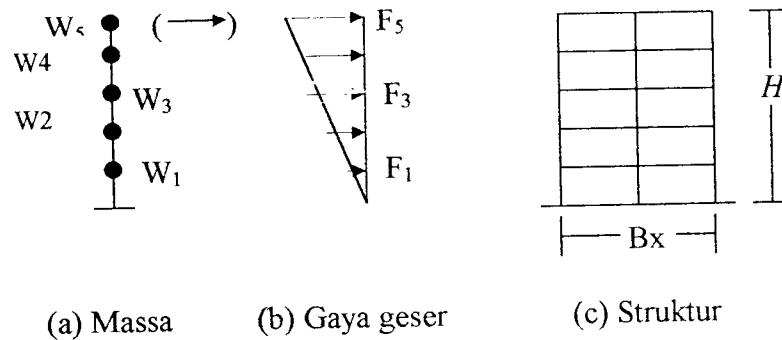
Dengan  $h_i$  adalah ketinggian sampai tingkat  $i$  diukur dari tinggi penjepit lateral seperti yang ditentukan dalam pasal 1.3 Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung, 1987. Rumus yang tersebut di atas harus memenuhi ketentuan berikut ini :

1. Bila  $H/A$  atau  $H/B < 3$ , maka gaya geser horizontal total harus dibagikan ke seluruh tinggi gedung menjadi beban terpusat yang menangkap pada masing-masing tingkat.

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} V \quad \text{untuk } \frac{H}{B} < 3,0 \quad (3.5)$$

2. Bila  $H/A$  atau  $H/B > 3$ , maka gaya geser horizontal total harus dibagikan 0,1 untuk atap dan 0,9 sisanya dibagikan sepanjang tinggi gedung .

$$F_i = \frac{\bar{w}_i h_i}{\sum W_i h_i} V + [0,1 V_{\text{dipuncak}}] \quad \text{untuk } \frac{H}{B} \geq 3,0 \quad (3.6)$$



Gambar 3.9 Pembebanan Gempa Menurut PPTGIUG'83

### 3.4 Analisa Struktur

Hasil analisis struktur (gaya-gaya dalam portal) akibat beban mati, beban hidup, beban gempa serta kombinasinya diperoleh dari perhitungan dengan program komputer SAP-90.

### 3.5 Momen Rencana dan Penulangan Lentur Balok

Dalam sub bab ini dijelaskan tentang rumus-rumus yang mendukung perhitungan momen rencana dan penulangan lentur balok.

#### 3.5.1 Momen Rencana Balok

Momen ultimit rencana balok dihitung berdasarkan ketiga tipe pembebanan dan diambil nilai terbesar dari kontribusi berikut ini menurut SKSNI 3.2.2.1991.

$$\text{Tipe pembebanan 1, } M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L \quad (3.7)$$

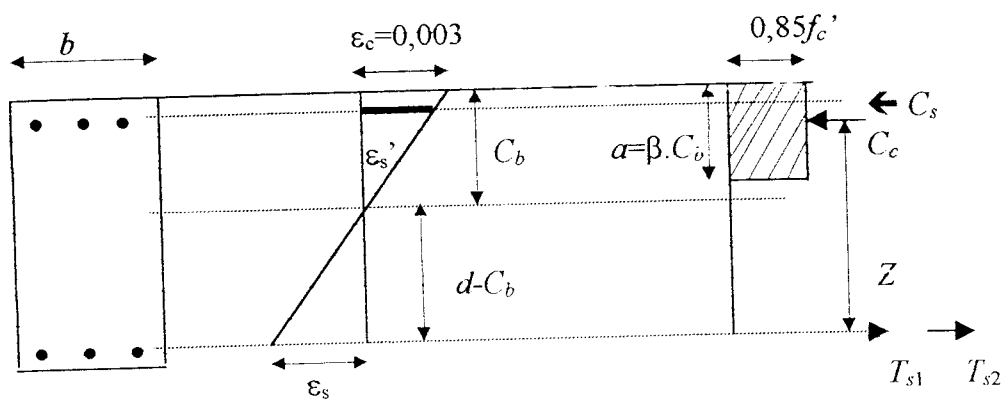
$$\text{Tipe pembebanan 2, } M_u = 1,05 (M_D + 0,6 M_L \pm M_E) \quad (3.8)$$

$$\text{Tipe pembebanan 3, } M_u = 0,9 (D \pm E) \quad (3.9)$$

### 3.5.2 Penulangan Lentur Balok

Dalam praktek, sistem tulangan tunggal hampir tidak pernah dimanfaatkan untuk balok, karena pemasangan tulangan tambahan di daerah tekan misalnya di tepi atas penampang tengah lapangan akan mempermudah pengaitan sengkang. Secara struktural, tulangan tekan ini diperlukan antara lain :

- meningkatkan momen tahanan penampang karena dimensi penampang yang terbatas secara arsitektural,
- meningkatkan kapasitas rotasi penampang yang berkaitan dengan peningkatan daktilitas penampang,
- meningkatkan kekakuan penampang, sehingga mengurangi defleksi struktur, dan
- dapat mencakup kemungkinan momen yang berubah tanda. Gaya luar yang bekerja pada struktur tidaklah selalu tetap, misalnya gaya horizontal akibat gempa yang mengakibatkan momen-momen internal berubah tanda (Wahyudi dan Rahim, 1997).



**Gambar 3.10** Distribusi tegangan regangan balok bertulangan rangkap (disadur dari Nawy, 1990)



**a. Balok bertulangan rangkap dengan tulangan tekan telah luluh**

Pada kondisi ini diasumsikan tulangan tarik dan desak telah luluh paling tidak pada saat regangan beton mencapai 0,003, dengan menganggap  $f_s = f_s' = f_y$ . Untuk kondisi ini  $A_s = A_{s1} + A_{s2}$ , sedangkan  $A_{s2} = A_s'$ , sehingga tinggi blok tegangan tekan :

$$a = \frac{(A_s - A_s') \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (3.20)$$

atau

$$a = \frac{A_{s1} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (3.21)$$

Sebagai kontrol asumsi yang dipakai benar, maka dilakukan pemeriksaan regangan sebagai berikut :

$$\varepsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot (0,003) \quad (3.22)$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot (0,003) \quad (3.23)$$

bila kedua nilai regangan tersebut lebih besar dari  $\varepsilon_y$  (regangan leleh baja) maka asumsi benar, selanjutnya menghitung momen tahanan nominalnya dengan persamaan :

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} \quad (3.24)$$

$$M_{n1} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot (d - 1/2 \cdot a) \quad (3.25)$$

atau

$$M_{n1} = A_{s1} \cdot f_y \cdot (d - 1/2 \cdot a) \quad (3.26)$$

$$M_{n2} = A_s \cdot f_y \cdot (d - d') \quad (3.27)$$

### b. Balok bertulangan rangkap dengan tulangan tekan belum luluh

Kondisi ini merupakan kondisi dimana anggapan tulangan baja tarik telah luluh, sedangkan tulangan baja desak belum luluh pada saat regangan beton mencapai 0,003. Jika  $\epsilon_s' < \epsilon_y$  dan  $\epsilon_s \geq \epsilon_y$ , untuk mendapatkan nilai  $c$  digunakan persamaan :

$$(0,85.f_c'.b.\beta).c^2 + (600.A_s'.-A_s.f_y).c - 600.d'.A_s' = 0 \quad (3.28)$$

Kuat momen tahanan ideal dari pasangan kopel tulangan baja tekan dengan baja tarik tambahan serta kopel gaya beton tekan dengan tulangan baja tarik dihitung dengan persamaan :

$$M_{n1} = 0,85.f_c'.a.b.(d-1/2.a) \quad (3.29)$$

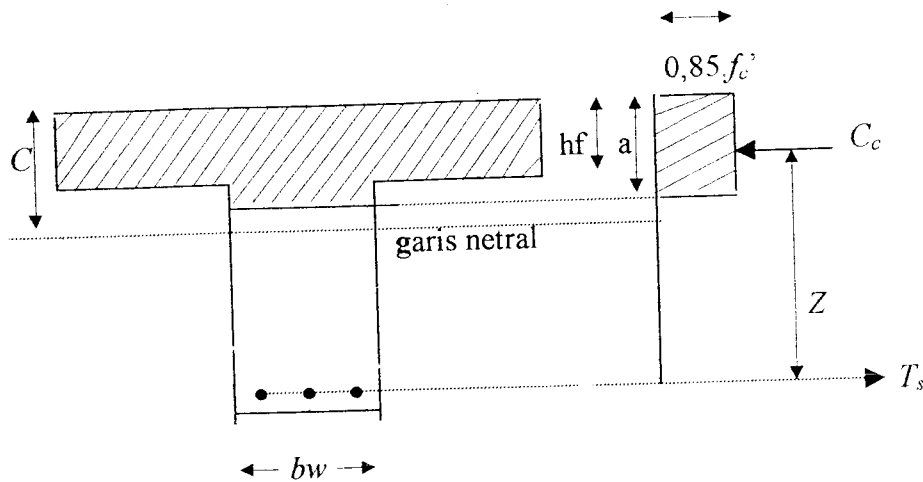
$$M_{n2} = A_s.f_s'.(d - d') \quad (3.30)$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} \quad (3.31)$$

SKSNI T-15-1991-03 mensyaratkan bahwa untuk beton bertulang tahan gempa, kuat momen positif pada sisi muka join tidak boleh kurang dari 50 % kuat momen negatif yang disediakan pada sisi muka join tersebut.

### c. Balok T

Analisis dan perencanaan balok yang dicetak menjadi satu kesatuan yang monolit dengan plat atap atau lantai, didasarkan pada anggapan bahwa antara keduanya terjadi interaksi saat menahan momen lentur positif yang bekerja pada balok. Interaksi tersebut membentuk satu kesatuan yang pada penampangnya membentuk huruf T tipikal dan oleh karenanya dinamakan balok T.



**Gambar 3.11** Penampang balok  $T$  sebagai satu kesatuan dengan sistem plat (disadur dari Nawy, 1990)

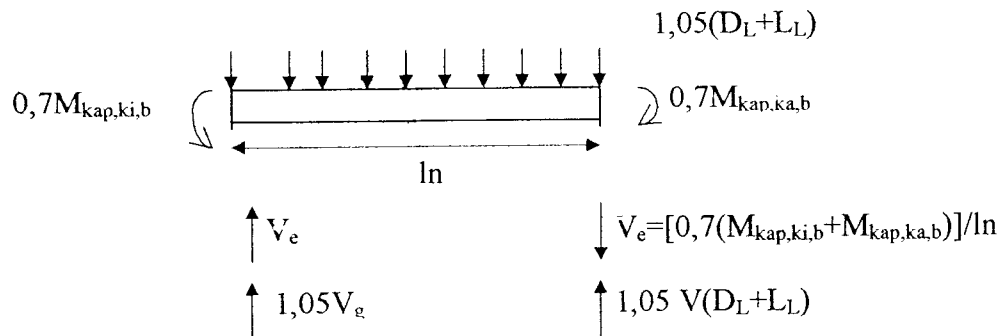
Lebar sayap (*flens*) efektif dari balok  $T$  ditentukan dengan mengambil nilai terkecil dari beberapa ketentuan berikut (SKSNI) :

1.  $\frac{1}{4}$  panjang balok,
2.  $b_w + 16.h_f$  (tinggi sayap / plat), dan
3. jarak pusat ke pusat antar balok.

Bila sayap hanya ada pada satu sisi maka lebar sayap efektif yang diperhitungkan tidak lebih besar dari seperduabelas panjang bentangan balok, atau enam kali tebal plat, atau  $\frac{1}{2}$  jarak bersih dengan balok disebelahnya.

Apabila  $T_s > C_c$ , maka balok berperilaku sebagai balok  $T$  murni dan daerah blok tegangan tekan akan meliputi seluruh sayap ditambah sebagian masuk ke daerah balok di bawah sayap, dan letak batas tepi bawah blok tegangan tekan ditentukan dengan :

$$a = \frac{T_s - C_c}{0,85.f'_c.b_w} + h_f \quad (3.32)$$



**Gambar 3.12** Persyaratan kuat geser balok (disadur dari Ulasan Pedoman Beton)

Nilai momen kapasitas balok diperhitungkan baik untuk kondisi positif di ujung kiri dan negatif di ujung kanan atau sebaliknya. Kombinasi nilai  $V_e$  dengan beban gravitasi  $V_g$  yang menghasilkan nilai terbesar dipakai untuk menentukan gaya geser rancang. Dalam penentuan kuat geser, nilai  $V_c$  (kontribusi beton) di daerah sendi plastis diasumsikan sama dengan nol.

Penulangan geser balok

$$V_u/\phi \leq V_c + V_s, \quad (3.39)$$

$$V_c = \sqrt{\frac{1}{6} f'_c} \cdot bw \cdot d \quad (3.41)$$

$$V_s = A_v \cdot f_y \cdot d/s \quad (3.42)$$

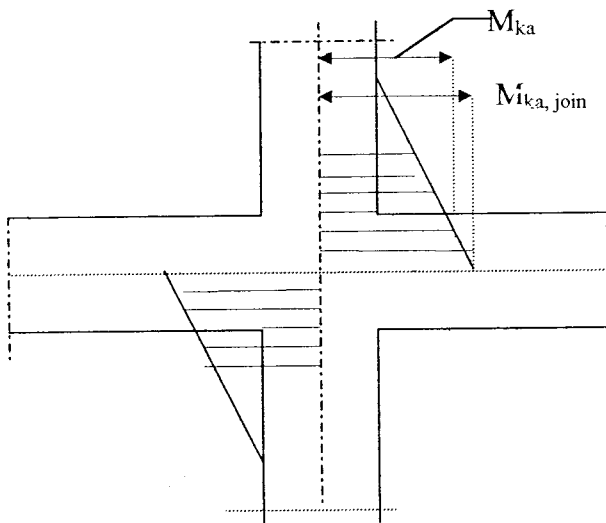
Dengan kuat geser beton pada daerah sendi plastis = 0 dan kuat geser beton pada daerah di luar sendi plastis,

$$V_c = \sqrt{\frac{1}{6} f'_c} \cdot bw \cdot d$$

Pada daerah sendi plastis, spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai :

- $d/4,$

Penentuan momen kapasitas balok pada pusat join dilakukan dengan ekstrapolasi linier momen pada muka kolom ke pusat kolom.



**Gambar 3.15** Penentuan momen rencana kolom pada muka balok

Penentuan momen rencana kolom pada muka balok dilakukan dengan interpolasi linier momen pada pusat balok ke muka balok.

Berdasarkan Gambar 3.14, Gambar 3.15, Gambar 3.16 dan Gambar 3.15 maka diperoleh rumus :

$$M_{u,k} = \frac{h'_k}{h_k} \omega_d \alpha_k \cdot 0,7 \left( \frac{l_{ki}}{l'_{ki}} M_{kap,ki} + \frac{l_{ka}}{l'_{ka}} M_{kap,ka} \right) \quad (3.44)$$

atau dapat disingkat menjadi :

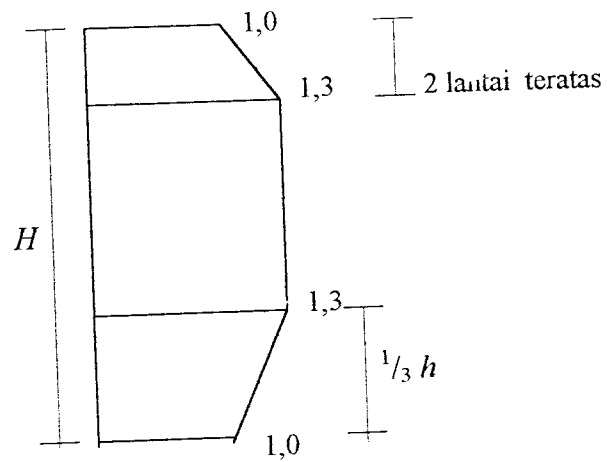
$$\Sigma M_{u,k} = 0,7 \omega_d \Sigma M_{kap,b} \quad (3.45)$$

Tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$M_{u,k} = 1,05 (M_{o,k} + M_{e,k} + \frac{4,0}{5} M_{e,k}) \quad (3.46)$$

dengan

$\omega_d$  : faktor pembesar dinamis yang memperhitungkan pengaruh terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan diambil dari Gambar 3.16, dan



**Gambar 3.16** Nilai  $\omega$  (Faktor Pengali Dinamis)

$\alpha_k$  : faktor distribusi momen kolom portal yang ditinjau sesuai dengan kekauan relatif kolom atas dan kolom bawah.

Tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$N_{u,k} = 1,05 \left( N_{g,k} + \frac{4,0}{K} N_{E,k} \right) \quad (3.49)$$

dengan

$Rn$  = faktor reduksi yang ditentukan sebesar :

$$\begin{aligned} 1,0 & \quad \text{untuk } 1 < n < 4, \\ 1,1 - 0,025n & \quad \text{untuk } 4 < n < 20, \text{ dan} \\ 0,6 & \quad \text{untuk } n > 20. \end{aligned}$$

$n$  = jumlah lantai di atas kolom yang ditinjau,

$l_b$  = bentang balok dari pusat ke pusat kolom,

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

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

Dalam segala hal, kuat lentur dan aksial rancang kolom portal harus dapat memperhitungkan kombinasi pembebanan terfaktor antara beban gravitasi dan beban gempa dalam 2 arah yang saling tegak lurus (100% dalam satu arah, 30% dalam arah lain tegak lurus pada arah tersebut dan diambil yang paling menentukan).

### 3.8 Beban Geser Pada Kolom Portal

Kuat geser kolom portal ( $V_{u,k}$ ) dengan daktilitas penuh berdasarkan terjadinya sendi-sendi plastis pada ujung balok-balok yang bertemu pada kolom tersebut harus dihitung dengan cermat sebagai berikut :

$$\frac{\rho}{\rho'} = 1 \quad (3.33)$$

$$M_R = 0,8.0,85.f_c'.b.hf.(d - \frac{1}{2}.hf) \quad (3.34)$$

$$\rho = \frac{As'}{d.b} \quad (3.35)$$

$$Rn = \frac{1 - \{1 - (m.\rho)^2\}}{2.m} . f_y \quad (3.36)$$

$$Mn = Rn.b.d^2 \quad (3.37)$$

### 3.6 Gaya Geser dan Penulangan Geser Balok

Selain menahan beban lentur, balok pada saat yang sama juga menahan beban geser akibat lentur. Untuk komponen struktur beton bertulang, apabila gaya geser yang bekerja sedemikian besar di luar kemampuan beton untuk menahannya maka perlu dipasang tulangan tambahan untuk menahan geser tersebut.

Gaya geser rencana balok dapat dihitung dengan rumus :

$$V_{u,b} = 0,7 \left[ \frac{M_{kcp} , b_{ku} + M_{kap} , \dot{v}_{ku}}{l_n} \right] + 1,05 V_g \quad (3.38)$$

Tetapi gaya geser maksimum balok tidak perlu lebih dari

$$V_{u,b} = 1,05 (V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4}{k} . V_{E,b}) \quad (3.39)$$



- $8.d_1$ ,
- $24 \times$  diameter sengkang, dan
- berdasar persamaan : 
$$\frac{1600.A_{s1}.f_y}{(A_{sa} + A_{sb}).f_y} \quad (3.43)$$

dengan :

$A_{s1}$  = luas tulangan sengkang,  $\text{mm}^2$ ,

$A_{sa}$  = luas tulangan longitudinal atas,  $\text{mm}^2$ , dan

$A_{sb}$  = luas tulangan longitudinal bawah,  $\text{mm}^2$ .

Pada daerah di luar sendi plastis, spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai :

- $d/2$ , dan
- 600 mm.

dengan

$M_{kap,b}$  = momen kapasitas lentur balok =  $\phi_o \cdot M_{nak,b}$ .

$M_{nak,b}$  = momen lentur nominal aktual balok berdasarkan luas tulangan aktual yang terpasang,

$\phi_o$  = faktor penambah kekuatan sebesar 1,25 untuk

$$f_y \leq 400 \text{ MPa},$$

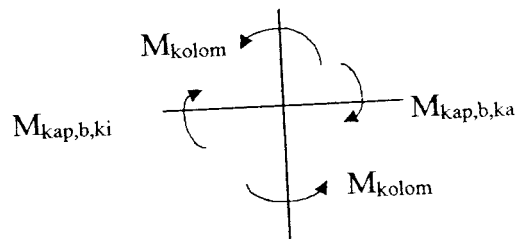
$V_{u,b}$  = gaya geser rencana balok,

$A_{s1}$  = luas 1 kaki dari tulangan transversal ( $\text{mm}^2$ ), dan

$A_{sa}$  = luas tulangan longitudinal atas ( $\text{mm}^2$ ).

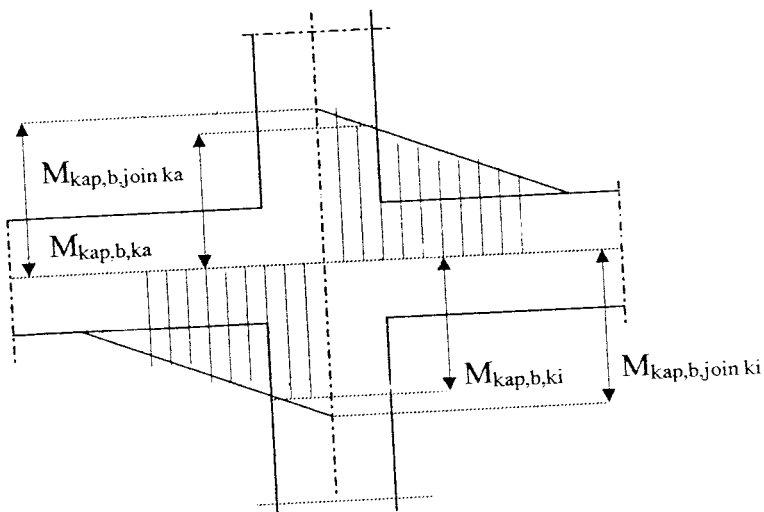
### 3.7 Beban Lentur dan Aksial Pada Kolom Portal

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 kedua ujung balok yang bertemu dengan kolom tersebut.



**Gambar 3.13** Keseimbangan momen balok dan momen kolom

Gambar 3.13 menunjukkan bahwa jumlah momen kapasitas balok jika dijumlahkan dengan jumlah momen kolom harus sama dengan nol, sehingga antara momen kapasitas balok dan momen kolom akan saling meniadakan. Hal inilah yang menyebabkan keadaan menjadi seimbang.



**Gambar 3.14** Penentuan momen kapasitas balok pada pusat join

Untuk kolom lantai atas

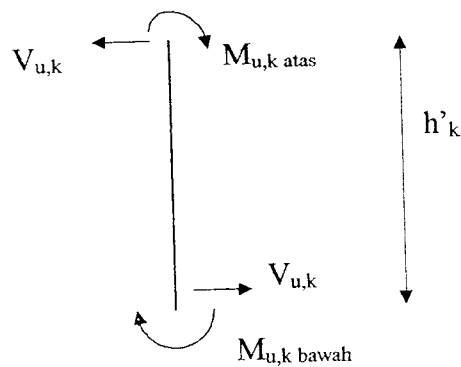
$$V_{u,k} = \frac{M_{u,katas} + M_{u,kbawah}}{h_k} \quad (3.50)$$

Untuk kolom lantai dasar

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,katas} + M_{kapasitas\ kolom}}{h'_k} \quad (3.51)$$

Dalam segala hal gaya geser kolom tidak perlu lebih besar dari

$$V_{u,k} = 1,05 \left( V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4,0}{K} V_{E,k} \right) \quad (3.52)$$



**Gambar 3.18** Gaya geser pada kolom portal

$M_{u,k\ atas}$  dan  $M_{u,k\ bawah}$  adalah momen ultimit kolom dalam kondisi balok mengalami sendi plastis pada ujungnya (di muka kolom), dengan asumsi kenaikan momen kapasitas balok adalah linier dibandingkan dengan momen ultimateya.

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

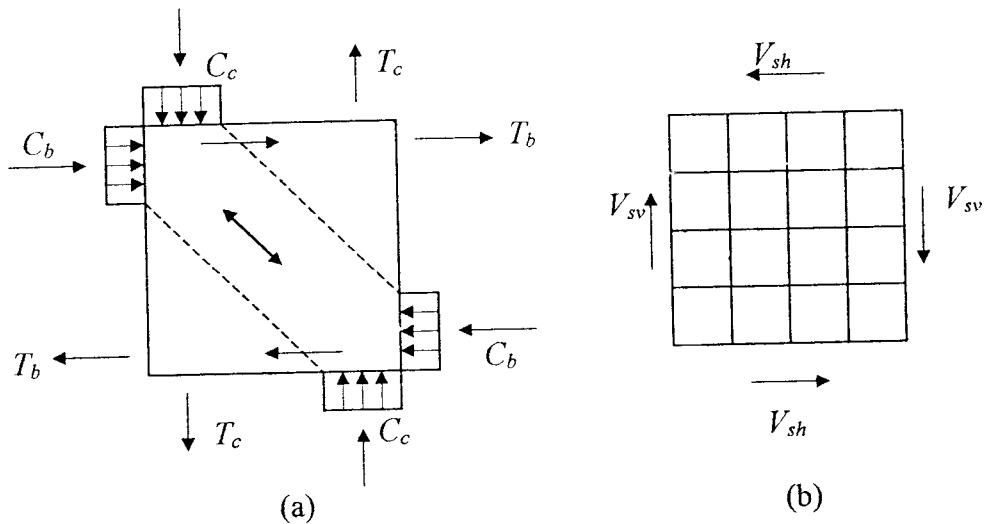
$M_{u,k\ bawah}$  = momen rencana kolom pada ujung bawah dihitung pada muka balok,

$M_{kapasitas\ kolom} = \text{momen kapasitas lentur kolom} = \phi_o \cdot M_{nak,k}$

- $M_{nak,k}$  = momen lentur nominal aktual kolom berdasarkan luas tulangan aktual yang terpasang,
- $\phi_o$  = faktor penambah kekuatan sebesar 1,25 untuk  $f_y \leq 400$  MPa,
- $h'_k$  = tinggi bersih kolom,
- $V_{d,k}$  = gaya geser kolom akibat beban mati,
- $V_{l,k}$  = gaya geser kolom akibat beban hidup, dan
- $V_{E,k}$  = gaya geser kolom akibat beban gempa.

### 3.9 Panel Pertemuan Balok-Kolom

Join adalah daerah pertemuan balok dan kolom. Daerah join yang tidak dirancang dengan baik akan merupakan komponen struktur yang lemah apabila struktur dilanda gempa kuat. Pada kondisi kapasitas, tulangan longitudinal akan mengalami gaya tekan disalah satu sisi dan gaya tarik di sisi yang lain. Gaya ini harus ditahan oleh join oleh mekanisme gaya lekatan (*bond stress*) antara beton dan tulangan. Beberapa persyaratan dimensi komponen struktur diambil dengan pertimbangan agar transfer gaya lekatan terjadi dengan baik. Daerah join harus diberi tulangan horizontal dan vertikal untuk menjamin mekanisme gaya geser dalam kondisi kapasitas tidak merusak join. Komponen kuat geser join sumbangan beton diberikan oleh aksi strat beton (*concrete strat action*), sedangkan sumbangan tulangan baja disebut dengan aksi rangka panel (*panel truss action*).



**Gambar 3.19** Mekanisme kuat geser inti join (a) strat beton  
(b) panel rangka (disadur dari Ulasan Pedoman Beton, 1989)

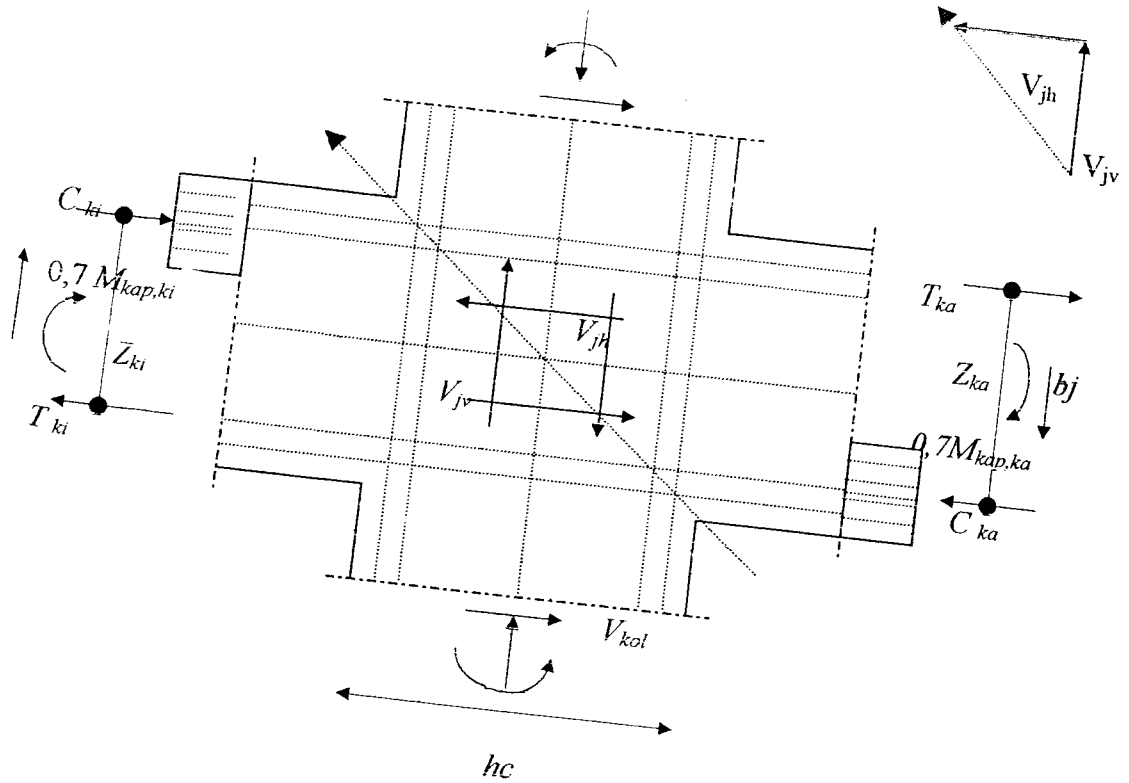
Panel pertemuan balok-kolom portal (titik buhul) harus diproporsikan sedemikian rupa, sehingga memenuhi persyaratan kuat geser horizontal perlu  $V_{u,h}$  dan kuat geser vertikal perlu  $V_{u,v}$  yang berkaitan dengan terjadinya momen kapasitas pada sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu pada kolom. Gaya-gaya yang terjadi pada titik buhul balok-kolom harus membentuk keseimbangan sehingga memenuhi persamaan di bawah ini :

$$V_{jh} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol} \quad (3.53)$$

$$C_k = T_{ki} = 0,7 \frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}} \quad (3.54)$$

$$C_{ka} = T_{ka} = 0,7 \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}} \quad (3.55)$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left( \frac{l_{ki}}{l_{ki}} M_{kap,ki} + \frac{l_{ka}}{l_{ka}} M_{kap,ka} \right)}{\frac{1}{2} (h_{k,a} + h_{k,b})} \quad (3.56)$$



**Gambar 3.20** Panel pertemuan balok dan kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok (disadur dari Ulasan Pedoman Beton, 1989)

Tegangan geser horizontal nominal pada titik buhul adalah

$$V_{jh} = \frac{V_{jh}}{bj \cdot hc}$$

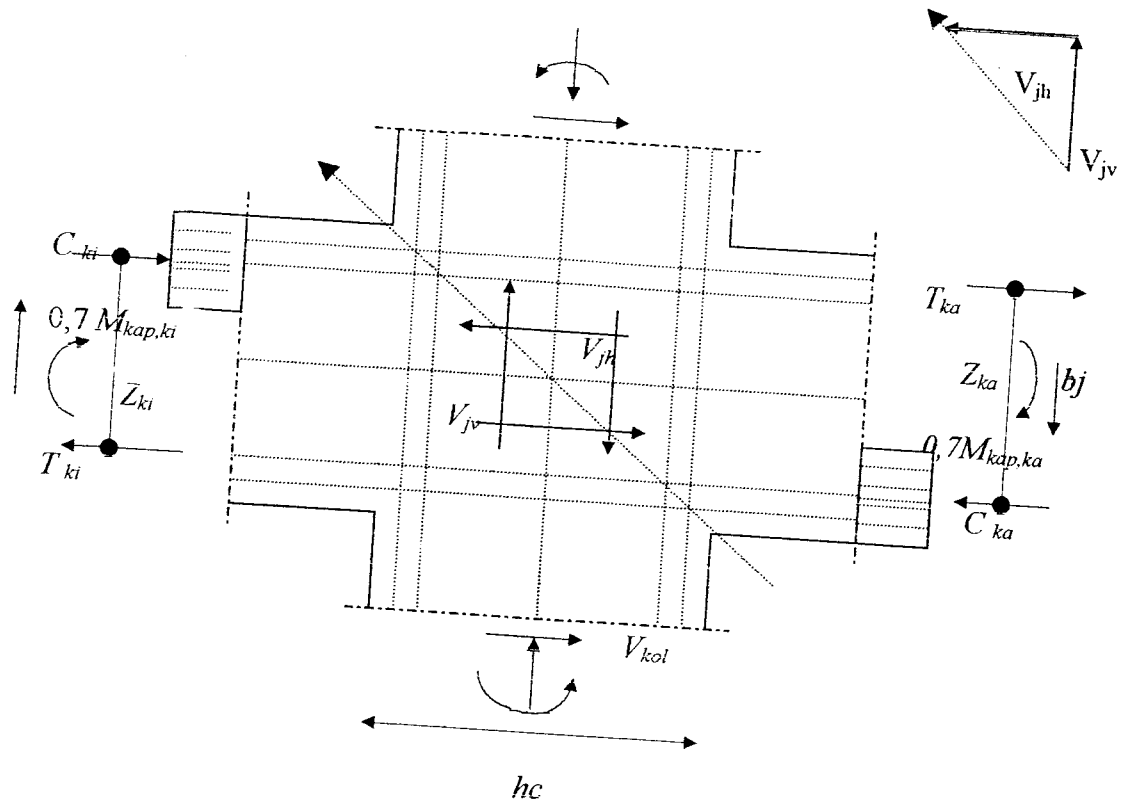
(3.57)

dengan

$bj$  = lebar efektif titik buhul (mm), dan

$hc$  = tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau (mm).

$V_{jh}$  tidak boleh lebih besar dari  $1,5 \cdot \sqrt{f'_c}$  (MPa).



**Gambar 3.20** Panel pertemuan balok dan kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok (disadur dari Ulasan Pedoman Beton, 1989)

Tegangan geser horizontal nominal pada titik buhul adalah

$$V_{jh} = \frac{V_{jh}}{bj \cdot hc} \quad (3.57)$$

dengan

$bj$  = lebar efektif titik buhul (mm), dan

$hc$  = tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau (mm).

$V_{jh}$  tidak boleh lebih besar dari  $1,5 \cdot \sqrt{f_c}$  (MPa).

Gaya geser horizontal  $V_{jh}$  ini ditahan oleh dua mekanisme kuat geser ini titik buhul, yaitu :

1. strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung titik buhul yang memikul gaya geser  $V_{ch}$ , dan
2. mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horizontal dan strat beton diagonal daerah tarik titik buhul yang memikul gaya geser  $V_{sh}$ .

Besarnya  $V_{ch}$  harus diambil sama dengan nol kecuali untuk ketentuan berikut ini.

1. Tegangan tekan rata-rata minimal pada penampang bruto kolom beton di atas titik buhul, termasuk tegangan prategang, apabila ada melebihi nilai  $0,1 f_c'$ , maka :

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \sqrt{\left( \frac{N_{u,k}}{A_g} - 0,1 f_c' \right)} . b_j . h_c \quad (3.58)$$

2. Balok diberi gaya prategang yang melewati titik buhul. maka :

$$V_{ch} = 0,7 P_{cs} \quad (3.59)$$

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

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

$$V_{ch} = 0,5 \frac{A_s'}{A_s} V_{jh} \left( 1 + \frac{N_{u,k}}{0,4 A_g f_c'} \right) \quad (3.60)$$

dengan rasio  $A_s'/A_s$  tidak boleh diambil lebih besar dari 1.



Dengan memindahkan lokasi sendi plastis agak jauh dari muka kolom maka kemampuan mekanisme strat tekan tidak berkurang akibat beban bolak-balik dimana sebagian besar tegangan tekan dipindahkan melalui tulangan tekan. Pelelehan pada tulangan juga dapat mengakibatkan penetrasi kerusakan ikatan yang masuk ke dalam inti titik buhul sehingga ikatan antara tulangan dengan strat tekan berkurang. Akibat kedua fenomena ini serta tekanan pada titik buhul, sendi plastisnya terletak bersebelahan dengan muka kolom, tidak bekerja sehingga seluruh gaya geser  $V_{jh}$  dipikul oleh  $V_{sh}$ ; bila tegangan tekan rata-rata minimum pada penampang bruto kolom di atas titik buhul kurang dari  $0,1 f_c'$  (Gideon, 1994).

Bila  $\rho_c < 0,1 f_c'$  maka

$$V_{sh} = V_{jh} - \frac{2}{3} \sqrt{\left( \frac{N_{u,k}}{A_g} \right) - (0,1 f_c')} b_j h \quad (3.61)$$

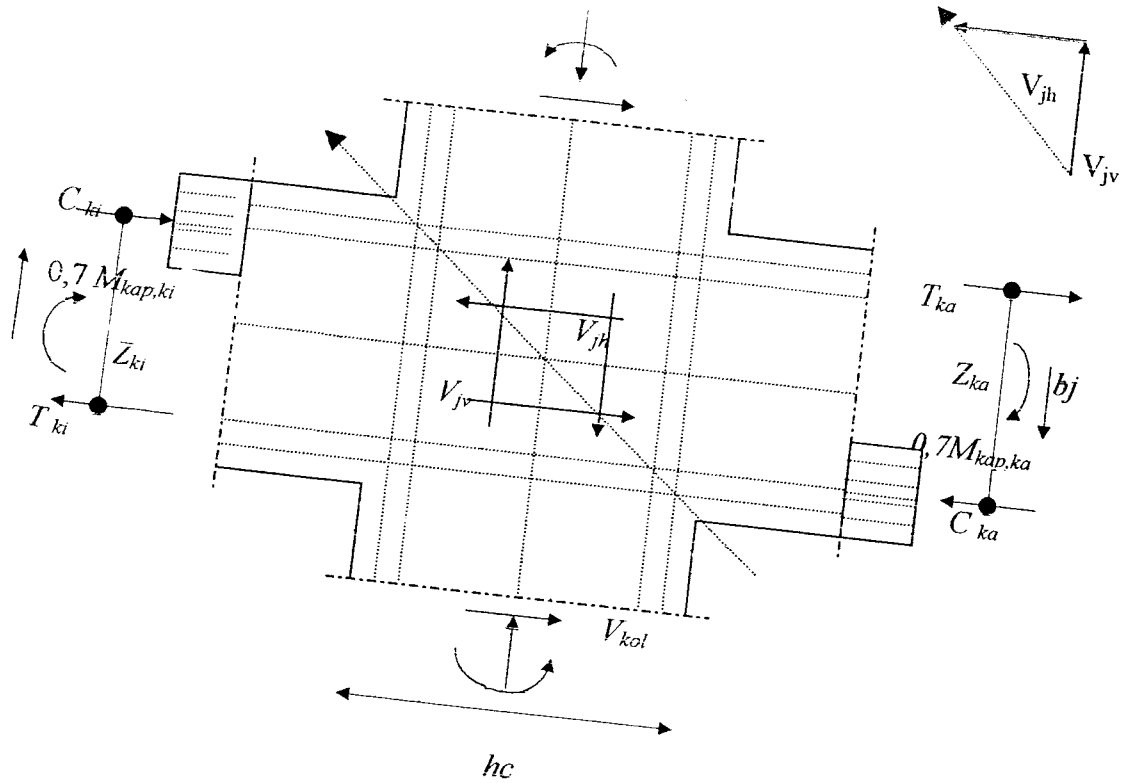
Pada titik buhul rangka dengan melakukan relokasi sendi plastis

$$V_{sh} = V_{jh} - 0,5 \frac{A_s'}{A_s} V_{jh} \left( 1 + \frac{N_{u,k}}{0,4 A_g f_c'} \right) \quad (3.62)$$

Luas total efektif dari tulangan geser horizontal (sejangkang horizontal) yang melewati bidang kritis diagonal dengan yang diletakkan di daerah tekan titik buhul efektif  $b_j$  tidak boleh kurang dari

$$A_{jh} = \frac{V_{jh}}{f_v} \quad (3.63)$$

Kegunaan sejangkang horizontal ini harus didistribusikan secara merata diantara tulangan balok longitudinal atas dan bawah.



**Gambar 3.20** Panel pertemuan balok dan kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok (disadur dari Ulasan Pedoman Beton, 1989)

Tegangan geser horizontal nominal pada titik buhul adalah

$$V_{jh} = \frac{V_{jh}}{bj \cdot hc}$$

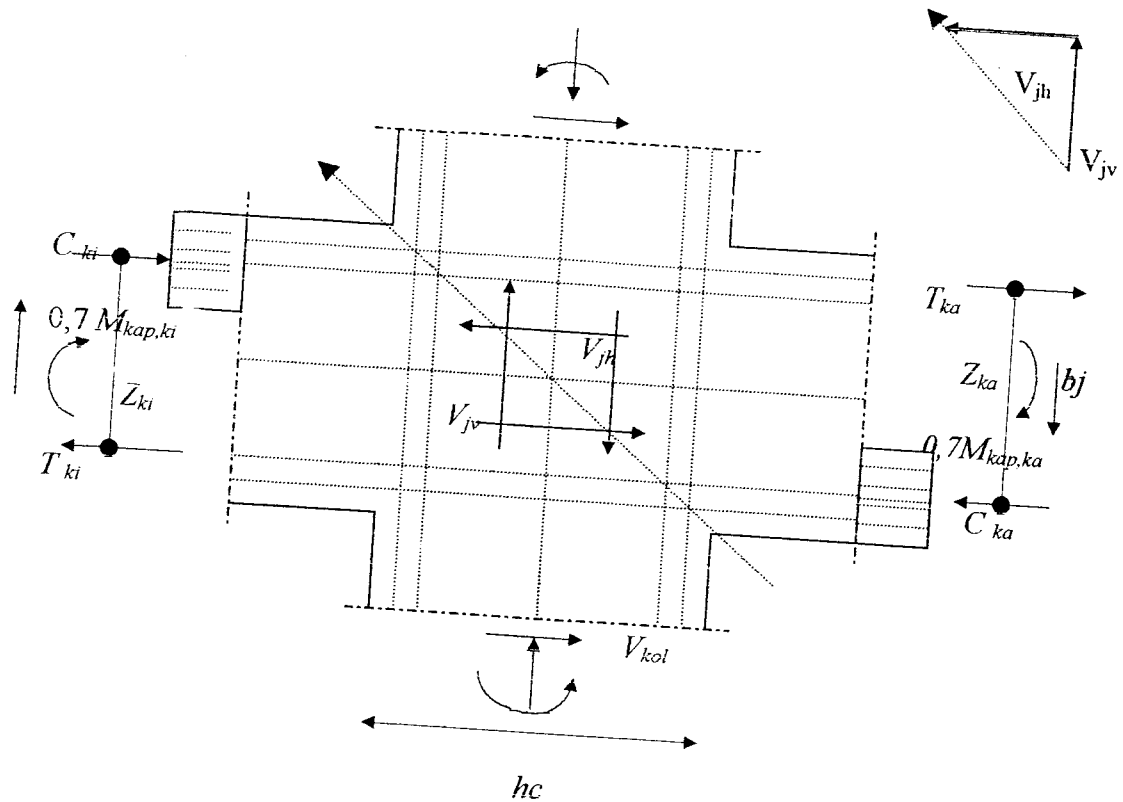
(3.57)

dengan

$bj$  = lebar efektif titik buhul (mm), dan

$hc$  = tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau (mm).

$V_{jh}$  tidak boleh lebih besar dari  $1,5 \cdot \sqrt{f_c}$  (MPa).



**Gambar 3.20** Panel pertemuan balok dan kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok (disadur dari Ulasan Pedoman Beton, 1989)

Tegangan geser horizontal nominal pada titik buhul adalah

$$V_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j \cdot h_c} \quad (3.57)$$

dengan

$b_j$  = lebar efektif titik buhul (mm), dan

$h_c$  = tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau (mm).

$V_{jh}$  tidak boleh lebih besar dari  $1,5 \cdot \sqrt{f_c}$  (MPa).

Gaya geser vertikal pada titik buhul ( $V_{jv}$ ) dapat dihitung dari

$$V_{jv} = V_{jh} \cdot \frac{bj}{h_k} \quad (3.64)$$

sedangkan tulangan geser vertikal titik buhul didapat dari

$$V_{sv} = V_{jv} - V_{cv} \quad (3.65)$$

menjadi

$$V_{cv} = A_{sc} \cdot \frac{V_{sh}}{V_{sc}} \left( 0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g f_c'} \right) \quad (3.66)$$

dengan

$A_{sc}'$  = luas tulangan longitudinal tekan ( $\text{mm}^2$ ), dan

$A_{sc}$  = luas tulangan longitudinal tarik ( $\text{mm}^2$ ).

Luas tulangan geser vertikal yang dibutuhkan pada titik buhul dalam daerah sepanjang lebar pertemuan efektif  $b_j$  ditentukan dengan persamaan :

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

Tulangan geser titik buhul vertikal ini harus terdiri dari tulangan kolom antara (*intermediate bars*) yang terletak pada bidang lentur antara ujung tulangan terbesar atau terdiri dari sengkang-sengkang pengikat vertikal, dengan jarak maksimum antar tulangan yang diukur dari as ke as adalah 200 mm.

Titik buhul diantara batang-batang seperti panel pertemuan balok dan kolom sangat peka terhadap keretakan awal dibandingkan dengan batang yang didukungnya akibat kerusakan pada semuanya titik buhulnya.

Untuk menghindari hal itu maka perencanaan titik buhul dilakukan dengan konsep desain kapasitas dengan 2 mekanisme yang terjadi yakni mekanisme strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung titik buhul dan mekanisme



panel rangka yang terdiri dari sengkang horizontal dan strat diagonal beton daerah tarik titik buhul.

Dalam peraturan beton yang ada diseluruh dunia belum ada kesepakatan dalam perencanaan, yakni tentang ragam keruntuhan yang dapat diterima pada titik buhul balok-kolom. Ada yang mengharapkan titik buhul balok-kolom tetap dalam keadaan elastis, ada pula yang memperkenankan terjadinya kerusakan-kerusakan (*slip*) pada titik buhul balok-kolom asal perilakunya masih tetap daktail. Peraturan ACI memperkenankan terjadinya *slip* pada titik buhul balok-kolom dan dapat menerima konsekuensinya, sedangkan SK SNI T-15-1991-03 yang menggunakan perhitungan titik buhul balok-kolom berdasarkan CEB 1985 tidak memberikan ketentuan khusus tentang kemungkinan terjadinya *slip*.

Secara ringkas kriteria perencanaan titik buhul balok-kolom untuk struktur beton bertulang portal terbuka harus memenuhi ketentuan yang diatur oleh SK SNI T-15-1991-03 sebagai berikut :

1. kekuatan titik buhul tidak boleh lebih kecil dari kekuatan komponen struktur yang dihubungkan,
2. titik buhul harus tetap dalam keadaan elastis karena kesulitan dalam perbaikan dan penurunan kemampuan memancarkan energi pada mekanisme keruntuhan titik buhul,
3. kekuatan kolom tidak boleh diperlemah oleh perilaku titik buhul yang berdekatan, dan
4. deformasi titik buhul tidak boleh memperbesar simpangan antar tingkat.

Ketentuan ini dimaksudkan agar dalam perencanaan titik buhul didapat cara yang cukup sederhana tetapi rasional untuk digunakan dalam analisis gaya-gaya yang terjadi pada titik buhul.

### **3.10 Persyaratan Perencanaan Seismik Untuk Kolom Pada Struktur**

Persyaratan perencanaan seismik untuk kolom pada struktur adalah sebagai berikut ini.

1. Dimensi penampang terpendek, diukur pada satu garis lurus yang melalui titik berat penampang, tidak boleh kurang dari 300 mm.
2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh kurang dari 0,4.
3. Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi penampang kolom yang terpendek tidak boleh lebih besar dari 25. Untuk kolom yang mengalami momen yang dapat berbalik tanda, rasionya tidak boleh lebih besar dari 16. Untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh lebih dari 10.
4. Rasio tulangan  $\rho$ , tidak boleh kurang dari 0,01 dan tidak boleh lebih dari 0,06 dan pada daerah sambungan tidak boleh lebih dari 0,08.
5. Sambungan lewatan hanya digunakan di luar daerah sendi plastis potensial dan harus diproporsikan sebagai sambungan tarik. Sambungan las dan sambungan mekanikal yang memenuhi SK SNI T-15-1991-03 boleh digunakan untuk menyambung tulangan pada sembarang tempat asal pengaturan penyambungan batang tulangan longitudinal pada satu penampang tidak lebih dari pengaturan berselang dan jarak antara sambungan adalah 600 mm atau lebih sepanjang sumbu longitudinal tulangan.

6. Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transversal untuk memikul beban geser.
7. Tulangan transversal boleh terdiri dari sengkang tertutup tunggal atau majemuk atau menggunakan kait silang penutup dengan diameter dan spasi yang sama dengan yang ditetapkan untuk sengkang tertutup. Setiap ujung kait silang penutup yang berurutan harus diatur sehingga kait ujungnya terpasang berselang sepanjang tulangan longitudinal yang ada. Tulangan transversal harus dipasang dengan spasi tidak melebihi :
  - a.  $\frac{1}{4}$  dimensi komponen struktur yang terkecil,
  - b.  $\leq 8$  kali diameter tulangan memanjang, dan
  - c.  $\leq 100$  mm.
8. Kait silang atau kaki sengkang tertutup majemuk tidak boleh dipasang dengan spasi lebih dari 350 mm dari pusat ke pusat dalam arah tegak lurus terhadap sumbu longitudinal dari komponen struktur.
9. Pada setiap muka join (titik buhul) dan pada kedua sisi dari setiap penampang yang mungkin mengalami leleh lentur akibat terjadinya perpindahan lateral inelastis dari rangka harus dipasang tulangan transversal dengan jumlah seperti yang ditentukan pada butir 6,7,8, sepanjang  $l_o$  dari muka yang ditinjau. Panjang  $l_o$  tadi tidak boleh kurang dari :
  - a. tinggi komponen dimensi struktur,  $N_{uk} < 0,30 A_g f_c'$ ,
  - b. 1,5 kali tinggi komponen dimensi struktur untuk  $N_{u,k} > 0,30 A_g f_c'$ ,
  - c.  $\frac{1}{6}$  bentang bersih komponen struktur, dan
  - d. 450 mm.

10. Bila gaya tekan aksial tertaktor yang berhubungan dengan pengaruh gempa yang bekerja pada komponen struktur nilainya melampaui  $(0,1 A_g f_c')$ , maka pada seluruh tinggi kolom yang berada di bawah ketinggian dimana terjadi pengakhiran komponen struktur kaku dan yang memikul reaksi dari komponen struktur kaku yang terputus tadi, misalnya dinding, harus diberi tulangan transversal seperti yang ditentukan dalam butir 6,7,8. Tulangan transversal tersebut harus meneruskan ke dalam komponen struktur yang terputus paling tidak sejauh panjang penyaluran batang tulangan longitudinal yang terbesar di dalam kolom. Bila ujung bawah kolom berakhir pada suatu dinding, maka tulangan transversal harus menerus ke dalam dinding paling tidak sejauh panjang penyaluran tulangan longitudinal kolom yang terbesar pada titik pemutusan. Bila kolomnya berakhir pada suatu pondasi telapak atau pada pondasi rakit, maka tulangan transversal yang memenuhi butir 6, 7 dan 8 harus menerus paling kurang 300 mm ke dalam pondasi tersebut.



## BAB IV

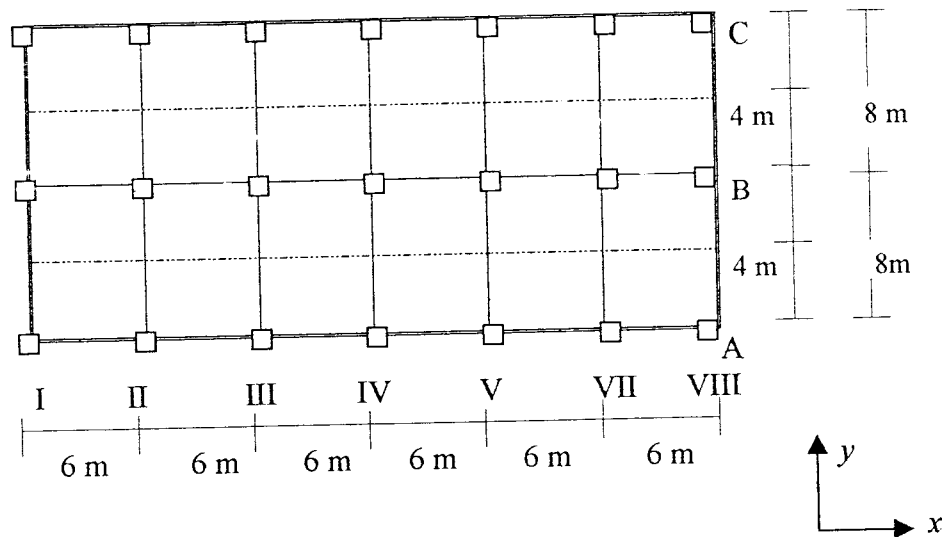
### PERHITUNGAN

Dalam bab perhitungan ini dilakukan proses perhitungan yang pada akhirnya nanti akan diperoleh hasil dimana hasil tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk menganalisis penelitian numeris ini. Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada penjelasan di bawah ini.

#### 4.1 Data Perencanaan

Data perencanaan memuat data-data yang diperlukan dalam perhitungan.

##### 4.1.1 Denah Portal



**Gambar 4.1** Denah gedung

##### 4.1.2 Parameter Bahan

$f_y$  = kuat leleh baja karakteristik = 400 MPa,

$f_c'$  = kuat desak rencana = 30 MPa, dan

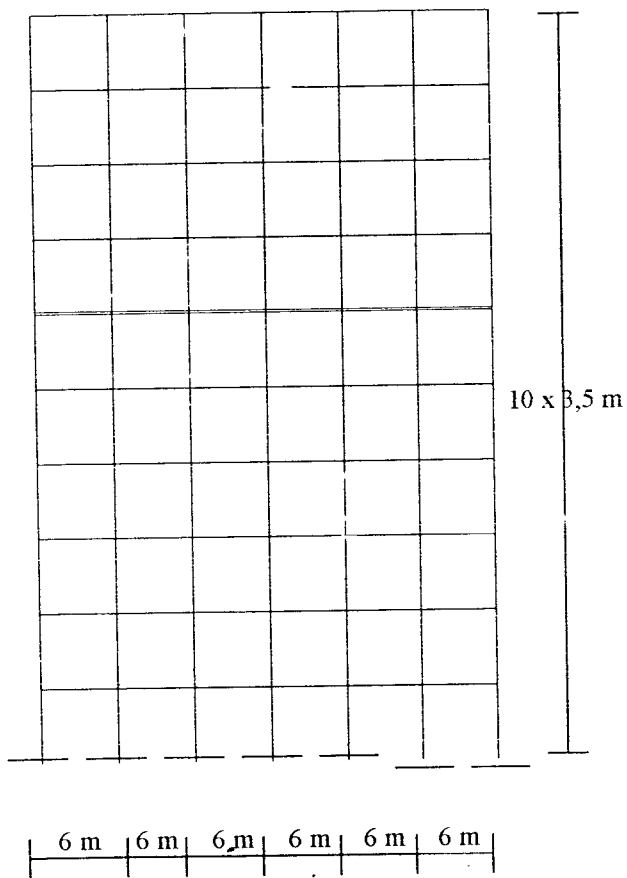
$E$  = Modulus Elastis Beton =  $4700 \sqrt{f_c'} = 25742,96$  MPa.

### 4.1.3 Ukuran dan Bentuk Portal

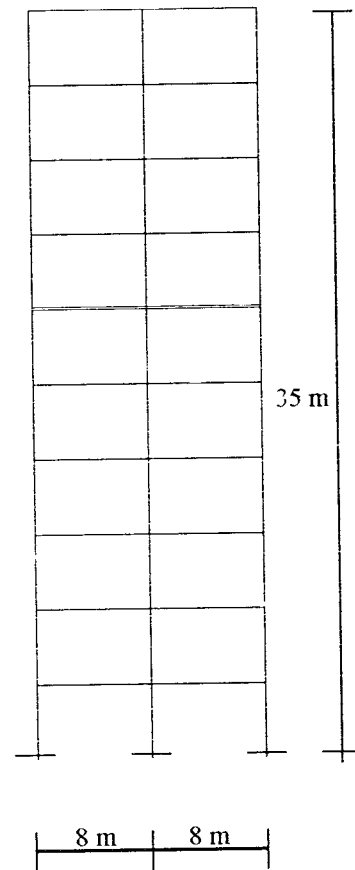
Tinggi portal = 35 m.

Lebar portal arah  $x$  = 36 m.

Lebar portal arah  $y$  = 16 m.



Gambar 4.2 Portal as A, B, dan C



Gambar 4.3 Portal as I ~ VII

#### 4.1.4 Asumsi Yang Digunakan

- a. Tebal plat atap = 100 mm.
- b. Tebal plat lantai = 120 mm.
- c. Dimensi kolom = 700 x 700 mm<sup>2</sup>.
- d. Dimensi balok induk = 300 x 500 mm<sup>2</sup>.
- e. Dimensi balok anak = 250 x 400 mm<sup>2</sup>.
- f. Berat volume beton = 24 kN/m<sup>3</sup>.
- g. Tata guna ruangnya sebagai perkantoran dengan beban hidup lantai 2,5 kN/m<sup>2</sup> dan beban hidup atap 1 kN/m<sup>2</sup>.
- h. Bangunan dirancang simetris.

#### 4.2 Perhitungan Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Struktur

Pada sub bab ini dilakukan perhitungan gaya geser dasar total akibat gempa dan perhitungan beban akibat gaya gravitasi.

##### 4.2.1 Perhitungan Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa dan Distribusinya Ke Sepanjang Tinggi Gedung

Perhitungan gaya geser dasar horizontal total akibat gempa diawali dengan menentukan waktu getar bangunan ( $T$ ), koefisien gempa dasar ( $C$ ), faktor keutamaan ( $I$ ), dan faktor jenis struktur ( $K$ ). Selain itu juga dilakukan perhitungan terhadap total berat bangunan ( $W_t$ ).

## 1. Berat bangunan total ( $W_t$ )

### a. Lantai 10

#### Beban mati

▪ plat	: $36 \times 16 \times 0,1 \times 24$	= 1382,4
▪ balok induk	: $0,3 \times 0,4 \times 24 \times (36,3 + 16,7)$	= 633,6
▪ balok anak	: $0,25 \times 0,3 \times 24 \times (36,2)$	= 129,6
▪ kolom	: $21 \times 1,75 \times 0,7 \times 0,7 \times 24$	= 432,18
▪ dinding	: $182 \times 1,75 \times 2,5$	= 796,25
▪ plafond	: $36 \times 16 \times (0,11+0,07)$	= 103,68
		<hr/>
		$W_D = 3477,71 \text{ kN}$

#### Beban hidup

▪ $qh$ atap	: $1 \text{ kN/m}^2$
▪ koefisien reduksi	: 0,3
$W_L$	: $0,3 \times (36 \times 16 \times 1) = 172,8 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} \text{Beban total } W_{10} &= W_D + W_L \\ &= 3477,71 + 172,8 \\ &= 3650,51 \text{ kN} \end{aligned}$$

### b. Lantai 9

#### Beban mati

▪ plat	: $36 \times 16 \times 0,12 \times 24$	= 1658,88
▪ balok induk	: $0,3 \times 0,38 \times 24 \times (36,3 + 16,7)$	= 601,92
▪ balok anak	: $0,25 \times 0,28 \times 24 \times (36,2)$	= 120,96
▪ kolom	: $21 \times 3,5 \times 0,7 \times 0,7 \times 24$	= 864,36

▪ dinding	: 182 x 3,5 x 2,5	= 1592,5
▪ spesi	: 36 x 16 x 21 x 0,02	= 241,92
▪ pasir	: 36 x 16 x 16 x 0,1	= 921,6
▪ tegel	: 36 x 16 x 24 x 0,02	= 276,48
▪ plafond	: 36 x 16 x (0,11+0,07)	= 103,68
		<hr/>
		$W_D = 6382,3 \text{ kN}$

#### Beban hidup

- $qh$  lantai : 2,5 kN/m<sup>2</sup>
  - koefisien reduksi : 0,3
- $$W_L : 0,3 \times (36 \times 16 \times 2,5) = 432 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban total } W_9 &= W_D + W_L \\ &= 6382,3 + 432 \\ &= 6814,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

- c. Lantai 8,7,6,5,4,3,2,1 sama dengan lantai 9 (tipikal), maka berat total :

$$\begin{aligned} W_t &= W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8 + W_9 + W_{10} \\ &= (9 \times 6814,3) + 3650,51 \\ &= 64979,21 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 2. Waktu Getar Bangunan ( $T$ )

Dengan rumus empiris :

$$T_x = T_y = 0,06 H^{3/4} \text{ dimana } H = 10 \times 3,5 = 35 \text{ m}$$

$$T_x = T_y = 0,06 \times 35^{3/4} = 0,863 \text{ detik.}$$

### 3. Koefisien Gempa Dasar ( $C$ )

Koefisien gempa dasar  $C$  diperoleh dari Gambar 3.6.

Untuk  $T_x=T_y=0,863$  detik, akan diperoleh nilai  $C$  sebesar :

- ◆ Zona 1 → nilai  $C = 0,13$ ,
- ◆ Zona 2 → nilai  $C = 0,09$ ,
- ◆ Zona 3 → nilai  $C = 0,07$ ,
- ◆ Zona 4 → nilai  $C = 0,05$ ,
- ◆ Zona 5 → nilai  $C = 0,03$ , dan
- ◆ Zona 6 → nilai  $C = 0$ .

Karena pada zona 6 nilai  $C = 0$ , maka untuk perhitungan selanjutnya tidak dilakukan.

### 4. Faktor Keutamaan $I$ dan Faktor Jenis Struktur $K$

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 diperoleh  $I=1,0$  dan  $K=1,0$  untuk struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh.

### 5. Gaya geser horizontal total akibat gempa

$$V_x = V_y = C \cdot I \cdot K \cdot W_t$$

**Tabel 4.1** Gaya geser horizontal total akibat gempa

$K$	$I$	$W_t$ (kN)	Zona	$C$	$V_x = V_y$ (kN)
1	1	64979,21	1	0,13	8447,3
			2	0,09	5848,13
			3	0,07	4548,54
			4	0,05	3248,96
			5	0,03	1949,38

## 6. Distribusi Gaya Geser ( $V$ ) ke Lantai-Lantai Gedung

Dari data perencanaan diketahui :

$$H = 35 \text{ m} \quad A = 36 \text{ m} \quad B = 16 \text{ m}$$

$$H/A = 35/36 = 0,972 \quad H/B = 35/16 = 2,19$$

Dengan kontrol  $H/A$  atau  $H/B$  dapat diketahui bahwa  $H/A$  atau  $H/B < 3$  sehingga gaya geser horizontal total akibat gempa didistribusikan merata pada masing-masing lantai berdasarkan persamaan berikut ini.

$$F_{i,x} = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \times V$$

Untuk mempermudah perhitungan, maka perhitungan disajikan dalam bentuk tabel (Tabel 4.2 ).

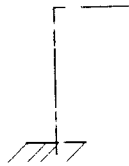
## 7. Waktu getar struktur dengan cara $T$ - Rayleigh

Waktu getar struktur yang sebenarnya untuk tiap arah dapat dihitung berdasarkan besar simpangan tadi dengan rumus  $T$ - Rayleigh . Kontrol waktu getar  $T$  dihitung dengan menggunakan cara pendekatan Muto yakni suatu cara atau metode perhitungan yang dipakai untuk menghitung gaya-gaya dalam yang terjadi pada suatu portal yang mendapat pembebanan lateral. Dalam hal ini adalah portal arah  $X$  maupun arah  $Y$ .

### A. Kontrol Waktu Getar Alami $T$ Pada Portal Arah $X$

#### 1) Kolom Tepi

##### ❖ Lantai 1



Kekakuan relatif kolom diperoleh setelah momen inersia dari balok dan kolom dihitung.

$$Kb = \frac{Ib}{L} \quad \text{dan} \quad Kk = \frac{Ik}{h}$$

dimana  $Kb$  : kekakuan relatif balok,

$Kk$  : kekakuan relatif kolom.

$Ib$  : momen inersia balok,

$Ik$  : momen inersia kolom,

$L$  : panjang balok, dan

$h$  : tinggi kolom.

maka :

$$Kb_1 = \frac{\frac{1}{12} \times 0,3 \times (0,5)^3}{6} = 0,0005m^3$$

$$Kk = \frac{\frac{1}{12} \times 0,7 \times (0,7)^3}{3,5} = 0,0057m^3$$

kemudian dihitung nilai-nilai  $K$  dan  $a$  sesuai dengan kondisi

atau letak kolom yang ditentukan.



Untuk kolom tepi lantai 1 :

$$K = \frac{Kb_1}{2 \times Kk} = \frac{0,0005}{2 \times 0,0057} = 0,0439$$

$$a = \frac{0,5 + K}{2 + K} = \frac{0,5 + 0,0439}{2 + 0,0439} = 0,2661$$

❖ Lantai 2,3,4,5,6,7,8,9, dan 10



$$Kb_1 = \frac{\frac{1}{12} \times 0,3 \times (0,5)^3}{6} = 0,0005m^3$$

$$Kb_2 = \frac{\frac{1}{12} \times 0,3 \times (0,5)^3}{6} = 0,0005m^3$$

$$Kk = \frac{\frac{1}{12} \times 0,7 \times (0,7)^3}{3,5} = 0,0057m^3$$

kemudian dihitung nilai-nilai  $K$  dan  $a$  sesuai dengan kondisi atau letak kolom yang ditentukan.

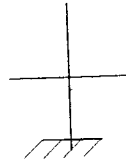
Untuk kolom tepi lantai 2,3,4,5,6,7,8,9, dan 10 :

$$K = \frac{Kb_1 + Kb_2}{2 \times Kk} = \frac{0,0005 + 0,0005}{2 \times 0,0057} = 0,0877$$

$$a = \frac{K}{2 + K} = \frac{0,0877}{2 + 0,0877} = 0,042$$

## 2) Kolom Tengah

## ❖ Lantai 1



$$Kb_1 = \frac{\frac{1}{12} \times 0,3 \times (0,5)^3}{6} = 0,0005m^3$$

$$Kb_3 = \frac{\frac{1}{12} \times 0,3 \times (0,5)^3}{6} = 0,0005m^3$$

$$Kk = \frac{\frac{1}{12} \times 0,7 \times (0,7)^3}{3,5} = 0,0057m^3$$

kemudian dihitung nilai-nilai  $K$  dan  $a$  sesuai dengan kondisi atau letak kolom yang ditentukan.

Untuk kolom tengah lantai 1 :

$$K = \frac{Kb_1 + Kb_3}{2 \times Kk} = \frac{0,0005 + 0,0005}{2 \times 0,0057} = 0,0877$$

$$a = \frac{0,5 + K}{2 + K} = \frac{0,5 + 0,0877}{2 + 0,0877} = 0,282$$

## ❖ Lantai 2,3,4,5,6,7,8,9, dan 10



$$Kb_1 = \frac{\frac{1}{12} \times 0,3 \times (0,5)^3}{6} = 0,0005m^3$$

$$Kb_1 = Kb_2 = Kb_3 = Kb_4$$

$$Kk = \frac{\frac{1}{12} \times 0,7 \times (0,7)^3}{3,5} = 0,0057m^3$$

kemudian dihitung nilai-nilai  $K$  dan  $a$  sesuai dengan kondisi atau letak kolom yang ditentukan.

Untuk kolom tepi lantai 2,3,4,5,6,7,8,9, dan 10 :

$$K = \frac{Kb_1 + Kb_2 + Kb_3 + Kb_4}{2 \times Kk} = \frac{4 \times 0,0005}{2 \times 0,0057} = 0,175$$

$$a = \frac{K}{2 + K} = \frac{0,175}{2 + 0,175} = 0,08$$

Defleksi horizontal lantai  $i$  terhadap lantai dasar adalah :

$$\begin{aligned} a. \sum \alpha \text{ lantai } 1 - 10. a_{ktepi} + 10. a_{ktengah} \\ = 10. 0,2661 + 10. 0,282 \\ = 5,481, \text{ dan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b. \sum \alpha \text{ lantai } 2,3,4,5,6,7,8,9 \text{ dan } 10 = 10. a_{ktepi} + 10. a_{ktengah} \\ = 10. 0,042 + 10. 0,08 \\ = 1,22. \end{aligned}$$

**Perhitungan waktu getar bangunan dalam arah  $X$ , untuk lantai 10**

Diketahui : dimensi balok induk = 30/50,

dimensi balok anak = 25/40,

dimensi kolom = 70/70,

$L_x = 6m$ ,  $h = 3,5m$ ,  $L_y = 4m$ , dan  $Kk = 0,0057$ .

Nilai  $D_{ijx}$  adalah elemen-elemen penahan beban lateral yang terdapat pada tingkat 10 :

$$\begin{aligned}\Sigma D_{ijx} &= \Sigma \alpha_{(10)} \cdot Kk \\ &= 1,22 \cdot 0,0057 \\ &= 0,006954 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Inersia penampang kolom ( $12E/h^2$ ). 0,75 dengan 0,75 adalah faktor reduksi inersia, maka :

$$= \frac{12 \times 25742960}{3,5^2} \times 0,75 = 18913195,1 \text{ KN/m}^4$$

Untuk kekakuannya :

$$\begin{aligned}K_{ix} &= \Sigma D_{ijx} \cdot (12E/h^2) \cdot 0,75 \\ &= 0,006954 \cdot 18913195,1 \\ &= 131522,4 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Pada hitungan distribusi gaya geser horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung didapat :

$$F_{i,x} = \frac{W_i \cdot h_i}{\Sigma W_i \cdot h_i} \cdot V_x = 898,6449 \text{ kN}$$

Dari Tabel 4.2 diperoleh nilai  $F_{i,x}$ , sedangkan nilai dari  $V_{ix}$  yakni total penjumlahan nilai  $F_{i,x}$  terhadap satu lantai di bawahnya (nilai  $F_{i,x}$  lantai 10 + nilai  $F_{i,x}$  lantai 9) adalah nilai dari  $V_{i,x}$  untuk lantai 9, yakni :  $V_{i,x} = F_{ix,10} + F_{ix,9}$

$$\begin{aligned}&= 898,6449 + 1509,731 \\ &= 2408,376 \text{ kN}\end{aligned}$$

Sedangkan untuk defleksi relatif pada tiap-tiap tingkat dihitung dengan rumus :

$$\delta_i = \frac{V_{ix}}{K_{ix}}$$

Dimana :  $\delta_i$  : defleksi antar taraf lantai  $i$  dan taraf lantai  $i-1$

$K_{ix}$  : kekakuan tingkat  $i$

$V_{ix}$  : gaya geser tingkat  $i$ , yang nilainya sama dengan jumlah semua beban horizontal terpusat yang menangkap pada taraf lantai-lantai yang berada di atas taraf  $i$  yang ditinjau.

$$\delta_i = \frac{898,6449}{131522,4} = 0,006833m$$

Adapun defleksi pada tiap-tiap lantai dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} d_{ix} &= \sum \delta_{ix} - \delta_{ix} \\ &= 0,381894 - 0,006833 \\ &= 0,375061 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai dari  $d_{ix}$ , maka waktu getar struktur dapat dicari dengan persamaan :

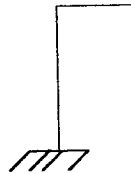
$$T_x = 6,3 \cdot \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot d_{ix}^2}{g \cdot \sum F_{ix} \cdot d_{ix}}}$$

Langkah ini kemudian ditabelkan untuk kesepuluh tingkat seperti pada Tabel 4.3, Tabel 4.4. Sedangkan untuk waktu getar struktur dapat dilihat pada Tabel 4.5.

## B. Kontrol Waktu Getar Alami $T$ Pada Portal Arah Y

### 1) Kolom Tepi

#### ❖ Lantai 1



Kekakuan relatif kolom diperoleh setelah momen inersia dari balok dan kolom dihitung.

$$Kb = \frac{Ib}{L} \quad \text{dan} \quad Kk = \frac{Ik}{h}$$

dimana  $Kb$  : kekakuan relatif balok,

$Kk$  : kekakuan relatif kolom,

$Ib$  : momen inersia balok,

$Ik$  : momen inersia kolom,

$L$  : panjang balok, dan

$h$  : tinggi kolom.

maka :

$$Kb_1 = \frac{\frac{1}{12} \times 0,3 \times (0,5)^3}{4} = 0,00078 m^3$$

$$Kk = \frac{\frac{1}{12} \times 0,7 \times (0,7)^3}{3,5} = 0,0057 m^3$$

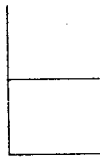
kemudian dihitung nilai-nilai  $K$  dan  $\alpha$  sesuai dengan kondisi atau letak kolom yang ditentukan.

Untuk kolom tepi lantai 1 :

$$K = \frac{Kb_1}{2xKk} = \frac{0,00078}{2x0,0057} = 0,068$$

$$a = \frac{0,5 + K}{2 + K} = \frac{0,5 + 0,068}{2 + 0,068} = 0,2747$$

❖ Lantai 2,3,4,5,6,7,8,9, dan 10



$$Kb_1 = \frac{\frac{1}{12} \times 0,3 \times (0,5)^3}{4} = 0,00078m^3$$

$$Kb_2 = \frac{\frac{1}{12} \times 0,3 \times (0,5)^3}{4} = 0,00078m^3$$

$$Kk = \frac{\frac{1}{12} \times 0,7 \times (0,7)^3}{3,5} = 0,0057m^3$$

kemudian dihitung nilai-nilai  $K$  dan  $a$  sesuai dengan kondisi atau letak kolom yang ditentukan.

Untuk kolom tepi lantai 2,3,4,5,6,7,8,9, dan 10 :

$$K = \frac{Kb_1 + Kb_2}{2xKk} = \frac{0,00078 + 0,00078}{2x0,0057} = 0,1368$$

$$a = \frac{K}{2 + K} = \frac{0,1368}{2 + 0,1368} = 0,064$$

## 2) Kolom Tengah

## ❖ Lantai 1



$$Kb_1 = \frac{\frac{1}{12} \times 0,3 \times (0,5)^3}{4} = 0,00078m^3$$

$$Kb_3 = \frac{\frac{1}{12} \times 0,3 \times (0,5)^3}{4} = 0,00078m^3$$

$$Kk = \frac{\frac{1}{12} \times 0,7 \times (0,7)^3}{3,5} = 0,0057m^3$$

kemudian dihitung nilai-nilai  $K$  dan  $\alpha$  sesuai dengan kondisi atau letak kolom yang ditentukan.

Untuk kolom tengah lantai 1 :

$$K = \frac{Kb_1 + Kb_3}{2 \times Kk} = \frac{0,00078 + 0,00078}{2 \times 0,0057} = 0,1368$$

$$\alpha = \frac{0,5 + K}{2 + K} = \frac{0,5 + 0,1368}{2 + 0,1368} = 0,298$$

## ❖ Lantai 2,3,4,5,6,7,8,9, dan 10



$$Kb_1 = \frac{\frac{1}{12} \times 0,3 \times (0,5)^3}{4} = 0,00078m^3$$



$$Kb_1 = Kb_2 = Kb_3 = Kb_4$$

$$Kk = \frac{\frac{1}{12} \times 0,7 \times (0,7)^3}{3,5} = 0,0057m^3$$

kemudian dihitung nilai-nilai  $K$  dan  $\alpha$  sesuai dengan kondisi atau letak kolom yang ditentukan.

Untuk kolom tepi lantai 2,3,4,5,6,7,8,9, dan 10 :

$$K = \frac{Kb_1 + Kb_2 + Kb_3 + Kb_4}{2 \times Kk} = \frac{4 \times 0,00078}{2 \times 0,0057} = 0,2737$$

$$\alpha = \frac{K}{2 + K} = \frac{0,2737}{2 + 0,2737} = 0,1204$$

Defleksi horizontal lantai  $i$  terhadap lantai dasar adalah :

$$\begin{aligned} \text{a. } \sum \alpha \text{ lantai 1} &= 10. \alpha_{ktepi} + 10. \alpha_{ktengah} \\ &= 10. 0,2747 + 10. 0,298 \\ &= 5,727, \text{ dan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \sum \alpha \text{ lantai 2,3,4,5,6,7,8,9 dan 10} &= 10. \alpha_{ktepi} + 10. \alpha_{ktengah} \\ &= 10. 0,064 + 10. 0,1204 \\ &= 1,844. \end{aligned}$$

**Perhitungan waktu getar bangunan dalam arah  $Y$ , untuk lantai 10**

Diketahui : dimensi balok induk = 30/50,

dimensi balok anak = 25/40,

dimensi kolom = 70/70,

$Lx = 6m$ ,  $h = 3,5m$ ,  $Ly = 4m$ , dan  $Kk = 0,0057$ .

Nilai  $D_{ijy}$  adalah elemen-elemen penahan beban lateral yang terdapat pada tingkat 10 :

$$\begin{aligned}\Sigma D_{ijy} &= \Sigma a_{(10)} \cdot Kk \\ &= 1,844 \cdot 0,0057 \\ &= 0,0105108 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Inersia penampang kolom  $(12E/h^2) \cdot 0,75$  dengan  $0,75$  adalah faktor reduksi inersia, maka :

$$= \frac{12 \times 25742960}{3,5^2} \times 0,75 = 18913195,1 \text{ KN/m}^4$$

Untuk kekakuannya :

$$\begin{aligned}K_{iy} &= \Sigma D_{ijy} \cdot (12E/h^2) \cdot 0,75 \\ &= 0,0105108 \cdot 18913195,1 \\ &= 198792,81 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Pada hitungan distribusi gaya geser horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung didapat :

$$F_{i,x} = \frac{W_i \cdot h_i}{\Sigma W_i \cdot h_i} \cdot V_x = 898,6449 \text{ KN}$$

Dari Tabel 4.2 diperoleh nilai  $F_{i,x}$ , sedangkan nilai dari  $V_{ix}$  yakni total penjumlahan nilai  $F_{i,x}$  terhadap satu lantai di bawahnya ( nilai  $F_{i,x}$  lantai 10 + nilai  $F_{i,x}$  lantai 9) adalah nilai dari  $V_{i,x}$  untuk lantai 9,

$$\begin{aligned}\text{yakni : } V_{i,x} &= F_{ix,10} + F_{ix,9} \\ &= 898,6449 + 1509,731 \\ &= 2408,376 \text{ kN}\end{aligned}$$

Sedangkan untuk defleksi relatif pada tiap-tiap tingkat dihitung dengan rumus :

$$\delta_i = \frac{V_{ix}}{K_{ix}}$$

Dimana :  $\delta_i$  : defleksi antar taraf lantai  $i$  dan taraf lantai  $i-1$ ,

$K_{ix}$  : kekakuan tingkat  $i$ , dan

$V_{ix}$  : gaya geser tingkat  $i$ , yang nilainya sama dengan jumlah semua beban horizontal terpusat yang menangkap pada taraf lantai-lantai yang berada di atas taraf  $i$  yang ditinjau.

$$\delta_i = \frac{898,6449}{198792,8} = 0,004521m$$

Adapun defleksi pada tiap-tiap lantai dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} d_{ix} &= \sum \delta_{ix} - \delta_{ix} \\ &= 0,256887 - 0,004521 \\ &= 0,252366 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai dari  $d_{ix}$ , maka waktu getar struktur dapat dicari dengan persamaan :

$$T_x = 6,3 \cdot \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot d_{ix}^2}{g \cdot \sum F_{ix} \cdot d_{ix}}}$$

Langkah ini kemudian ditabelkan untuk kesepuluh tingkat seperti pada Tabel 4.3, Tabel 4.4. Sedangkan untuk waktu getar struktur dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**8. Distribusi akhir gaya geser dasar horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung**

a) Waktu getar dan koefisien gempa dasar

Perhitungan waktu getar dengan cara *T-Rayleigh* diperoleh hasil :

$$T_x = 2,70093 \text{ detik} \qquad T_y = 2,220394 \text{ detik}$$

Berdasarkan waktu getar portal arah  $x$  ( $T_x$ ) dan  $y$  ( $T_y$ ) tersebut akan diperoleh koefisien gempa dasar berdasarkan tabel di bawah ini.

**Tabel 4.6** Koefisien gempa dasar berdasarkan waktu getar dengan cara *T-Rayleigh*

$K$	Zona	$C_x$	$C_y$
1	1	0,065	0,065
	2	0,045	0,045
	3	0,035	0,035
	4	0,025	0,025
	5	0,02	0,02

Karena koefisien gempa dasar  $C$  untuk periode bangunan dengan cara empiris dan dengan cara *T-Rayleigh* tidak sama, maka harus dilakukan perhitungan ulang gaya geser dasar dengan menggunakan nilai  $C_x$  dan  $C_y$  untuk masing-masing arah portal (arah  $X$  dan arah  $Y$ ).

b) Gaya geser dasar horizontal total akibat gempa

1) Gaya geser dasar arah  $X$  = Gaya geser dasar arah  $Y$

$$\begin{aligned} V_x &= C_x \cdot I \cdot K \cdot W_t \\ &= 0,065 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 64979,21 \\ &= 4223,649 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Tabel 4.7** Gaya Geser Dasar Horizontal

$K$	$I$	$W_t$	Zona	$C_x$	$V_x$ (kN)	$C_y$	$V_y$ (kN)
1	1	64979,21	1	0,065	4223,649	0,065	4223,649
			2	0,045	2924,064	0,045	2924,064
			3	0,035	2274,27	0,035	2274,27
			4	0,025	1624,48	0,025	1624,48
			5	0,02	1299,5842	0,02	1299,5842

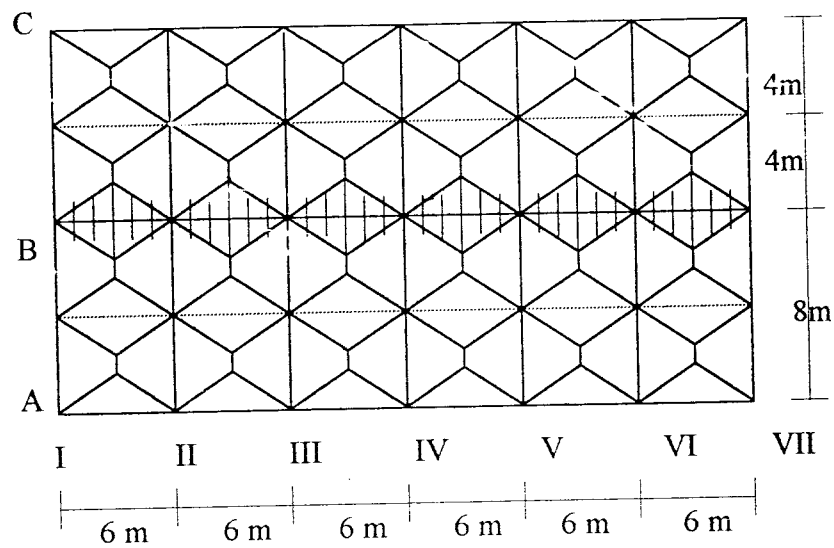
Selanjutnya distribusi akhir dari gaya geser dasar horizontal disajikan dalam Tabel 4.8 dan Tabel 4.9.

#### 4.2.2 Perhitungan Beban Akibat Gaya Gravitasi

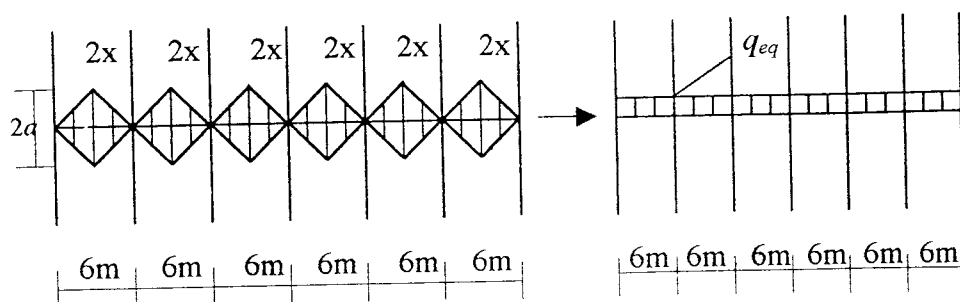
Pada sub bab ini dilakukan perhitungan terhadap portal arah  $X$  dan arah  $Y$ .

##### 1. Beban merata ekuivalen untuk portal arah $X$

###### a. Portal B



**Gambar 4.4** Pembagian beban merata pada Portal B



**Gambar 4.5** Perhitungan beban merata ekuivalen Portal B

$$q_{eq} = \frac{2}{3} \cdot 2a$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l = \frac{1}{2} \cdot q \cdot 6$$

$$q_{eq} = \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 3q = 4q$$

1) Beban gravitasi pada balok lantai atap

◆ Beban mati untuk tiap m<sup>2</sup>

- plat : 1 x 0,1 x 24 x 4 = 9,6
- plafon : 1 x (0,11+0,07) x 4 = 0,72
- balok induk : 0,3 x 0,4 x 24 = 2,88

$$q_{eq} = 13,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{beban mati ekivalen} = 13,2 \text{ kN/m}^2$$

◆ Beban hidup untuk tiap m<sup>2</sup>

- $q_h$  atap = 1 kN/m<sup>2</sup>
- koefisien reduksi = 0,6 (PMI 83)

$$q_{eq} = 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 4$$

$$\text{beban hidup ekivalen} = 2,4 \text{ kN/m}^2$$

2) Beban gravitasi pada balok lantai 1 s/d 9

◆ Beban mati untuk tiap m<sup>2</sup>

- plat : 1 x 0,12 x 24 x 4 = 11,52
- plafon : 1 x (0,11+0,07) x 4 = 0,72
- spesi : 1 x 21 x 0,02 x 4 = 1,68
- pasir : 1 x 16 x 0,05 x 4 = 3,2
- tegel : 1 x 24 x 0,02 x 4 = 1,92

$$\blacksquare \text{ balok induk : } 0,3 \times 0,38 \times 24 = 2,736$$

$$q_{eq} = 21,776 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{beban mati ekivalen} = 21,78 \text{ kN/m}^2$$

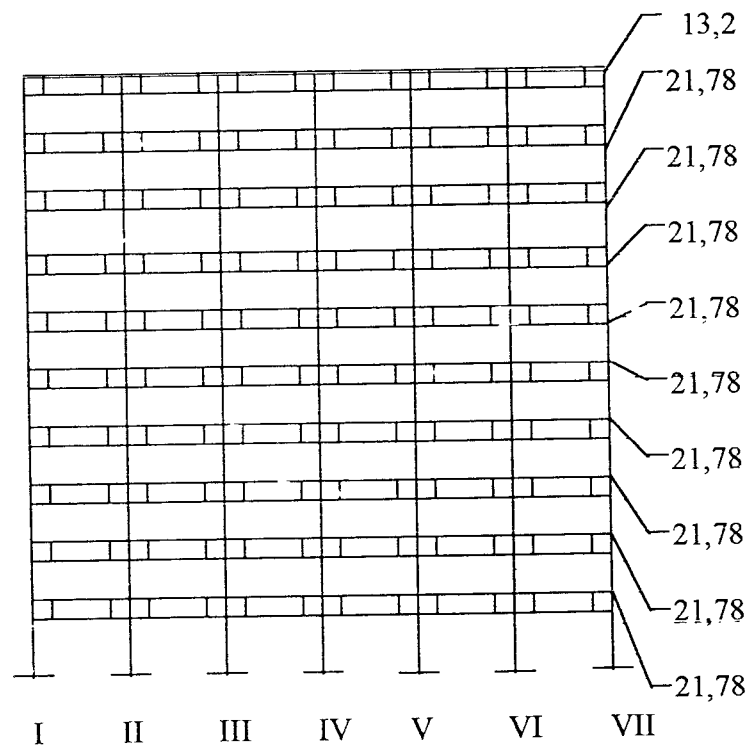
◆ **Beban hidup untuk tiap m<sup>2</sup>**

$$\blacksquare qh \text{ lantai} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\blacksquare \text{ koefisien reduksi} = 0,6 \text{ (PMI 83)}$$

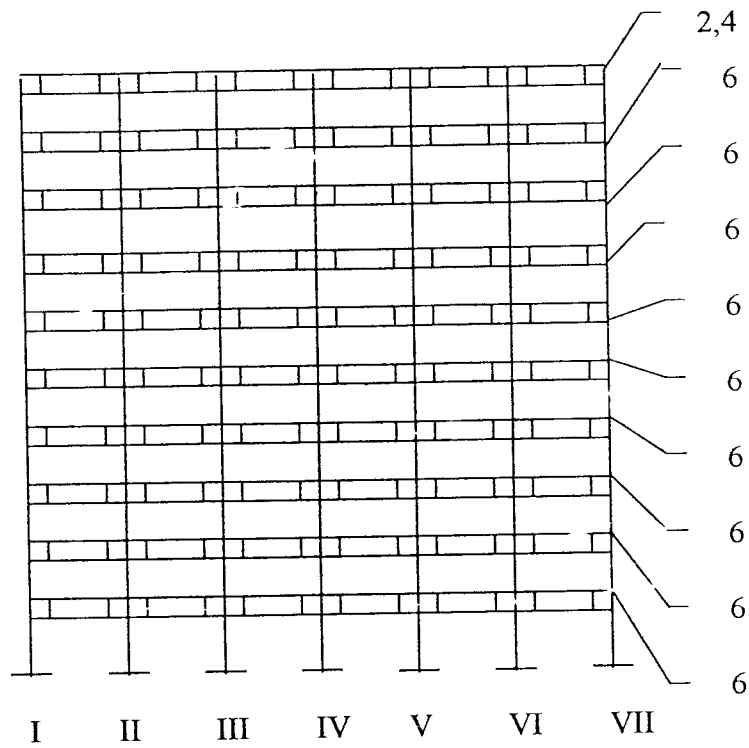
$$q_{eq} = 2,5 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 4$$

$$\text{beban hidup ekivalen} = 6 \text{ kN/m}^2$$



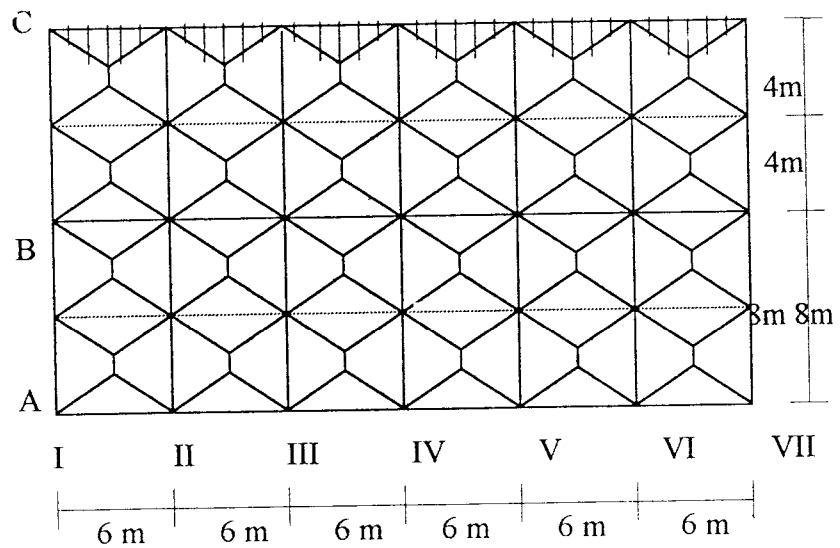
**Gambar 4.6** Beban mati ekivalen Portal B



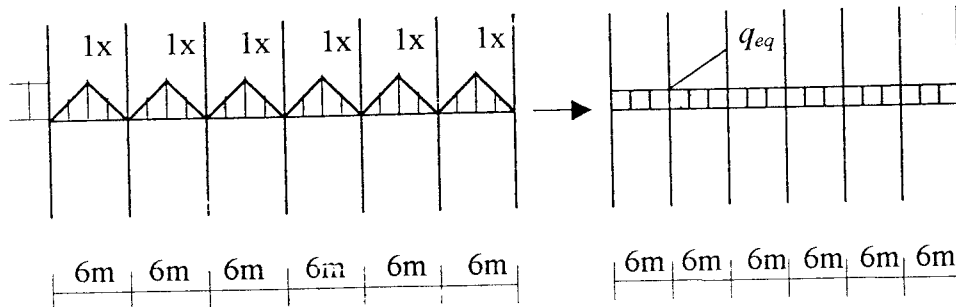


**Gambar 4.7** Beban hidup ekivalen Portal B

b. Portal C



**Gambar 4.8** Pembagian beban merata pada Portal C



**Gambar 4.9** Perhitungan beban merata ekuivalen Portal C

$$q_{eq} = \frac{2}{3} \cdot a$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l = \frac{1}{2} \cdot q \cdot 6$$

$$q_{eq} = \frac{2}{3} \cdot 3q = 2q$$

1) Beban gravitasi pada balok lantai atap

◆ Beban mati untuk tiap m<sup>2</sup>

- plat : 1 x 0,1 x 24 x 2 = 4,8
- plafon : 1 x (0,11+0,07) x 2 = 0,36
- balok induk : 0,3 x 0,4 x 24 = 2,88

$$q_{eq} = 8,04 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{beban mati ekuivalen} = 8,04 \text{ kN/m}^2$$

◆ Beban hidup untuk tiap m<sup>2</sup>

- $qh$  atap = 1 kN/m<sup>2</sup>
- koefisien reduksi = 0,6 (PMI 83)

$$q_{eq} = 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 2$$

$$\text{beban hidup ekuivalen} = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

## 2) Beban gravitasi pada balok lantai 1 s/d 9

## ◆ Beban mati untuk tiap m'

$$\begin{array}{l} \text{▪ plat} \quad : 1 \times 0,12 \times 24 \times 2 \quad = 5,76 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{▪ plafon} \quad : 1 \times (0,11+0,07) \times 2 \quad = 0,36 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{▪ spesi} \quad : 1 \times 21 \times 0,02 \times 2 \quad = 0,84 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{▪ pasir} \quad : 1 \times 16 \times 0,05 \times 2 \quad = 1,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{▪ tegel} \quad : 1 \times 24 \times 0,02 \times 2 \quad = 0,96 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{▪ balok induk} \quad : 0,3 \times 0,38 \times 24 \quad = 2,736 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{▪ dinding} \quad : 3,5 \times 2,5 \quad = \underline{8,75} \end{array}$$

$$q_{eq} = 21,006 \text{ kN/m}'$$

$$\text{beban mati ekivalen} = 21,01 \text{ kN/m}'$$

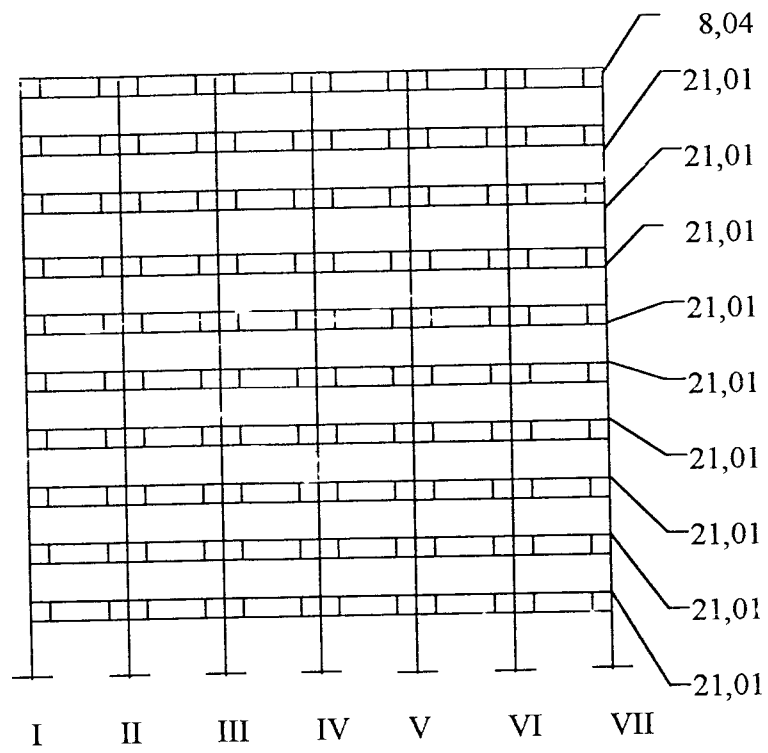
## ◆ Beban hidup untuk tiap m'

$$\begin{array}{l} \text{▪ } qh \text{ lantai} \quad = 2,5 \text{ kN/m}' \end{array}$$

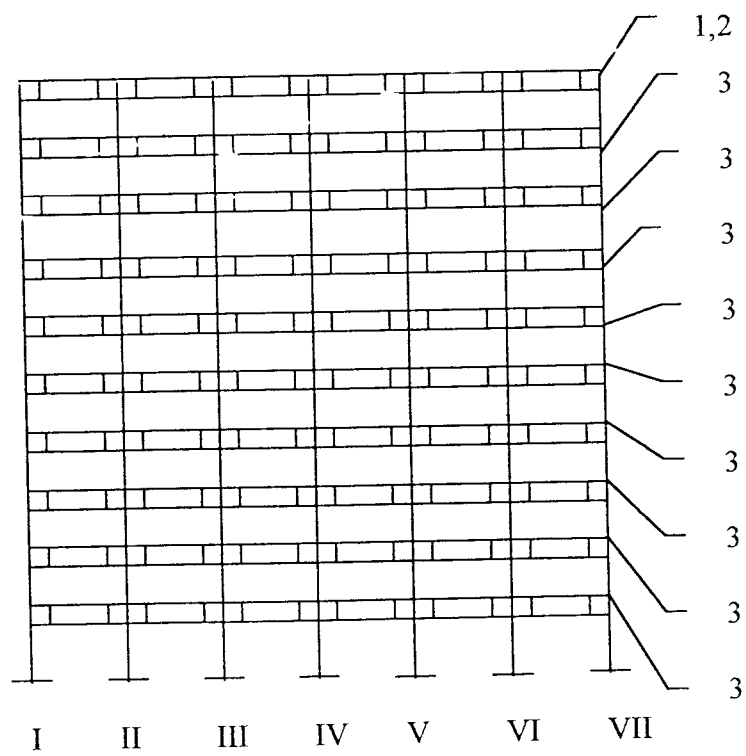
$$\begin{array}{l} \text{▪ koefisien reduksi} \quad = 0,6 \text{ (PMI 83)} \end{array}$$

$$q_{eq} = 2,5 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 2$$

$$\text{beban hidup ekivalen} = 3 \text{ kN/m}'$$



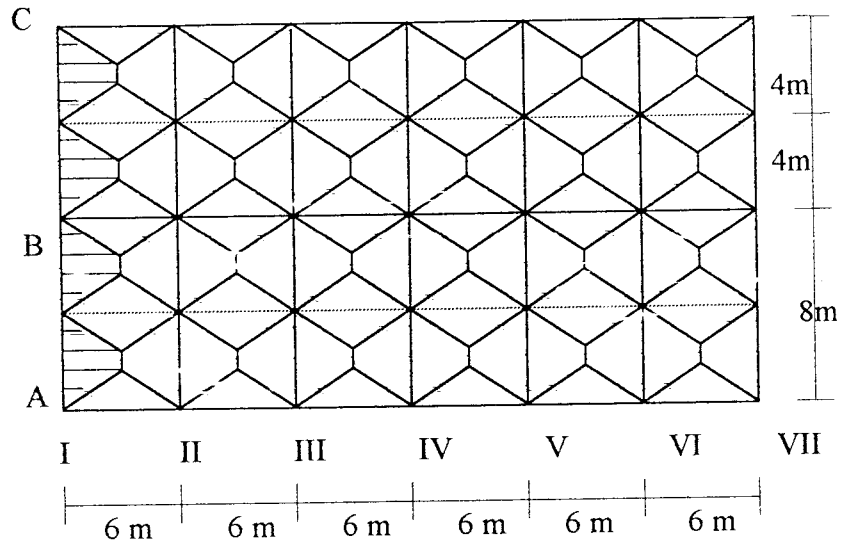
**Gambar 4.10** Beban mati ekivalen Portal C



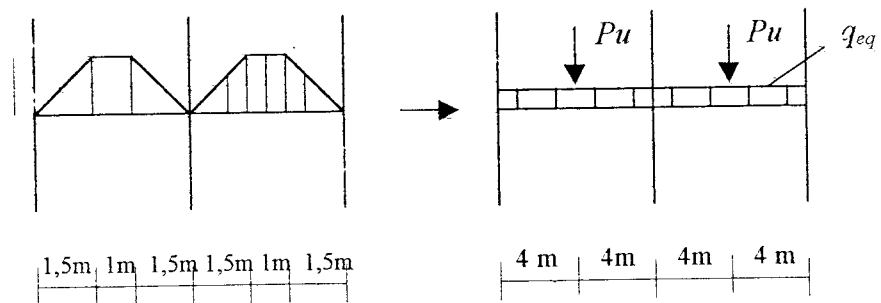
**Gambar 4.11** Beban hidup ekivalen Portal C

## 2. Beban merata ekivalen untuk portal arah Y

### a. Portal I



**Gambar 4.12** Pembagian beban merata pada Portal I



**Gambar 4.13** Perhitungan beban merata ekivalen Portal I

$$Q1 = \frac{1}{2} \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot q = 2,25q$$

$$Q2 = 1 \cdot 3 \cdot q = 3q$$

$$R = Q1 + \frac{1}{2}Q2$$

$$= 2,25q + 1,5q = 3,75q$$

Mmax terjadi di tengah bentang maka :

$$\begin{aligned}
 M &= R_1 \cdot 1/2L - Q_1 \cdot (1/3 \cdot d + 1/2 \cdot e) - Q_2/2 \cdot (1/4 \cdot e) \\
 &= 3,75q \cdot 1/2 \cdot 4 - 2,25q \cdot (1/3 \cdot 1,5 + 1/2 \cdot 1) - 3q/2 \cdot (1/4 \cdot 1) \\
 &= 7,5q - 2,25q - 0,375q = 4,875q
 \end{aligned}$$

$$a_{eq} = \frac{8M}{L^2} = \frac{8 \cdot 4,875q}{4^2} = 2,44q$$

1) Beban gravitasi pada balok lantai atap

◆ Beban mati untuk tiap m'

- plat :  $1 \times 0,1 \times 24 \times 2,44 = 5,856$
- plafon :  $1 \times (0,11+0,07) \times 2,44 = 0,4392$
- balok induk :  $0,3 \times 0,4 \times 24 = 2,88$

$$q_{eq} = 9,1752 \text{ kN/m}'$$

$$\text{beban mati ekuivalen} = 9,18 \text{ kN/m}'$$

◆ Beban hidup untuk tiap m'

- $qh$  atap =  $1 \text{ kN/m}'$
- koefisien reduksi =  $0,6$  (PMI 83)

$$q_{eq} = 1.1.0,6.2,44$$

$$\text{beban hidup ekuivalen} = 1,464 \text{ kN/m}' = 1,46 \text{ kN/m}'$$

◆ Beban titik akibat balok anak

- plat :  $1 \times 0,1 \times 24 \times 4 = 9,6$
- plafon :  $1 \times (0,11+0,07) \times 4 = 0,72$
- balok anak :  $0,25 \times 0,3 \times 24 = 1,8$

$$q_{eq} = 12,12 \text{ kN/m}'$$

$$\begin{aligned}
 Pu &= 1,15 \times q_{eq} \times L_x \\
 &= 1,15 \times 12,12 \times 6 \\
 &= 83,628 \text{ kN} \approx 83,63 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) Beban gravitasi pada balok lantai 1 s/d 9

◆ Beban mati untuk tiap m'

▪ plat	: 1 x 0,12 x 24 x 2,44	= 7,0272
▪ plafon	: 1 x (0,11+0,07) x 2,44	= 0,4392
▪ spesi	: 1 x 21 x 0,02 x 2,44	= 1,0248
▪ pasir	: 1 x 16 x 0,05 x 2,44	= 1,952
▪ tegel	: 1 x 24 x 0,02 x 2,44	=
		1,1712
▪ balok induk	: 0,3 x 0,38 x 24	= 2,736
		<hr/>
		$q_{eq} = 14,3504 \text{ kN/m}'$

beban mati ekivalen = 14,35 kN/m'

◆ Beban hidup untuk tiap m'

▪ $qh$ lantai	= 2,5 kN/m'
▪ koefisien reduksi	= 0,6 (PMI 83)
	$q_{eq} = 2,5 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 2,44$

beban hidup ekivalen = 3,66 kN/m'

◆ Beban titik akibat balok anak

▪ plat	: 1 x 0,12 x 24 x 4	= 11,52
▪ plafon	: 1 x (0,11+0,07) x 4	= 0,72
▪ spesi	: 1 x 21 x 0,02 x 4	= 1,68

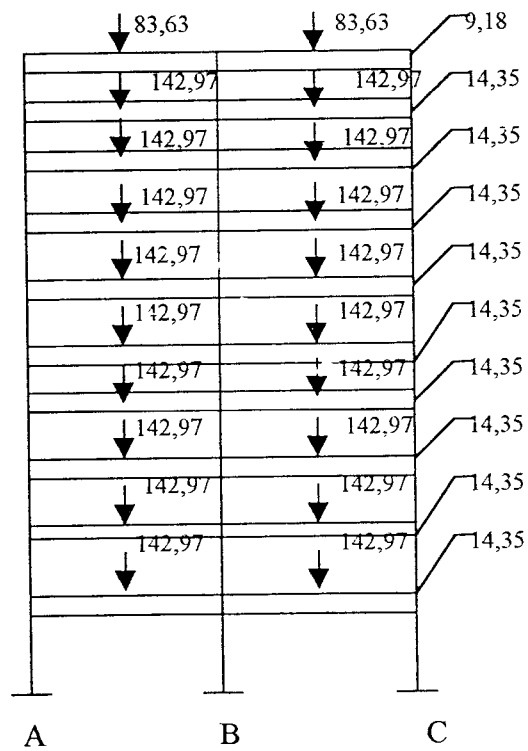
- pasir :  $1 \times 16 \times 0,05 \times 4 = 3,2$
- tegel :  $1 \times 24 \times 0,02 \times 4 = 1,92$
- balok anak :  $0,25 \times 0,28 \times 24 = 1,68$

$$q_{eq} = 20,72 \text{ kN/m}^2$$

$$Pu = 1,15 \times q_{eq} \times L_x$$

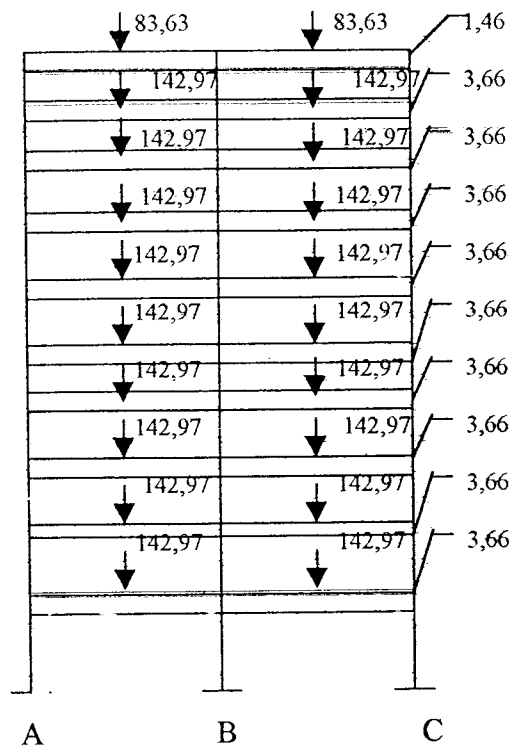
$$= 1,15 \times 20,72 \times 6$$

$$= 142,968 \text{ kN} \approx 142,97 \text{ kN}$$



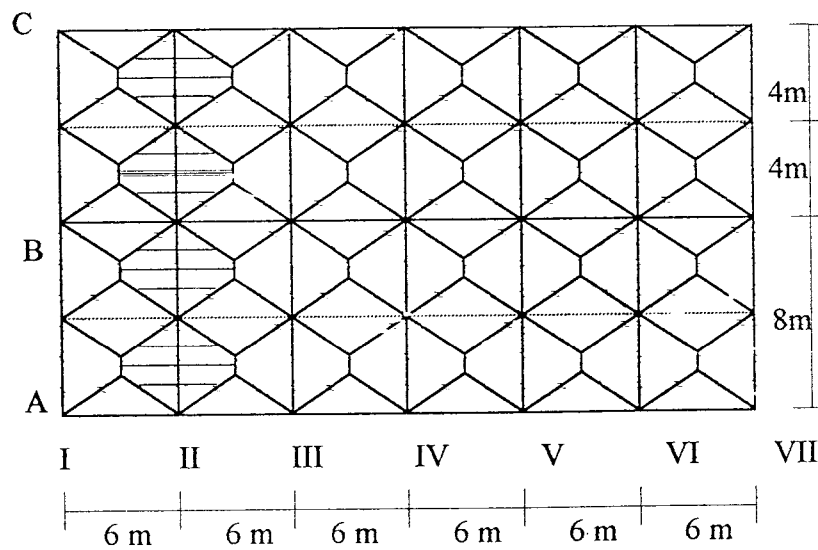
**Gambar 4.14** Beban mati ekivalen Portal I



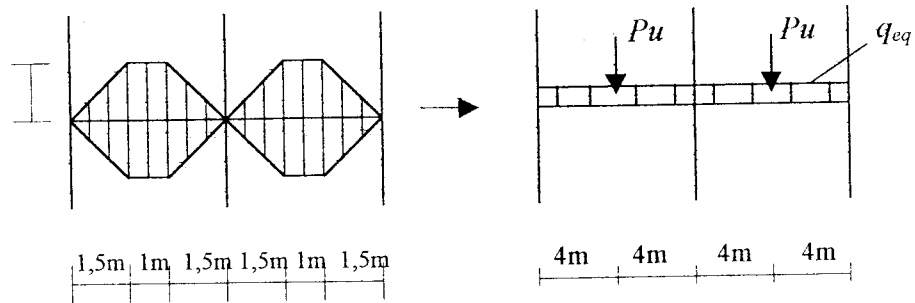


Gambar 4.15 Beban hidup ekivalen Portal I

b. Portal II



Gambar 4.16 Pembagian beban merata pada Portal II



**Gambar 4.17** Perhitungan beban merata ekuivalen Portal II

Dari Gambar 5.21 dapat dilihat bahwa luas lantai yang dipikul oleh portal II adalah dua kali luas lantai portal I sehingga

$$q_{eq} = 2 \cdot 2,44q = 4,88q.$$

1) Beban gravitasi pada balok lantai atap

◆ Beban mati untuk tiap m'

- plat :  $1 \times 0,1 \times 24 \times 4,88 = 11,712$
- plafon :  $1 \times (0,11+0,07) \times 4,88 = 0,8784$
- balok induk :  $0,3 \times 0,4 \times 24 = 2,88$

$$q_{eq} = 15,4704 \text{ kN/m'}$$

$$\text{beban mati ekuivalen} = 15,47 \text{ kN/m'}$$

◆ Beban hidup untuk tiap m'

- $qh$  atap =  $1 \text{ kN/m'}$
- koefisien reduksi =  $0,6$  (PMI 83)

$$q_{eq} = 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 4,88$$

$$\text{beban hidup ekuivalen} = 2,928 \text{ kN/m'} \approx 2,93 \text{ kN/m'}$$

◆ Beban titik akibat balok anak

▪ plat	: $1 \times 0,1 \times 24 \times 4$	= 9,6
▪ plafon	: $1 \times (0,11+0,07) \times 4$	= 0,72
▪ balok anak	: $0,25 \times 0,3 \times 24$	= 1,8
		= 12,12 kN/m'

$$Pu = 1,15 \times q_{eq} \times L_x$$

$$= 1,15 \times 12,12 \times 6$$

$$= 83,628 \text{ kN} \approx 83,63 \text{ kN}$$

2) Beban gravitasi pada balok lantai 1 s/d 9

◆ Beban mati untuk tiap m'

▪ plat	: $1 \times 0,12 \times 24 \times 4,88$	= 14,0544
▪ plafon	: $1 \times (0,11+0,07) \times 4,88$	= 0,8784
▪ spesi	: $1 \times 21 \times 0,02 \times 4,88$	= 2,0496
▪ pasir	: $1 \times 16 \times 0,05 \times 4,88$	= 3,904
▪ tegel	: $1 \times 24 \times 0,02 \times 4,88$	= 2,3424
▪ balok induk	: $0,3 \times 0,38 \times 24$	= 2,736
▪ dinding	: $3,5 \times 2,5$	= 8,75
		= 20,6604 kN/m'

beban mati ekuivalen

$$= 20,66 \text{ kN/m'}$$

◆ Beban hidup untuk tiap m'

▪ $qh$ lantai	= 2,5 kN/m'
▪ koefisien reduksi	= 0,6 (PMI 83)

$$\text{beban hidup ekivalen} = 2,5 \cdot 1,0 \cdot 6,4 \cdot 88 = 7,32 \text{ kN/m'}$$

◆ Beban titik akibat balok anak

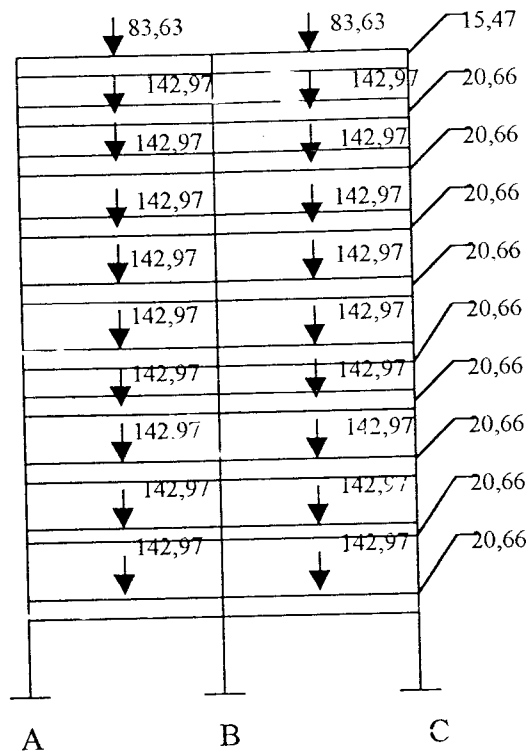
▪ plat	: 1 x 0,12 x 24 x 4	= 11,52
▪ plafon	: 1 x (0,11+0,07) x 4	= 0,72
▪ spesi	: 1 x 21 x 0,02 x 4	= 1,68
▪ pasir	: 1 x 16 x 0,05 x 4	= 3,2
▪ tegel	: 1 x 24 x 0,02 x 4	= 1,92
▪ balok anak	: 0,25 x 0,28 x 24	<u>= 1,68</u>

$$q_{eq} = 20,72 \text{ kN/m'}$$

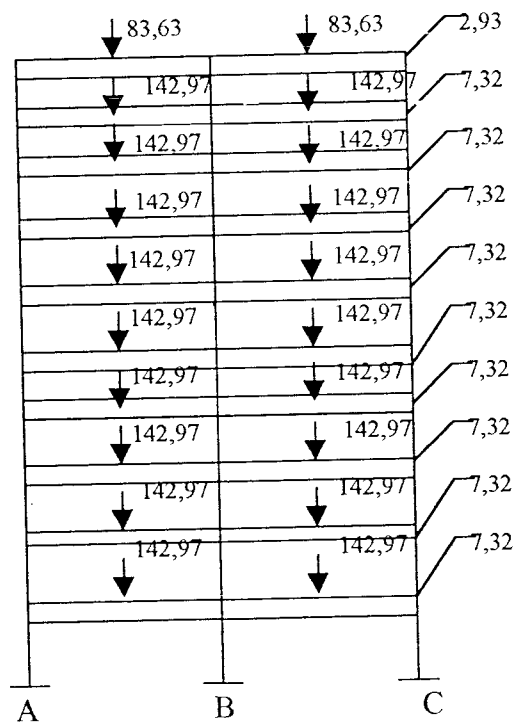
$$Pu = 1,15 \times q_{eq} \times L_x$$

$$= 1,15 \times 20,72 \times 6$$

$$= 142,968 \text{ KN} \approx 142,97 \text{ KN}$$



**Gambar 4.18** Beban mati ekivalen Portal II



**Gambar 4.19** Beban hidup ekivalen Portal II

## **5.2 Gaya-Gaya Dalam Portal**

Perhitungan yang dilakukan pada Tugas Akhir ini adalah semua titik dalam portal, input data dan output SAP-90 (dalam kN-m) dapat dilihat pada lampiran. Sedangkan untuk hasil analisis gaya-gaya dalam portal akibat beban mati, beban hidup, beban gempa serta kombinasinya dapat dilihat pada Tabel 5.1, Tabel 5.2, Tabel 5.3, Tabel 5.4, Tabel 5.5, dan Tabel 5.6.

## **BAB V**

### **DESAIN BETON BERTULANG**

Desain struktur pada penelitian numeris ini menggunakan hasil analisis struktur dari SAP-90 dan Standar Nasional Indonesia SKSNI T-15-1991-03 sebagai pedoman pengerjaan.

#### **5.1 Desain Balok**

Untuk mendesain balok, hal pertama yang perlu dilakukan adalah menghitung momen rencana balok dan penulangan balok.

##### **5.1.1 Momen Rencana Balok**

Momen ultimit rencana balok dihitung berdasarkan ke tiga tipe pembebanan di bawah ini menurut SKSNI 3.2.2.1991.

- Tipe pembebanan 1 →  $M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$
- Tipe pembebanan 2 →  $M_U = 1,05 ( M_D + 0,6 M_L \pm M_E )$ .
- Tipe pembebanan 3 →  $M_U = 0,9 ( M_D \pm M_E )$ .

Hasil perhitungan dengan ketiga tipe pembebanan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1 sampai dengan Tabel 5.6 . Momen ultimit maksimum dari ketiga macam tipe pembebanan yang diambil sebagai momen rencana balok.

##### **5.1.2 Penulangan Balok**

Penulangan balok dilakukan dengan menggunakan momen terbesar dari momen rencana balok.

Contoh perhitungan penulangan balok dilakukan pada balok lantai 1.

$$h = 600 \text{ mm} \quad b = 300 \text{ mm} \quad f_c' = 30 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ untuk mutu beton } f_c' \leq 30 \text{ MPa}$$

$$M_u \text{ tumpuan} = 328,684 \text{ kN.m}$$

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

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

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

$$k \text{ maksimum} = 7,89$$

$$M_{R_{max}} = \phi \cdot b \cdot d^2 \cdot k = 0,8 \cdot 300 \cdot 415^2 \cdot 7,89 = 326,13 \text{ kN.m} < M_u = 328,684 \text{ kN.m}$$

→ sehingga perlu tulangan rangkap

$$\text{diasumsikan } d = 500 - 85 = 415 \text{ mm}$$

$$\text{digunakan } \rho = 0,9 \cdot \rho_{max} = 0,9 \cdot 0,0244 = 0,0219 \text{ didapat } k = 7,251$$

$$M_{R1} = 0,8 \cdot 300 \cdot 415^2 \cdot 7,251 = 299,713 \text{ kN.m}$$

$$A_{s1} = 0,0219 \cdot 300 \cdot 415 = 2726,55 \text{ mm}^2$$

$$M_{R2 \text{ perlu}} = 328,684 - 299,713 = 28,971 \text{ kN.m}$$

$$a = \frac{A_{s1} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2726,55 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} = 151,475$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{151,475}{0,85} = 178,21$$

$$\epsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{178,21 - 85}{178,21} \cdot 0,003 = 0,0016 < \epsilon_y = 0,002$$

→ dengan demikian tulangan tekan belum luluh.



$$f_s' = \varepsilon_s' \cdot E_s = 0,0016 \cdot 2,54 \cdot 10^5 = 406,4 \text{ MPa}$$

$$A_s' \text{ perlu} = \frac{28,971 \cdot 10^6}{0,8(415 - 70) \cdot 406,4} = 258,286 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ total} = 2726,55 + 258,286 = 2984,84 \text{ mm}^2$$

$$A_s' \text{ perlu} = 258,286 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan : tulangan atas 7D-25 dengan  $A_s = 3436,3 \text{ mm}^2$

tulangan bawah 3D-25 dengan  $A_s' = 1472,7 \text{ mm}^2$

### 5.1.3 Momen Nominal Aktual

Momen nominal aktual adalah momen lentur nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan sebenarnya pada penampang balok yang ditinjau. Sebagai contoh hitungan diberikan di bawah ini yang merupakan hitungan pada balok lantai 1.

#### 1. Momen nominal aktual negatif

$$A_s = 7D_{25} = 3436,3 \text{ mm}^2 \quad ; \quad A_s' = 3D_{25} = 1472,7 \text{ mm}^2$$

$$d = 425 \text{ mm} \quad d' = 70 \text{ mm}$$

Dianggap tulangan tarik dan tekan telah luluh.

$$a = \frac{(A_s - A_s') \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{(3436,3 - 1472,7) \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} = 102,67 \text{ mm}$$

$$c = \frac{102,67}{0,85} = 120,8 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot (0,003) = \frac{(120,8 - 70) \cdot 0,003}{120,8} = 0,0013$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot (0,003) = \frac{(425 - 120,8) \cdot 0,003}{120,8} = 0,0076$$

$$\text{Untuk } f_y = 400 \text{ MPa} \quad \text{maka} \quad \varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{2 \cdot 10^5} = 0,002$$

Karena  $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$  maka tulangan baja tarik telah meluiuh tetapi tulangan baja tekan belum meluiuh. Dengan demikian ternyata anggapan pada langkah awal tidak benar, oleh karena itu maka letak garis netral  $c$  dicari kembali dengan persamaan berikut ini.

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

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 0,85) c^2 + (600 \cdot 1472,7 - 3436,3 \cdot 400) c - (600 \cdot 70 \cdot 1472,7) = 0$$

$$c^2 - 37,75 c + 9512,25 = 0$$

$$\text{Didapat } c = 142,33 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 142,33 = 120,98 \text{ mm}$$

$$Nd_1 = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot (d - 1/2 a)$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 120,98 \cdot 300 \cdot (10^{-3}) \cdot (425 - 1/2 \cdot 120,98)$$

$$= 337,349 \text{ kN}$$

$$f_s = \frac{c - d'}{c} = \frac{142,33 - 70}{142,33} \cdot 600 = 304,91 \text{ MPa}$$

$$Nd_2 = A_s' \cdot f_s' \cdot (d - d')$$

$$= 1472,7 \cdot 304,91 \cdot (10^{-3}) \cdot (425 - 70) = 159,407 \text{ kN}$$

$$M_{nak} = Nd_1 + Nd_2$$

$$= 337,349 + 159,407$$

$$= 496,756 \text{ kN}$$

## 2. Momen nominal aktual positif

Pada perhitungan momen nominal aktual positif, digunakan asumsi balok  $T$ .

$$\text{Tulangan atas } 7D_{-25} = 3436,3 \text{ mm}^2$$

Luasan bawah 3D-25 = 1472,7 mm<sup>2</sup>

$$\frac{\rho'}{\rho} = \frac{3436,3}{1472,7} = 2,3. \quad \text{diambil } \frac{\rho'}{\rho} = 1$$

Lebar efektif balok ditentukan dengan menentukan nilai terkecil dari :

- ◆  $\frac{1}{4}$  panjang bentang balok =  $\frac{1}{4} \cdot 6000 = 1500$  mm,
- ◆  $b_w + 16hf = 300 + 16 \cdot 120 = 2220$  mm, dan
- ◆ Jarak antar balok = 4000 mm.

Digunakan lebar efektif balok = 1500 mm

$$d = h - 70 = 430 \text{ mm}, \quad hf = 120 \text{ mm}$$

$$Mu+ = 181,48 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} M_R &= 0,8 \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot hf \cdot (d - 1/2 hf) \\ &= 0,8 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot 1500 \cdot 120 \cdot (430 - 1/2 \cdot 120) \\ &= 1358,64 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

dengan demikian balok  $T$  diperhitungkan sebaagai balok persegi dengan

lebar  $b = 1500$  mm

$$\rho = \frac{1472,7}{430 \cdot 1500} = 0,0023$$

$$\begin{aligned} R_n &= (\rho + \frac{1}{2} \rho^2 \cdot m) \cdot f_y \\ &= (0,0023 + \frac{1}{2} \cdot (0,0023)^2 \cdot 15,68) \cdot 400 \\ &= 0,93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= R_n \cdot b \cdot d^2 \\ &= 0,93 \cdot 1500 \cdot 430^2 \\ &= 257,84 \text{ kN.m} > Mu+ = 181,48 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Sebagai contoh hitungan ditinjau pada elemen balok lantai 1, di bawah ini.

$$M_{kap}^- = 620,95 \text{ kN.m} ; M_{kap}^+ = 322,3 \text{ kN.m}$$

$$V_D = 63,38 \text{ kN} ; V_L = 9,163 \text{ kN} ; V_E = 80,53 \text{ kN} , Ln = 5,3 \text{ m.}$$

$$V_{u,b1} = 0,7 \cdot \frac{620,95 + 322,3}{5,3} + 1,05 \cdot 80,53 = 200,75 \text{ kN}$$

$$V_{u,b2} = 1,05 \cdot (63,38 + 9,163 + \frac{4}{1} \cdot 80,53) = 414,4 \text{ N}$$

Dipakai  $V_{u,b} = 200,75 \text{ kN}$

Dengan cara yang sama didapat gaya geser terpakai dari semua balok yang ditunjukkan dalam Tabel 5.13 sampai dengan Tabel 5.18.

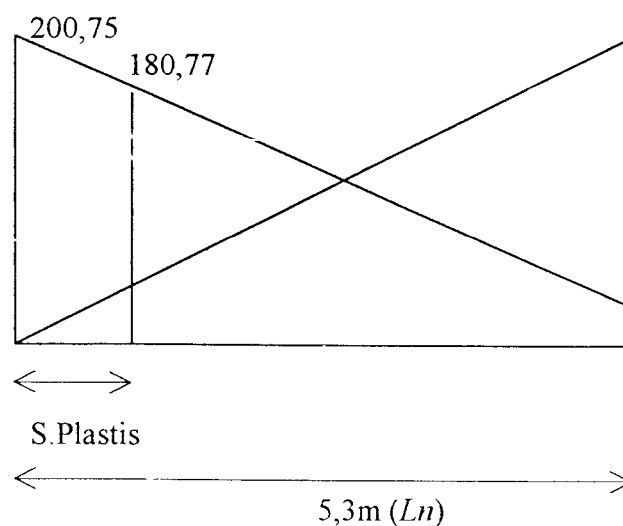
### 3. Penulangan Geser Balok

Ditinjau pada balok lantai 1.

#### a. Sepanjang daerah sendi plastis

$$V_{u,b} \text{ terpakai} = 200,75 \text{ kN} \quad V_c = 0$$

$$V_s = \frac{V_{u,b}}{0,6} = \frac{200,75}{0,6} = 334,58 \text{ kN}$$



**Gambar 5.1** Daerah sendi plastis pada penulangan geser balok

$$V_{s,max} \frac{2}{3} \sqrt{fc' b.d} = \frac{2}{3} \sqrt{30.300.425} = 465,564 kN$$

$$S = \frac{A_v \cdot fy \cdot d}{V_s} = \frac{2.1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 400 \cdot 425}{334,58} = 79,771 mm$$

Syarat :

$$S \leq 1/4 \cdot d = 1/4 \cdot 425 = 106,25 \text{ mm}$$

Dipakai  $\phi$  10-55 mm

### b. Diluar daerah sendi plastis

$$V_{u,b} \text{ terpakai} = 180,77 \text{ kN}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{fc'} \cdot b \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 425 = 116,39 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_{u,b}}{0,6} - V_c = \frac{180,77}{0,6} - 116,39 = 184,89 kN$$

$$S = \frac{A_v \cdot fy \cdot d}{V_s} = \frac{2.1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 400 \cdot 425}{184,89} = 144,4 mm$$

syarat :

$$S \leq 1/2 \cdot d = 1/2 \cdot 425 = 212,5 \text{ mm}$$

Dipakai  $\phi$  10-100mm

Dengan cara yang sama diperoleh dimensi dan spasi tulangan geser terpakai dari semua balok yang ditunjukkan dalam Tabel 5.19 sampai dengan Tabel 5.24.

## 5.2 Desain Kolom

Untuk mendesain kolom, perlu dihitung momen rencana dan momen maksimum terlebih dahulu.

Dengan cara yang sama pada semua balok akan didapatkan jumlah tulangan dan diameter tulangan terpakai yang ditunjukkan pada Tabel 5.7.

#### 5.1.4 Desain Sengkang Balok

Untuk mendesain sengkang balok, yang perlu dilakukan adalah menghitung momen kapasitas balok dan gaya geser rencana balok. Setelah itu baru didapatkan tulangan geser balok.

##### 1. Momen Kapasitas Balok

Momen kapasitas balok adalah kuat momen nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan yang sebenarnya ada pada penampang balok yang ditinjau yang dikalikan dengan nilai tertentu. Nilai momen kapasitas didapat dari rumus :

$$M_{kap} = \phi \cdot M_{nak}$$

dimana  $\phi = 1,25$  untuk  $f_y \leq 400$  MPa.

Sebagai contoh hitungan ditinjau pada elemen balok lantai 1, di bawah ini :

$$M_{nak}^- = 496,76 \text{ kN.m} ; M_{kap}^- = 1,25 \cdot 496,76 = 620,95 \text{ kN.m}$$

$$M_{nak}^+ = 257,84 \text{ kN.m} ; M_{kap}^+ = 1,25 \cdot 257,84 = 322,3 \text{ kN.m}$$

##### 2. Gaya Geser Rencana Balok

Gaya geser rencana balok didapatkan dari nilai terkecil dari persamaan berikut :

$$V_{u,b} = 0,7 \cdot \frac{M_{kap}^- + M_{kap}^+}{Ln} + 1,05V_g$$

$$V_{u,b} = 1,05 \cdot (V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4}{K} \cdot V_{E,b})$$

### 5.2.1 Momen Rencana Dan Momen Maksimum Kolom

Momen rencana kolom dihitung dengan memperhitungkan momen kapasitas balok sebagai momen kolom pada pusat joint.

#### 1. Momen Rencana Kolom

Momen rencana kolom ditentukan dari persamaan berikut ini.

$$M_{u,k} = \frac{h'_k}{h_k} \omega_d \alpha_k \cdot 0,7 \left( \frac{l_{ki}}{l'_{ki}} M_{kap,ki} + \frac{l_{ka}}{l'_{ka}} M_{kap,ka} \right)$$

$$\sum Mu,k = 1,05 \cdot \sum \left( M_{D,K} + M_{L,K} + \frac{4}{K} M_{E,k} \right)$$

Sebagai contoh hitungan dilakukan pada lantai 1.

$$Lbx = 6,00 \text{ m} \quad lbnx = 5,3 \text{ m} \quad lby = 8,00 \text{ m} \quad lbny = 7,3 \text{ m}$$

$$H_k = 3,5 \text{ m} \quad h_{kn} = 2,9 \text{ m}$$

Kolom eksterior dengan nomor elemen 1 adalah kolom yang dibatasi oleh balok 211 dan balok 229, sehingga dalam perhitungan momen rencana kolom untuk arah  $X$ , momen nominal balok 211 dijumlahkan dengan 30 % momen nominal balok 229. Hal yang sama juga berlaku untuk momen rencana kolom arah  $Y$ , dimana 211 adalah balok arah  $X$  ( $bx$ ) dan 229 adalah balok arah  $Y$  ( $by$ ).

Dari hasil analisis struktur dengan program komputer SAP-90 maka didapat momen akibat gempa :

$$M_{E,k} \text{ lt}_1 \text{ atas} = 166,5 \text{ kN.m}$$

$$M_{E,k} \text{ lt}_2 \text{ bawah} = 410,62 \text{ kN.m}$$

Maka diperoleh :

$$\begin{aligned} Mu,kx \text{ lt}_1 \text{atas} &= 0,86 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,2886 [1,13 \cdot (620,95) + 1,096(0,3 \cdot 882,64)] \\ &= 172,3 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu,ky \text{ lt}_1 \text{atas} &= 0,86 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,2886 \cdot [1,13 \cdot (0,3 \cdot 620,95) + 1,096 \cdot (882,64)] \\ &= 287,9 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Untuk kolom lantai bawah hanya dihitung berdasarkan gaya gempa yang diperoleh dari hasil analisis struktur dengan program komputer SAP-90.

$$Mu,kx \text{ lt}_1 \text{bawah} = 1206 \text{ kN.m}$$

$$Mu,ky \text{ lt}_1 \text{bawah} = 1677 \text{ kN.m}$$

## 2. Momen Maksimum Kolom

Contoh perhitungan momen maksimum kolom.

$$M_u, k_1 x_{atas} = 1,05 \cdot [30,142 + 4,467 + \left(\frac{4}{1}\right) \cdot 166,5] = 1450,3 \text{ kN.m}$$

$$M_u, k_1 x_{bawah} = 1,05 \cdot [30,142 + 4,467 - \left(\frac{4}{1}\right) \cdot 772,79] = -1085 \text{ kN.m}$$

$$M_u, k_1 y_{atas} = 1,05 \cdot [100,1 + 74,061 + \left(\frac{4}{1}\right) \cdot 301,78] = 735,5 \text{ kN.m}$$

$$M_u, k_1 y_{bawah} = 1,05 \cdot [100,1 + 74,061 - \left(\frac{4}{1}\right) \cdot 1445,1] = -662,79 \text{ kN.m}$$

Perhitungan momen rencana dan momen maksimum kolom lainnya, dilakukan dengan cara yang sama dan momen kolom yang dipakai adalah nilai terkecil dari momen rencana dan momen maksimum kolom. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.29 sampai dengan Tabel 5.32.



## 5.2.2 Gaya Aksial Kolom

Pada sub bab ini yang diperhitungkan adalah gaya rencana dan gaya maksimum kolom.

### 1. Gaya aksial rencana kolom

Contoh perhitungan dilakukan pada kolom 1 pada arah  $X$  dan arah  $Y$ .

$$\begin{aligned} N_{u,k_1x} \text{ atas} &= (1,05 \cdot 2835,735) + 0,7 \cdot 0,88 \cdot [(322,298 - 620,95) + \\ &\quad (30\% \cdot (769,663 - 882,6))] \\ &= 2940,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{u,k_1x} \text{ bawah} &= (1,05 \cdot 2835,735) - 0,7 \cdot 0,88 \cdot [(322,968 - 620,95) + \\ &\quad (30\% \cdot (769,663 - 882,6))] \\ &= 3015 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{u,k_1y} \text{ atas} &= (1,05 \cdot 2835,735) + 0,7 \cdot 0,88 \cdot [30\% \cdot (322,298 - 620,95) + \\ &\quad (769,663 - 882,6)] \\ &= 2854 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{u,k_1y} \text{ bawah} &= (1,05 \cdot 2835,735) - 0,7 \cdot 0,88 \cdot [30\% \cdot (322,298 - 620,95) \\ &\quad + (769,663 - 882,6)] \\ &= 3101 \text{ kN} \end{aligned}$$

### 2. Gaya aksial maksimum kolom

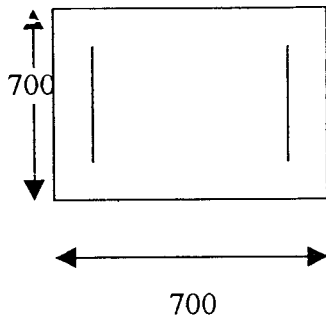
$$N_{u,k_1x_{atas}} = 1,05 \cdot [2835,735 + \left(\frac{4}{1}\right) \cdot 760,3] = 7532 \text{ kN}$$

$$N_{u,k_1x_{bawah}} = 1,05 \cdot [2835,735 - \left(\frac{4}{1}\right) \cdot 760,3] = -13226,8 \text{ kN}$$

$$N_{u,k_1y_{atas}} = 1,05 \cdot [2835,735 + \left(\frac{4}{1}\right) \cdot 1079,86] = 8470,9 \text{ kN}$$

$$N_{u,k_1 y_{bawah}} = 1,05 \cdot [2835,735 - \left(\frac{4}{1}\right) \cdot 1079,86] = -32195 \text{ kN}$$

### 5.2.3 Penulangan Kolom



Sebagai contoh hitungan penulangan

kolom ditinjau pada kolom lantai 1.

$$N_{u,k} = 2940,2 \text{ kN}$$

$$M_{u,k} = 172,3 \text{ kN.m}$$

$$N_{n,k} = 4523,04 \text{ kN}$$

$$M_{n,k} = 265,07 \text{ kN.m}$$

$$e = \frac{M_{n,k}}{N_{n,k}} = \frac{265,07}{4523,04} = 58,601 \text{ mm}$$

Direncanakan ukuran kolom 700/700, dengan rasio penulangan 1%.

$$A_s \text{ pada tiap sisi} = 0,5\% \cdot A_{tot}$$

$$= 0,5\% \cdot 700 \cdot 630$$

$$= 2205 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 5D25 pada masing-masing sisi ( $A_s = A_s' = 2454,5 \text{ mm}^2$ )

$$d = 700 - 70 = 630 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_{tot}} = \frac{2454,5}{700 \cdot 630} = 0,0056$$

$$cb = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 630 = 378$$

$$ab = \beta_1 \cdot cb = 0,85 \cdot 378 = 321,3 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{cb - d'}{cb} \cdot 600 = \frac{378 - 70}{378} \cdot 600 = 488,89 > f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$V_{u,k} = 1,05 \cdot (V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4}{K} V_{E,k})$$

Distribusi momen kolom menjadi momen kolom atas dan momen kolom bawah dilakukan berdasarkan persamaan distribusi momen (Kusuma dan Andriono, 1994).

$$\alpha_{k-bawah} = \frac{M_{E,atas,k-bawah}}{M_{E,atas,k-bawah} + M_{E,bawah,k-atas}}, \quad \alpha_{k-atas} = \frac{M_{E,bawah,k-atas}}{M_{E,bawah,k-atas} + M_{E,atas,k-bawah}}$$

Akan tetapi pada lantai dasar dan lantai teratas yang diperbolehkan terjadi sendi plastis pada kolom, gaya geser rencana dihitung berdasarkan momen kapasitas kolom..

Sebagai contoh hitungan ditinjau pada kolom lantai 1.

$$M_{u,k} \text{ atas} = 172,3 \text{ kN.m}$$

$$M_{u,k} \text{ bawah} = 1206 \text{ kNm (momen kapasitas kolom)}$$

$$V_D = 13,249 \text{ kN} ; V_L = 1,976 \text{ kN} ; V_{Ex} = 173,24 \text{ kN} ; V_{Ey} = 326,66 \text{ kN}$$

$$V_{u,k} = \frac{(172,3 + 1206)}{3,25} = 424,2 \text{ kN}$$

$$V_{u,kx} = 1,05 \cdot (13,249 + 1,976 + \frac{4}{1} \cdot 173,24) = 743,58 \text{ kN}$$

$$V_{u,ky} = 1,05 \cdot (13,249 + 1,976 + \frac{4}{1} \cdot 326,66) = 1387,9 \text{ kN}$$

$$\text{Dipakai } V_{u,k} = 424,2 \text{ kN}$$

Dengan cara yang sama didapat gaya geser kolom terpakai lainnya yang ditunjukkan dalam Tabel 5.35 dan Tabel 5.36.

Z diasumsikan = 0,60 m

$$T = 0,7 \cdot \frac{M_{kap}}{z} = 0,7 \cdot \frac{882,64}{0,6} = 1029,747 \text{ kN}$$

$$V_{jh} = T - V_k = 1029,747 - 199,8 = 829,947 \text{ kN}$$

Kontrol tegangan geser horizontal :

$$V_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j \cdot hc} = \frac{829,947}{0,7 \cdot 0,7} = 1,6937 \text{ MPa} < 1,5 \cdot \sqrt{f_c'} = 8,22 \text{ MPa}$$

Penulangan geser horizontal :

$$N_u = 2950,9 \text{ kN}; \frac{N_u}{A_g} = \frac{2940,2}{0,7 \cdot 0,7} = 6,00 \text{ MPa} > 0,1 \cdot f_c' = 3 \text{ MPa}$$

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\left[ \left( \frac{N_u}{A_g} \right) - 0,1 \cdot f_c' \right]} \cdot b_j \cdot hc = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{[6,00] - 0,1 \cdot 30} \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 565,84 \text{ kN}$$

$$V_{sh} = V_{jh} - V_{ch} = 829,947 - 565,84 = 264,06 \text{ kN}$$

$A_s$  perlu :

$$A_{sh} = \frac{V_{sh}}{f_y} = \frac{264,06}{400} = 660,15 \text{ mm}^2$$

Digunakan sengkang rangkap  $\phi$  12,  $A_s = 452,39 \text{ mm}^2$

$$\Sigma \text{lapis perlu} = \frac{A_{sh}}{A_s} = \frac{660,15}{452,39} = 1,46$$

Dipakai 2 lapis sengkang rangkap  $\phi$  12.

## 2. Penulangan Geser Vertikal

$$V_{cv} = \frac{A_s \cdot V_{jh}}{A_s} \cdot \left( 0,6 + \frac{N_u}{A_g \cdot f_c'} \right) = 829,947 \cdot \left( 0,6 + \frac{2940,2}{700 \cdot 700 \cdot 30} \right) = 663,93 \text{ kN}$$

$$V_{sv} = V_{jv} - V_{cv} = 829,947 - 663,93 = 165,97 \text{ kN}$$

$$A_{jv} = \frac{V_{sv}}{f_y} = \frac{165,97}{400} = 414,925 \text{ mm}^2$$

Tulangan kolom terpasang = 3D<sub>25</sub> ;  $A_s = 1472,7 \text{ mm}^2 > A_{jv}$ .

Dengan cara yang sama didapat penulangan geser pertemuan balok kolom lainnya yang ditunjukkan dalam Tabel 5.39 dan Tabel 5.40.

dipakai  $f_s' = 400$  MPa.

$$\varepsilon_s' = \frac{cb - d'}{cb} \cdot 0,003 = \frac{378 - 70}{378} \cdot 0,003 = 0,0024 > \varepsilon_y = 0,002$$

$$\phi Pnb = 0,65(0,85 \cdot f_c' \cdot ab \cdot b + A_s \cdot f_s' \cdot A_s f_y) = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot 321 \cdot 3 \cdot 700 = 3727,883 \text{ kN} > N_{u,k}$$

dengan demikian kehancuran beton di daerah tarik.

Pemeriksaan kekuatan penampang :

$$\rho = 0,0056$$

$$n_i = 15,68$$

$$\frac{h - 2e}{2d} = \frac{650 - 2 \cdot 58,601}{2 \cdot 630} = 0,46254$$

$$1 - \frac{d'}{d} = 1 - \frac{70}{630} = 0,889$$

$$\begin{aligned} \phi Pn &= 0,65 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot 500 \cdot 630 (0,46254 + \sqrt{(0,46254)^2 + 2 \cdot 15,68 \cdot 0,0056 \cdot 0,889}) \\ &= 10061 \text{ kN} > N_{u,k} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama pada semua kolom didapatkan dimensi dan jumlah tulangan kolom terpakai yang ditunjukkan pada Tabel 5.33 dan Tabel 5.34.

#### 5.2.4 Desain Senggang Kolom

Dalam mendesain senggang kolom yang dilakukan terlebih dahulu adalah menghitung gaya geser rencana kolom. Setelah itu baru dihitung penulangan geser kolom.

##### 1. Gaya Geser Rencana Kolom

Gaya geser rencana kolom diperoleh dengan menentukan nilai terkecil dari persamaan berikut ini.

$$V_{u,k} = \frac{(M_{u,k,atas} + M_{u,k,bawah})}{l'_k}$$

## 2. Penulangan Geser Kolom

### a Penulangan geser sepanjang $l_0$

Daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis adalah sepanjang  $l_0$  dari muka kolom yang ditinjau dimana  $l_0$  tidak boleh kurang dari :

$$l_0 \geq h = 700 \text{ mm, bila } N_{u,k} < 0,3 Ag f_c',$$

$$l_0 \geq 1,5h = 1,5 \cdot 700 = 1050 \text{ mm, bila } N_{u,k} > 0,3 Ag f_c', \text{ dan}$$

$$l_0 \geq 1/6 H_k = 1/6 \cdot 3500 = 583,33 \text{ mm.}$$

Ditinjau penulangan geser kolom tepi lantai 1.

$$N_{u,k} = 2940,2 \text{ kN} < 0,3 \cdot 700 \cdot 700 \cdot 30 = 4410 \text{ kN}$$

$$V_c = 0$$

$$V_{u,k} = 424,2 \text{ kN}$$

$$V_{s,k} = \frac{V_{u,k}}{0,6} = \frac{424,2}{0,6} = 707, \text{ kN}$$

Dipakai  $l_0 = 700 \text{ mm}$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_{s,k}} = \frac{2 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 400 \cdot 630}{707} = 80,6 \text{ mm}$$

Dipakai  $\phi 12-10 \text{ mm}$

### b Penulangan geser diluar daerah $l_0$

$$V_c = \left[ 1 + \frac{N_{u,k}}{14 Ag} \right] \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \left[ 1 + \frac{2940,2}{14 \cdot 700 \cdot 700} \right] \cdot 1/6 \cdot \sqrt{30} \cdot 700 \cdot 630 = 402,8 \text{ kN}$$

$$V_{s,k} = V_s - V_c = 707 - 402,8 = 304,2 \text{ kN}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_{s,k}} = \frac{2,1/4 \cdot \Pi \cdot 12^2 \cdot 400 \cdot 630}{304,2} = 187,29 \text{ mm}$$

Dipakai  $\phi 12-25$  mm

Dengan cara yang sama didapat dimensi dan jarak sengkang geser kolom lainnya yang ditunjukkan dalam Tabel 5.37 dan Tabel 5.38.

### 5.3 Pertemuan Balok Kolom

Pada pertemuan balok kolom ini dilakukan perhitungan untuk mendapatkan penulangan geser.

#### 6.3.1 Penulangan Geser

Perencanaan pertemuan balok kolom (join) didasarkan dengan memperhitungkan kebutuhan penulangan geser arah horizontal dan vertikal. Sebagai contoh hitungan ditinjau pada pertemuan balok kolom tepi lantai 1.

##### 1. Penulangan Geser Horizontal

$$M_{kap,ka} = 620,95 \text{ kN.m} ; M_{kap,ki} = 0 \text{ (arah x)}$$

$$M_{kap,ka} = 882,64 \text{ kN.m} ; M_{kap,ki} = 0 \text{ (arah y)}$$

$$V_{kx} = 0,7 \left[ \frac{{}^i I_{ka} / {}^i I_{ka} \cdot M_{kap,ka} + {}^i I_{ki} / {}^i I_{ki} \cdot M_{kap,ki}}{\frac{1}{2} \cdot (h_{kb} + h_{ka})} \right] = 0,7 \left[ \frac{\frac{6}{5,3} \cdot 620,95 + 0}{\frac{1}{2} \cdot (3,5 + 3,5)} \right] = 140,6 \text{ kN}$$

$$V_{ky} = 0,7 \left[ \frac{\frac{6}{5,3} \cdot 882,64 + 0}{\frac{1}{2} \cdot (3,5 + 3,5)} \right] = 199,8 \text{ kN}$$

$$V_t \text{ terpakai} = 199,8 \text{ kN}$$



## BAB VI

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perhitungan sebelumnya kemudian ditabelkan dengan tinjauan tepi dan tengah bangunan untuk semua zona. Untuk keterangan selengkapnya dapat dilihat pada penjelasan berikut ini.

#### 6.1 Hasil Desain Struktur

Hasil desain struktur memuat hasil dari perhitungan sebelumnya.

##### 6.1.1 Desain Balok

Setelah dilakukan kombinasi momen sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 diambil momen maksimum yang merupakan momen ultimit balok.

**Tabel 6.1** Momen ultimit balok

BLK	Momen balok dengan kombinasi beban pada (kNm)										Ket
	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		Zona 5		
	M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+	
1~2	328.68	181.48	249.87	104.19	210.46	65.546	171.05	29.902	151.34	7.579	Lt 1
3~4	320.55	176.64	244.04	100.19	205.79	61.963	167.53	23.738	148.41	4.625	Lt 1
1~2	420.65	271.81	314.5	167.61	261.43	115.51	208.35	63.412	181.82	37.36	Lt 2
3~4	408.47	264.56	304.88	161.04	253.09	109.28	201.29	57.515	264.82	121.1	Lt 2
1~2	440.85	291.92	329.33	182.37	273.57	127.6	217.81	72.835	189.93	45.45	Lt 3
3~4	428.09	284.21	318.47	174.65	263.66	119.87	325.86	182.17	181.44	37.7	Lt 3
1~2	427.75	279.1	320.95	174.2	267.56	121.75	214.16	69.298	187.46	43.07	Lt 4
3~4	415.02	271.14	309.43	165.6	256.63	112.84	203.84	61.119	177.44	33.69	Lt 4
1~2	396.28	248.18	299.75	153.38	251.49	105.97	203.22	58.569	178.52	34.87	Lt 5
3~4	383.96	240.08	287.93	144.1	239.91	96.113	191.89	48.124	167.88	24.13	Lt 5
1~2	352.77	205.4	270.1	124.23	228.77	83.651	187.44	43.07	166.78	22.78	Lt 6
3~4	341.15	197.26	258.29	114.46	216.86	73.059	175.43	31.658	154.71	10.96	Lt 6
1~2	300.56	154.04	234.34	89.064	201.24	56.574	168.13	24.084	151.58	7.839	Lt 7
3~4	289.86	145.94	222.78	78.935	189.24	45.429	155.71	11.925	138.94	138.9	Lt 7
1~2	242.29	96.706	194.24	49.592	170.21	26.035	146.18	2.4797	134.16	103.5	Lt 8
3~4	233.32	89.516	183.63	39.862	158.78	15.036	133.94	9.79	121.51	121.5	Lt 8
1~2	181.16	37.84	151.72	8.7276	137	5.8275	122.28	93.163	114.92	85.89	Lt 9

Berdasar tabel momen rencana balok dan jumlah tulangan balok pada masing-masing zona, terlihat bahwa jumlah tulangan balok di as A, B dan C di zona 1 lebih banyak dibandingkan dengan zona lainnya. Hal ini disebabkan karena pada zona 2,3,4 dan zona 5 gaya geser akibat gempa yang terjadi lebih kecil dibandingkan pada zona 1, sehingga momen yang terjadi juga kecil.

Untuk portal as I sampai dengan as VII jumlah tulangan balok pada tiap zona sama. Hal ini disebabkan karena bentang pada arah X panjang, sehingga momen akibat beban mati dan beban hidup lebih dominan daripada momen akibat beban mati, beban hidup dan beban gempa. Atau dengan kata lain bahwa  $(1,2W_D+1,6W_L)$  lebih dominan dibandingkan  $1,05(W_D+W_L+W_E)$ .

**Tabel 6.2** Tulangan balok portal as A-I & as A-IV

BLK	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		Zona 5		Ket
	Neg	Pos	Neg	Pos	Neg	Pos	Neg	Pos	Neg	Pos	
1~2	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 1
3~4	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 1
1~2	8 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 2
3~4	8 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	6 D25	3 D25	Lt 2
1~2	9 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 3
3~4	8 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 3
1~2	8 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 4
2~3	8 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 4
3~4	8 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 4
1~2	8 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 5
3~4	8 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 5
1~2	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 6
3~4	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 6
1~2	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 7
3~4	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 7
1~2	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 8
3~4	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 8
1~2	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 9
1~2	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 10
3~4	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 10

Tabel 6.3 Tulangan balok untuk portal as A-I dan as A-IV

BLK	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		Zona 5		Ket
	Neg	Pos	Neg	Pos	Neg	Pos	Neg	Pos	Neg	Pos	
1~2	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 1
2~3	7 D25	3 D25	6 D25	4 D25	6 D25	4 D25	6 D25	4 D25	5 D25	4 D25	Lt 1
3~4	7 D25	4 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 1
1~2	8 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 2
2~3	8 D25	3 D25	6 D25	4 D25	6 D25	4 D25	6 D25	4 D25	5 D25	4 D25	Lt 2
3~4	8 D25	4 D25	6 D25	4 D25	6 D25	4 D25	6 D25	4 D25	6 D25	4 D25	Lt 2
1~2	9 D25	4 D25	7 D25	4 D25	6 D25	4 D25	6 D25	4 D25	5 D25	4 D25	Lt 3
2~3	9 D25	4 D25	7 D25	4 D25	6 D25	4 D25	6 D25	4 D25	5 D25	4 D25	I + 3
3~4	9 D25	4 D25	7 D25	4 D25	6 D25	4 D25	7 D25	4 D25	5 D25	4 D25	Lt 3
1~2	9 D25	4 D25	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 4
2~3	8 D25	3 D25	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 4
3~4	8 D25	3 D25	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 4
1~2	8 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 5
2~3	8 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 5
3~4	8 D25	3 D25	6 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 5
1~2	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 6
2~3	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 6
3~4	7 D25	3 D25	6 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 6
1~2	7 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	Lt 7
2~3	7 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 7
3~4	7 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 7
1~2	7 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 8
2~3	7 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 8
3~4	7 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 8
1~2	7 D25	3 D25	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 9
2~3	7 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 9
3~4	7 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 9
1~2	7 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 10
2~3	7 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 10
3~4	7 D25	3 D25	5 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	4 D25	3 D25	Lt 10

### 6.1.2 Desain Tulangan Geser Balok

Balok menerima momen lentur dan gaya geser akibat beban-beban yang terjadi. Oleh karena itu diperlukan tulangan geser dengan persyaratan tertentu.

**Tabel 6.4** Tulangan geser balok portal as A (daktilitas penuh)

Blk	Daerah Sendi Plastis										Di luar sendi plastis					Ket					
	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		Zona 5		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5						
1~2	φ10	60	φ10	55	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	110	φ10	120	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 1
3~4	φ10	60	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	95	φ10	110	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 1
1~2	φ10	55	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	100	φ10	120	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 2
3~4	φ10	55	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	85	φ10	110	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 2
1~2	φ10	50	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	90	φ10	120	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 3
3~4	φ10	55	φ10	65	φ10	55	φ10	65	φ10	65	φ10	85	φ10	110	φ10	85	φ10	110	φ10	110	Lt 3
1~2	φ10	55	φ10	65	φ10	55	φ10	65	φ10	65	φ10	100	φ10	120	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 4
3~4	φ10	55	φ10	65	φ10	55	φ10	65	φ10	65	φ10	85	φ10	110	φ10	85	φ10	110	φ10	110	Lt 4
1~2	φ10	55	φ10	65	φ10	55	φ10	65	φ10	65	φ10	100	φ10	120	φ10	100	φ10	110	φ10	110	Lt 5
3~4	φ10	55	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	85	φ10	110	φ10	85	φ10	110	φ10	110	Lt 5
1~2	φ10	60	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	105	φ10	120	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 6
3~4	φ10	60	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	95	φ10	110	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 6
1~2	φ10	60	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	105	φ10	120	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 7
3~4	φ10	60	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	95	φ10	110	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 7
1~2	φ10	60	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	105	φ10	120	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 8
3~4	φ10	60	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	95	φ10	110	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 8
1~2	φ10	60	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	105	φ10	120	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 9
3~4	φ10	60	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	65	φ10	95	φ10	110	φ10	110	φ10	110	φ10	110	Lt 9
1~2	φ10	100	φ10	90	φ10	110	φ10	110	φ10	90	φ10	200	φ10	200	φ10	200	φ10	155	φ10	150	Lt 10
2~3	φ10	80	φ10	90	φ10	90	φ10	90	φ10	90	φ10	155	φ10	155	φ10	125	φ10	155	φ10	150	Lt 10
3~4	φ10	80	φ10	90	φ10	90	φ10	90	φ10	90	φ10	155	φ10	155	φ10	125	φ10	155	φ10	150	Lt 10

Tabel 6.5 Tulangan geser balok portal as B (zona 1)

Blk	Daerah Sendi Plastis										Di luar sendi plastis										Ket
	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		Zona 5		Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		Zona 5		
1~2	φ10	55	φ10	60	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	95	φ10	110	φ10	110	φ10	100	φ10	110	Lt 1
3~4	φ10	55	φ10	60	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	80	φ10	95	φ10	95	φ10	85	φ10	95	Lt 1
1~2	φ10	45	φ10	60	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	80	φ10	100	φ10	100	φ10	85	φ10	100	Lt 2
3~4	φ10	50	φ10	60	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	75	φ10	95	φ10	95	φ10	85	φ10	95	Lt 2
1~2	φ10	45	φ10	55	φ10	55	φ10	55	φ10	55	φ10	75	φ10	90	φ10	100	φ10	85	φ10	100	Lt 3
3~4	φ10	45	φ10	55	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	65	φ10	80	φ10	90	φ10	80	φ10	90	Lt 3
1~2	φ10	45	φ10	55	φ10	55	φ10	55	φ10	55	φ10	75	φ10	90	φ10	100	φ10	85	φ10	100	Lt 4
3~4	φ10	50	φ10	66	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	65	φ10	80	φ10	95	φ10	85	φ10	90	Lt 4
1~2	φ10	50	φ10	55	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	85	φ10	85	φ10	100	φ10	95	φ10	100	Lt 5
3~4	φ10	50	φ10	55	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	75	φ10	85	φ10	95	φ10	85	φ10	90	Lt 5
1~2	φ10	50	φ10	55	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	85	φ10	85	φ10	100	φ10	95	φ10	100	Lt 6
3~4	φ10	55	φ10	55	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	80	φ10	85	φ10	95	φ10	85	φ10	90	Lt 6
1~2	φ10	50	φ10	55	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	90	φ10	85	φ10	100	φ10	95	φ10	100	Lt 7
3~4	φ10	55	φ10	55	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	80	φ10	85	φ10	95	φ10	85	φ10	90	Lt 7
1~2	φ10	50	φ10	55	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	90	φ10	85	φ10	100	φ10	95	φ10	100	Lt 8
3~4	φ10	55	φ10	55	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	80	φ10	85	φ10	95	φ10	85	φ10	90	Lt 8
1~2	φ10	50	φ10	55	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	90	φ10	85	φ10	100	φ10	95	φ10	100	Lt 9
3~4	φ10	55	φ10	55	φ10	60	φ10	55	φ10	60	φ10	80	φ10	85	φ10	95	φ10	85	φ10	90	Lt 9
1~2	φ10	65	φ10	65	φ10	75	φ10	65	φ10	75	φ10	130	φ10	140	φ10	125	φ10	140	φ10	125	Lt 10
3~4	φ10	65	φ10	70	φ10	75	φ10	65	φ10	75	φ10	110	φ10	120	φ10	125	φ10	120	φ10	125	Lt 10

Berdasarkan Tabel , terlihat bahwa jarak spasi tulangan geser balok pada zona 1 lebih rapat dibandingkan dengan zona-zona lainnya. Hal ini berdasarkan perhitungan gaya geser ultimit balok yang berbanding lurus dengan momen kapasitas balok, sehingga pada zona 1 diperoleh momen kapasitas balok relatif lebih besar dibanding zona lainnya dan akan menghasilkan gaya geser yang lebih besar serta jarak tulangan yang lebih rapat.

### 6.1.3 Desain Kolom

Momen rencana kolom didapat dengan mengalikan momen kapasitas balok dengan koefisien tertentu sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 dimana momen kapasitas balok diperoleh dengan mengalikan momen nominal aktual balok dengan koefisien sebesar 1,25 untuk menjamin terbentuknya mekanisme *strong column, weak beam*.

**Tabel 6.6** Momen rencana kolom portal as A-I dan as A-IV

Ko- Lom	Letak	Momen rencana kolom dengan kombinasi momen					Ket
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	
1	Tepi	735.47	520.35	412.79	305.23	251.455	kolom lt 1
4	Tengah	282.22	195.38	151.96	108.54	86.835	kolom lt 1
22	Tepi	783.22	593.61	482.53	482.53	482.529	kolom lt 2
25	Tengah	1376.2	1139.2	1000.4	1000.4	1139.22	kolom lt 2
43	Tepi	916.42	630.22	630.22	512.29	512.286	kolom lt 3
46	Tengah	1025.5	853.52	853.52	851.93	752.762	kolom lt 3
64	Tepi	533.3	404.19	404.2	328.56	328.56	kolom lt 4
67	Tengah	784.36	652.82	575.75	575.75	575.756	kolom lt 4
85	Tepi	462.75	350.72	285.09	285.09	285.091	kolom lt 5
88	Tengah	727.38	605.4	533.93	455.09	533.929	kolom lt 5
106	Tepi	485	416.27	339.93	339.93	339.927	kolom lt 6
109	Tengah	738.69	667.73	588.9	588.9	588.9	kolom lt 6
127	Tepi	511.2	438.76	358.29	236.25	358.29	kolom lt 7
130	Tengah	830.91	751.09	662.42	662.42	564.609	kolom lt 7
148	Tepi	433.28	371.88	303.68	228.44	228.442	kolom lt 8
151	Tengah	964.03	868.58	766.04	652.92	652.926	kolom lt 8
169	Tepi	369.11	316.8	194.61	194.61	194.608	kolom lt 9
172	Tengah	982.21	887.84	667.41	667.41	667.41	kolom lt 9
190	Tepi	271.48	201.25	166.14	131.02	113.462	kolom lt 10
193	Tengah	538.9	373.09	290.18	207.27	165.816	kolom lt 10

**Tabel 6.7** Momen rencana kolom portal as B-I dan as B-IV

Ko- lom	Letak	Momen rencana kolom dengan kombinasi momen					Ket
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	
8	Tepi	256.786	177.775	138.268	98.764	79.0098	kolom lt 1
11	Tengah	245.791	170.163	132.348	94.5348	75.6268	kolom lt 1
29	Tepi	1616.45	925.297	924.199	924.197	860.903	kolom lt 2
32	Tengah	2594.51	1467.68	1467.67	1467.67	1467.68	kolom lt 2
50	Tepi	1827.34	1039.98	981.19	981.192	913.993	kolom lt 3
53	Tengah	2123.97	1287.18	1236.96	1287.19	1179.55	kolom lt 3
71	Tepi	1171.98	666.996	629.293	629.295	586.199	kolom lt 4
74	Tengah	1439.9	843.543	814.526	779.643	779.645	kolom lt 4
92	Tepi	948.161	427.434	427.435	403.129	403.132	kolom lt 5
95	Tengah	1335.3	687.108	687.107	657.68	657.679	kolom lt 5
113	Tepi	1000.15	272.678	256.346	256.342	256.345	kolom lt 6
116	Tengah	1398.69	587.488	562.33	562.331	562.331	kolom lt 6
134	Tepi	1054.19	117.227	117.228	117.23	117.224	kolom lt 7
137	Tengah	1573.31	457.594	457.598	457.597	433.439	kolom lt 7
155	Tepi	893.494	63.6494	63.6454	63.65	58.8644	kolom lt 8
156	Tengah	1861.04	363.168	363.17	346.681	346.681	kolom lt 8
157	Tengah	1406.57	371.155	371.16	354.305	354.307	kolom lt 8
158	Tengah	1817.84	306.966	306.969	290.205	290.203	kolom lt 8
176	Tepi	761.171	222.981	222.982	206.214	206.209	kolom lt 9
179	Tengah	1399.06	121.552	115.214	110.64	115.216	kolom lt 9
197	Tepi	455.642	347.592	293.574	455.642	212.533	kolom lt 10
200	Tengah	829.08	573.978	446.428	829.08	255.102	kolom lt 10

Momen rencana kolom maksimum terjadi pada zona 1, hal ini dikarenakan momen nominal aktual balok yang diperoleh pada zona 1 lebih besar dibandingkan zona lainnya dan momen nominal aktual itu sendiri mempengaruhi gaya geser.

### 6.1.4 Tulangan Geser Kolom

Diameter dan spasi tulangan geser kolom terpakai sepanjang daerah  $l_o$  maupun di luar daerah  $l_o$  dapat dilihat pada tabel tulangan geser kolom.

**Tabel 6.8** Tulangan geser kolom portal as A-I s/d A-IV

Klm	Daerah $l_o$					Di luar daerah $l_o$					Ket										
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5											
1	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$50$	Lt 1
4	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$25$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$50$	Lt 1
22	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$25$	$\phi 10$	$25$	$\phi 10$	$25$	$\phi 10$	$75$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$75$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$100$	Lt 2
25	$\phi 10$	$5$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$25$	$\phi 10$	$25$	$\phi 10$	$30$	Lt 2
43	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$25$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$100$	$\phi 10$	$100$	Lt 3
46	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$25$	$\phi 10$	$25$	$\phi 10$	$25$	$\phi 10$	$25$	Lt 3
64	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$25$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$75$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$75$	$\phi 10$	$100$	$\phi 10$	$100$	Lt 4
67	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$45$	$\phi 10$	$45$	$\phi 10$	$45$	Lt 4
85	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$100$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$55$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$75$	Lt 5
88	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$55$	$\phi 10$	$100$	$\phi 10$	$50$	Lt 5
106	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$100$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$55$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$70$	Lt 6
109	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$55$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$50$	Lt 6
127	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$100$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$55$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$50$	Lt 7
130	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$55$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$100$	Lt 7
148	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$45$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$40$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$30$	Lt 8
151	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$55$	$\phi 10$	$100$	$\phi 10$	$100$	Lt 8
169	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$30$	$\phi 10$	$45$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$75$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$35$	Lt 9
172	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$40$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$100$	$\phi 10$	$100$	Lt 9
190	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$25$	$\phi 10$	$35$	$\phi 10$	$100$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$55$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$50$	Lt 10
193	$\phi 10$	$10$	$\phi 10$	$15$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$20$	$\phi 10$	$40$	$\phi 10$	$50$	$\phi 10$	$55$	$\phi 10$	$100$	$\phi 10$	$100$	Lt 10



**Tabel 6.9** Tulangan geser kolom portal as B-I s/d B-IV

Klm	Daerah Io					Di luar daerah Io					Ket
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	
8	φ12 5	φ12 10	φ12 10	φ12 15	φ12 20	φ12 10	φ12 15	φ12 30	φ12 50	φ12 100	Lt 1
11	φ12 5	φ12 5	φ12 10	φ12 15	φ12 15	φ12 5	φ12 10	φ12 20	φ12 50	φ12 100	Lt 1
29	φ12 5	φ12 10	φ12 15	φ12 20	φ12 25	φ12 10	φ12 25	φ12 50	φ12 100	φ12 100	Lt 2
32	φ12 5	φ12 5	φ12 10	φ12 15	φ12 15	φ12 5	φ12 10	φ12 20	φ12 45	φ12 100	Lt 2
50	φ12 10	φ12 10	φ12 15	φ12 25	φ12 25	φ12 15	φ12 35	φ12 50	φ12 100	φ12 100	Lt 3
53	φ12 5	φ12 5	φ12 10	φ12 15	φ12 15	φ12 5	φ12 10	φ12 20	φ12 45	φ12 100	Lt 3
71	φ12 10	φ12 15	φ12 15	φ12 25	φ12 30	φ12 20	φ12 50	φ12 100	φ12 100	φ12 50	Lt 4
74	φ12 5	φ12 5	φ12 10	φ12 15	φ12 20	φ12 5	φ12 15	φ12 20	φ12 50	φ12 100	Lt 4
92	φ12 10	φ12 15	φ12 15	φ12 25	φ12 30	φ12 25	φ12 60	φ12 100	φ12 100	φ12 50	Lt 5
95	φ12 5	φ12 5	φ12 10	φ12 15	φ12 20	φ12 10	φ12 15	φ12 25	φ12 50	φ12 100	Lt 5
113	φ12 10	φ12 20	φ12 20	φ12 30	φ12 35	φ12 35	φ12 100	φ12 100	φ12 50	φ12 50	Lt 6
116	φ12 5	φ12 10	φ12 10	φ12 20	φ12 25	φ12 10	φ12 20	φ12 40	φ12 100	φ12 100	Lt 6
134	φ12 10	φ12 20	φ12 20	φ12 35	φ12 35	φ12 60	φ12 100	φ12 100	φ12 50	φ12 45	Lt 7
137	φ12 5	φ12 10	φ12 15	φ12 20	φ12 30	φ12 15	φ12 30	φ12 50	φ12 100	φ12 70	Lt 7
155	φ12 20	φ12 30	φ12 30	φ12 50	φ12 50	φ12 100	φ12 95	φ12 50	φ12 40	φ12 35	Lt 8
158	φ12 10	φ12 15	φ12 20	φ12 30	φ12 35	φ12 25	φ12 50	φ12 50	φ12 50	φ12 50	Lt 8
176	φ12 30	φ12 30	φ12 45	φ12 45	φ12 50	φ12 75	φ12 50	φ12 40	φ12 30	φ12 30	Lt 9
177	φ12 15	φ12 15	φ12 30	φ12 45	φ12 50	φ12 100	φ12 100	φ12 50	φ12 35	φ12 35	Lt 9
200	φ12 35	φ12 55	φ12 50	φ12 100	φ12 100	φ12 50	φ12 40	φ12 30	φ12 25	φ12 25	Lt 10

Spasi tulangan geser kolom di daerah zona 1 lebih rapat dibandingkan zona lainnya. Hal ini dikarenakan gaya geser yang terjadi pada kolom di zona 1 paling besar dibandingkan zona lainnya sehingga untuk menahan gaya geser yang besar diperlukan spasi tulangan geser yang rapat.

**Tabel 6.11** Jumlah lapis tulangan geser horizontal pertemuan balok kolom portal as B-I dan as B-IV

Ko- lom	Letak	$\Sigma$ lapis tul geser horz dgn kombinasi momen balok					KET
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	
1	Tepi	4	3	4	4	1	kolom lt 1
4	Tengah	1	4	2	2	2	kolom lt 1
22	Tepi	4	4	4	4	4	kolom lt 2
25	Tengah	1	5	2	2	2	kolom lt 2
43	Tepi	5	4	5	5	5	kolom lt 3
46	Tengah	2	5	3	3	3	kolom lt 3
64	Tepi	5	5	5	5	5	kolom lt 4
67	Tengah	1	6	3	3	3	kolom lt 4
85	Tepi	6	5	6	6	6	kolom lt 5
88	Tengah	2	6	4	4	4	kolom lt 5
106	Tepi	6	5	6	6	6	kolom lt 6
109	Tengah	2	7	4	4	4	kolom lt 6
127	Tepi	7	6	7	7	7	kolom lt 7
130	Tengah	3	8	5	5	5	kolom lt 7
148	Tepi	8	7	8	8	8	kolom lt 8
151	Tengah	4	10	5	5	6	kolom lt 8
169	Tepi	6	6	6	6	7	kolom lt 9
172	Tengah	4	8	8	8	8	kolom lt 9
190	Tepi	5	5	5	5	5	kolom lt 10
193	Tengah	3	8	5	5	5	kolom lt 10

### 6.1.6 Momen Kapasitas Balok Dan Momen Nominal Kolom

Sesuai dengan konsep *strong column weak beam* dengan *beam sway mechanism* yang diinginkan adalah pada balok, maka tentunya kekuatan kolom harus lebih besar dibandingkan balok untuk menjamin terbentuknya mekanisme goyang pada balok tersebut. SKSNI T-15-1991-03 mensyaratkan dalam perhitungan momen ultimit kolom dengan berdasarkan pada momen kapasitas kolom, dengan demikian momen ultimit kolom dan momen kapasitas balok akan berbanding lurus.

**Tabel 6.12** Momen kapasitas balok dan momen nominal kolom as A-I dan as A-IV

Lt	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		Zona 5		KET
	<i>M<sub>kap,b</sub></i> (kNm)	<i>M<sub>nk</sub></i> (kNm)	<i>M<sub>kap,b</sub></i> (kNm)	<i>M<sub>nk</sub></i> (kNm)	<i>M<sub>kap,b</sub></i> (kNm)	<i>M<sub>nk</sub></i> (kNm)	<i>M<sub>kap,b</sub></i> (kNm)	<i>M<sub>nk</sub></i> (kNm)	<i>M<sub>kap,b</sub></i> (kNm)	<i>M<sub>nk</sub></i> (kNm)	
1	620.9	2231.3	540.6	800.53	327.66	635.06	457	469.59	372	386.9	Tepi
1	620.9	1049.2	540.6	824.97	327.66	648.25	457	600.78	372	544.73	Tengah
2	697.6	1299.8	540.6	1086	457	972.51	457	972.51	457	972.5	Tepi
2	697.6	2213.3	540.6	1719.8	457	1577.9	457	1577.9	540.6	1719.8	Tengah
3	769.9	1484.6	540.6	1152.9	540.6	1152.9	457	1032.5	457	1032.5	Tepi
3	697.6	1633.8	540.6	1262	540.6	1262	540.6	1259.6	457	1159	Tengah
4	697.6	885.05	540.6	739.45	540.6	739.45	457	662.19	457	662.19	Tepi
4	697.6	1249.6	540.6	965.22	457	886.5	457	886.5	457	886.5	Tengah
5	697.6	1206.1	540.6	641.63	457	574.58	457	574.58	457	574.58	Tepi
5	697.6	1621.2	540.6	895.1	457	822.1	372	747.17	457	822.1	Tengah
6	620.9	1365.5	540.6	744.81	457	666.83	372	666.83	457	666.83	Tepi
6	620.9	1756.9	540.6	987.26	457	906.74	457	906.74	457	906.74	Tengah
7	620.9	1439.3	540.6	785.05	457	702.86	457	463.45	457	702.86	Tepi
7	620.9	1976.2	540.6	1110.5	457	1019.9	457	1019.9	372	926.98	Tengah
8	620.9	1219.9	540.6	665.39	457	595.72	372	524.22	372	524.22	Tepi
8	620.9	2292.8	540.6	1284.2	457	1179.5	372	1072	372	1072	Tengah
9	620.9	1039.3	540.6	566.85	372	446.58	372	446.58	372	446.58	Tepi
9	620.9	2994	540.6	1312.7	372	1095.8	372	1095.8	372	1095.8	Tengah
10	620.9	1010.7	540.6	814.65	372	716.63	372	618.6	372	569.59	Tepi
10	620.9	1816.9	540.6	573.98	372	446.43	372	971.34	372	865.64	Tengah

### 6.1.5 Pertemuan Balok Kolom

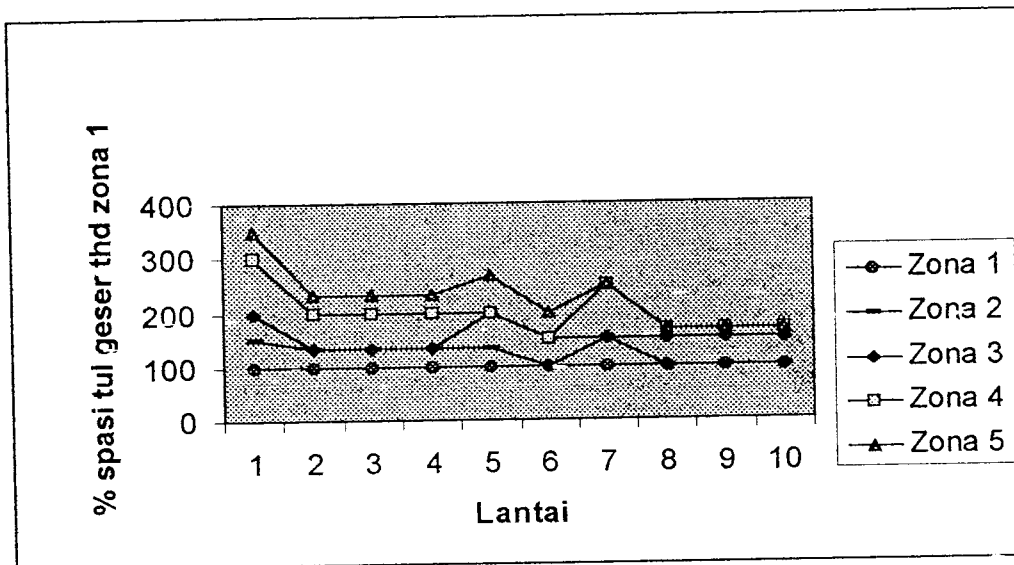
SKSNI mensyaratkan penulangan geser horizontal dan vertikal pada pertemuan balok kolom. Setelah dilakukan desain ternyata tidak memerlukan penulangan geser vertikal pada pertemuan balok kolom.

**Tabel 6.10** Jumlah lapis tulangan geser horizontal pertemuan balok kolom portal as A-I dan as A-IV

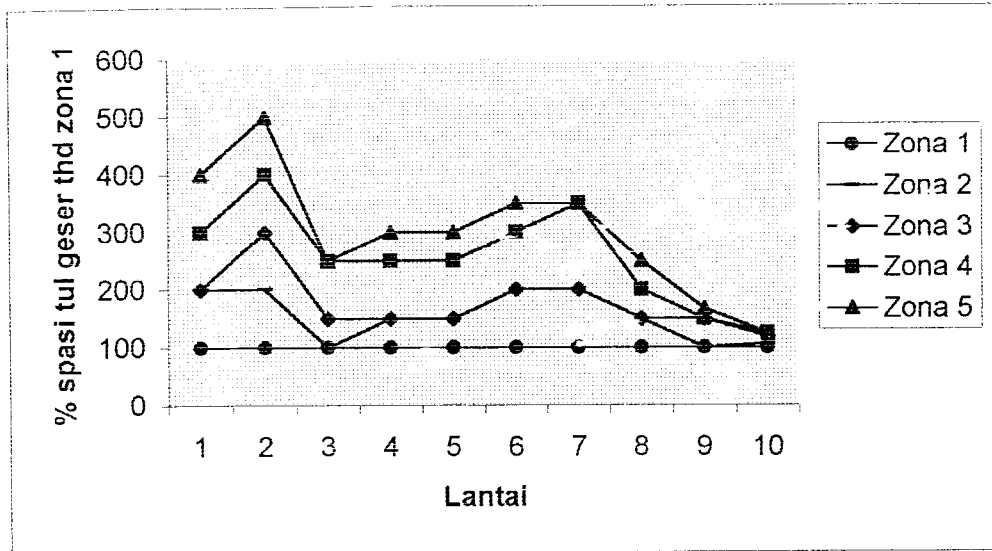
Ko- Lom	Letak	$\Sigma$ lapis tul geser horz dgn kombinasi momen balok					KET
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	
1	Tepi	1	1	1	1	1	kolom lt 1
4	Tengah	1	1	1	1	2	kolom lt 1
22	Tepi	2	2	2	2	2	kolom lt 2
25	Tengah	2	1	1	1	1	kolom lt 2
43	Tepi	2	2	2	2	2	kolom lt 3
46	Tengah	2	1	1	1	1	kolom lt 3
64	Tepi	2	2	2	2	2	kolom lt 4
67	Tengah	3	2	1	1	1	kolom lt 4
85	Tepi	3	3	3	3	3	kolom lt 5
88	Tengah	3	2	1	1	1	kolom lt 5
106	Tepi	4	4	4	4	4	kolom lt 6
109	Tengah	4	3	2	3	2	kolom lt 6
127	Tepi	3	3	3	3	3	kolom lt 7
130	Tengah	4	3	2	3	2	kolom lt 7
148	Tepi	3	3	3	3	3	kolom lt 8
151	Tengah	3	2	2	1	1	kolom lt 8
169	Tepi	2	2	2	2	2	kolom lt 9
172	Tengah	3	2	1	1	1	kolom lt 9
190	Tepi	2	2	2	2	2	kolom lt 10
193	Tengah	2	1	2	1	2	kolom lt 10

### 6.1.7 Perbandingan spasi tulangan geser untuk semua zona

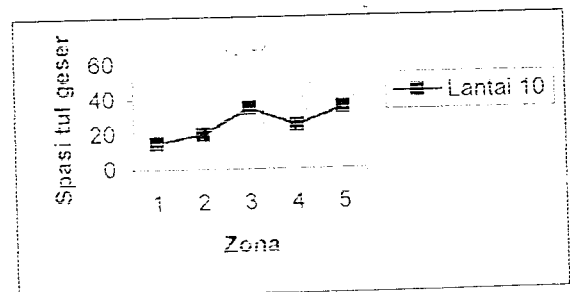
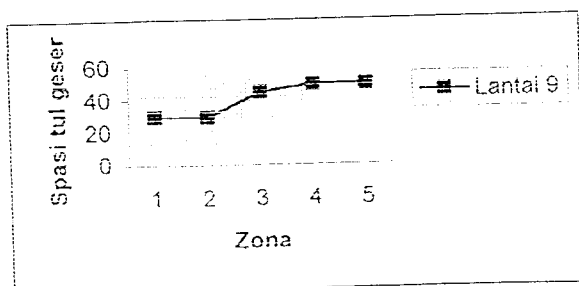
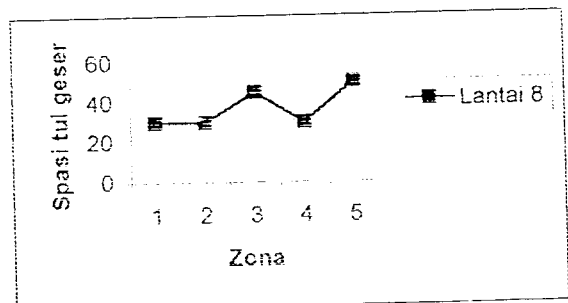
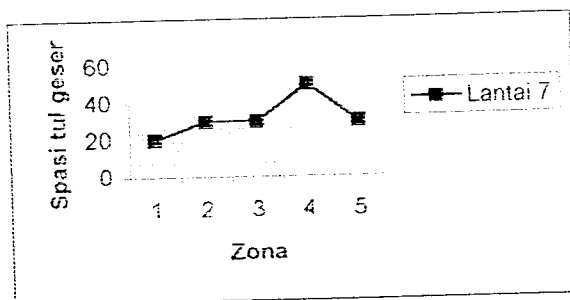
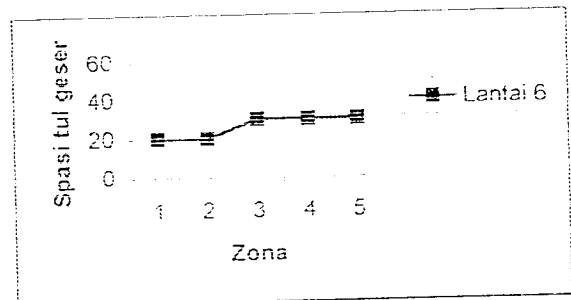
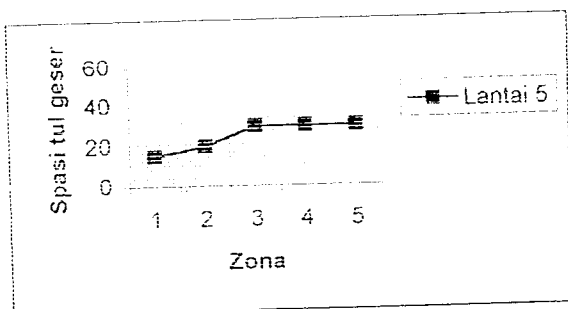
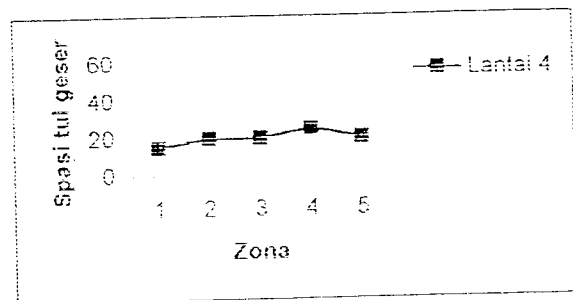
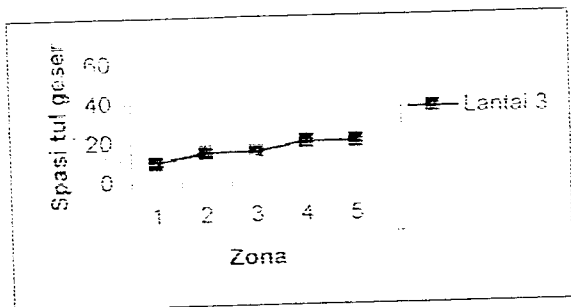
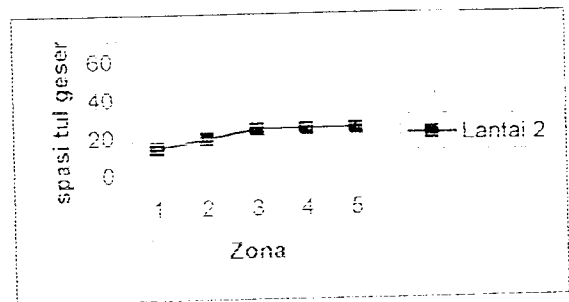
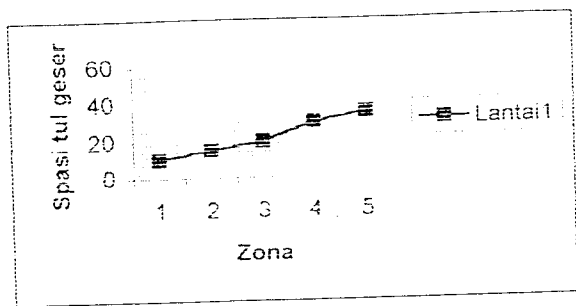
Berdasarkan tabel perbandingan spasi tulangan geser untuk semua zona, diperoleh hasil bahwa untuk zona 2 spasi tulangan geser pada kolom dasar adalah sebesar 150 % (jika zona 1 dianggap 100 %), atau dengan kata lain bahwa spasi tulangan geser pada kolom dasar di zona 2 adalah 1,5 kali lipat spasi tulangan geser pada kolom dasar di zona 1. Sedangkan untuk zona 3 adalah sebesar 200 %, zona 4 sebesar 300 % dan untuk zona 5 sebesar 350 %.



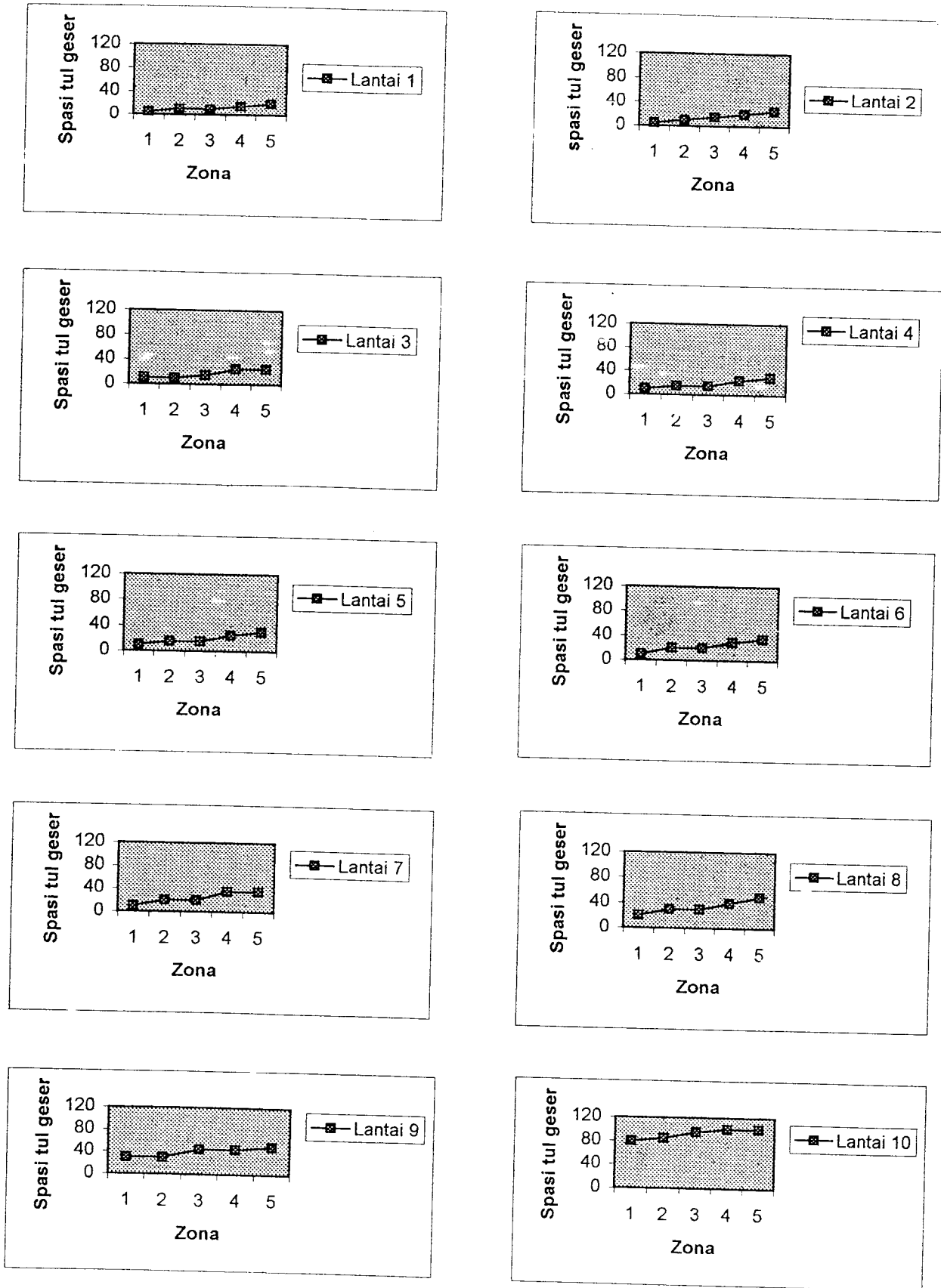
**Gambar 6.1** Perbandingan spasi tulangan geser semua zona (daktilitas penuh)



Gambar 6.2 Perbandingan spasi tulangan geser seluruh zona (as B)

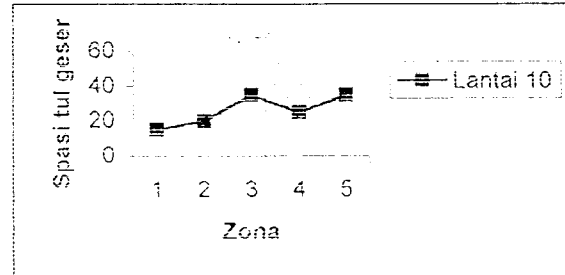
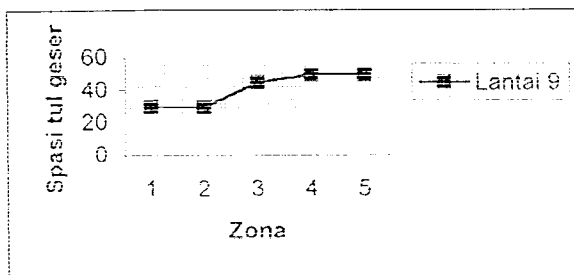
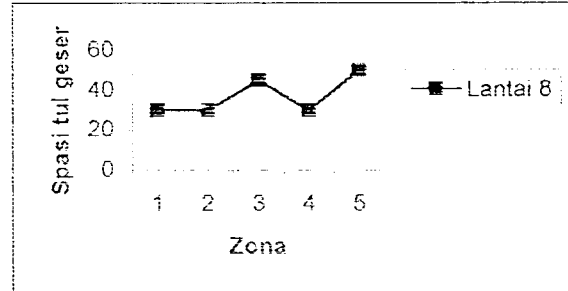
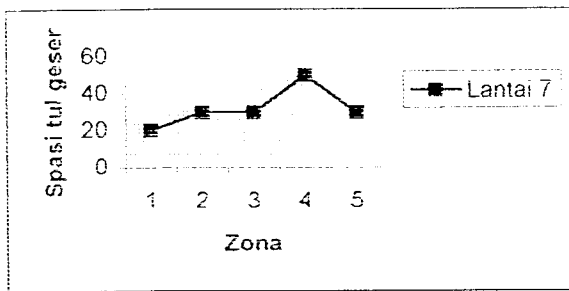
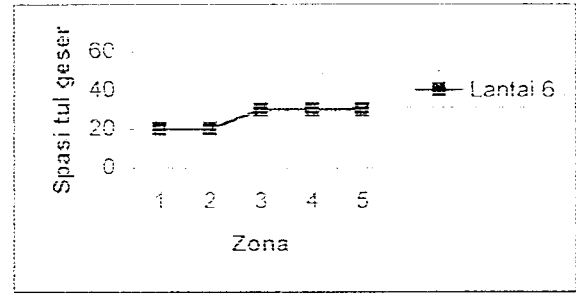
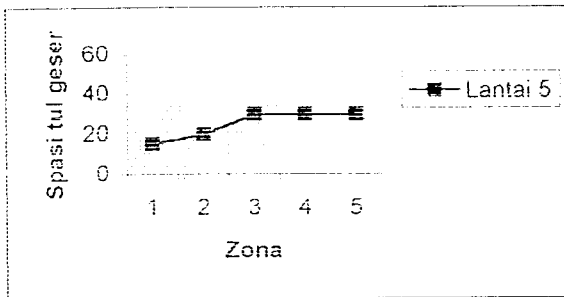
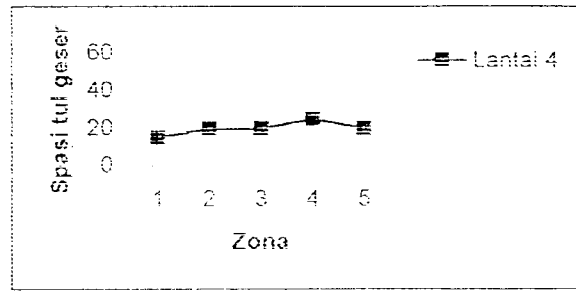
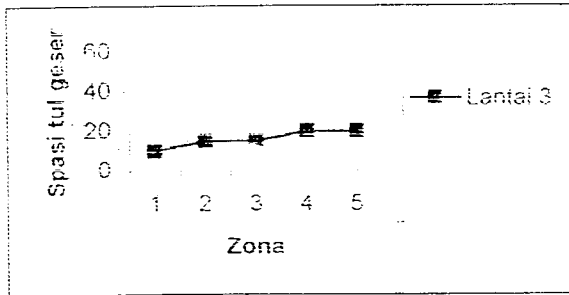
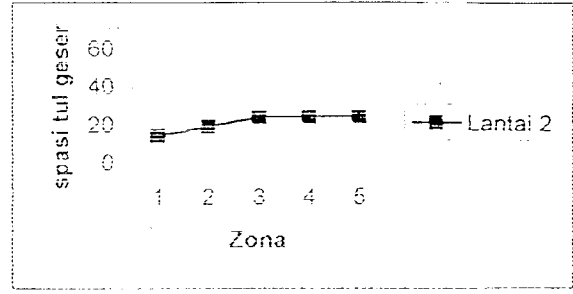
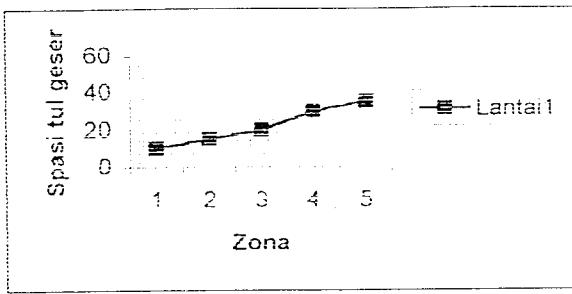


Gambar 6.4 Perbandingan spasi tulangan geser (mm) semua zona untuk tiap-tiap lantai (as A)



Gambar 6.5 Perbandingan spasi tulangan geser (mm) semua zona untuk tiap-tiap lantai (as B)





Gambar 6.4 Perbandingan spasi tulangan geser (mm) semua zona untuk tiap-tiap lantai (as A)

## 6.2 Pembahasan

Sengkang sebagai tulangan geser dalam menahan gaya geser yang terjadi mempunyai kemampuan yang sangat dipengaruhi oleh :

1. luas tulangan sengkang yang digunakan,
2. mutu baja dari sengkang yang akan digunakan,
3. besarnya gaya geser yang terjadi,
4. tinggi efektif dari penampang kolom yang digunakan, dan
5. spasi ( $s$ ) atau tingkat kerapatan sengkang yang digunakan dalam menahan gaya geser.

Kelima hal tersebut mempunyai pengaruh terhadap tahanan geser yang mampu diberikan oleh sengkang ( $V_s$ ) terutama pada bagian bawah dari struktur kolom lantai dasar yang memungkinkan terjadinya sendi plastis dimana kontribusi beton dalam menahan geser,  $V_c=0$ , tetapi dengan mengingat sifat dari bahan beton yang relatif getas, maka meskipun pada bagian lain dari kolom dimana kontribusi dari beton dalam menahan gaya geser tetap diperhitungkan, kolom sebagai bagian dari suatu elemen struktur yang memikul beban kombinasi berupa momen dan gaya aksial yang besar akibat pengaruh dari beban dinamis gempa (beban siklis), kemampuan beton dalam menahan geser akibat sifat pembebanan seperti di atas tidak dapat diharapkan.

Oleh karena itu, untuk menghindari keruntuhan getas akibat beban geser yang besar pada seluruh tinggi kolom harus dipasang sengkang dengan jarak spasi yang tidak terlalu besar. Meskipun demikian penggunaan jarak spasi yang terlalu rapat tidak disarankan karena hal ini akan mengakibatkan kesulitan dalam

pekerjaan pengecoran beton maupun pekerjaan pemasangan tulangan balok ke kolom.

Selain itu apabila point 1,2 dan point 3 sama, sedangkan point 3 dan point 4 berbeda untuk masing-masing zona, maka besarnya gaya geser yang terjadi, serta spasi tulangan geser yang diperoleh pada masing-masing zona berbeda, yaitu semakin besar zona, maka koefisien gempa dasar yang diperoleh semakin kecil, sehingga gaya geser yang diperoleh juga semakin kecil serta spasi tulangan gesernya semakin renggang.

Meskipun demikian, hasil yang diperoleh dari perhitungan gaya geser dan sengkang yang digunakan menunjukkan bahwa kemampuan kolom dalam menahan geser tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya gaya geser yang terjadi, tetapi juga dipengaruhi oleh gaya aksial yang bekerja pada kolom tersebut.

Gaya geser yang terjadi pada kolom merupakan fungsi dari momen yang terjadi pada kolom tersebut akibat mekanisme goyangan dari balok sebagai suatu elemen struktur yang berfungsi menyerap dan memencarkan energi gempa (konsep desain kapasitas). Mekanisme goyangan dari balok mempengaruhi besarnya momen yang bekerja pada kolom, sehingga kolom yang dirancang lebih kuat dari balok (*strong column weak beam*) selain menaahan momen juga menerima gaya geser yang terjadi akibat momen nominal aktual yang disediakan oleh balok dan gaya geser yang terjadi akibat beban dinamis gempa.

Jadi jelas di sini bahwa untuk memperoleh kolom struktur yang kuat diperlukan tulangan geser yang memadai (disamping tulangan utama) dimana banyak faktor yang mempengaruhi diperolehnya hal tersebut.

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan merupakan pernyataan singkat dan tepat yang didapat dari hasil penelitian. Sedangkan saran dibuat berdasarkan kesimpulan yang diperoleh dan pertimbangan penulis yang didasari dengan kenyataan dari hasil penelitian.

#### **7.1 Kesimpulan**

Setelah melakukan penelitian numeris mengenai tulangan geser kolom pada zona 1 sampai dengan zona 6, kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut ini.

1. Semakin besar zona, maka luas tulangan geser yang diperoleh semakin kecil. Bila digunakan diameter tulangan yang sama, maka akan diperoleh jarak / spasi tulangan geser yang semakin renggang.
2. Spasi tulangan geser pada kolom lantai dasar lebih rapat dibandingkan spasi tulangan geser kolom lantai di atasnya. Hal ini berlaku untuk semua zona.

#### **7.2 Saran**

Setelah melakukan penelitian numeris ini, ada beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian berikutnya. Saran tersebut adalah sebagai berikut ini.

1. Desain tulangan geser kolom perlu memperhatikan spasi tulangan geser kolom khususnya pada kolom dasar yang diposisikan

sebagai tempat terjadinya sendi plastis, untuk menghindari kegagalan geser pada kolom dasar.

2. Penelitian numeris ini dilakukan dengan tinjauan bangunan di atas tanah lunak dan menggunakan analisis statik ekuivalen. Oleh karena itu dapat saja dilakukan penelitian numeris lainnya dengan tinjauan bangunan terletak di atas tanah keras dan menggunakan analisis dinamis.
3. Bangunan yang digunakan pada penelitian ini adalah simetris, maka dapat dilakukan penelitian kembali dengan bangunan yang tidak simetris, sehingga akan memperhitungkan torsi.
4. Pada penelitian ini ukuran balok dan kolom untuk bentang arah X maupun arah Y dibuat sama, sehingga bisa dilakukan penelitian kembali dengan ukuran balok dan ukuran kolom yang berbeda-beda.

## DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum, 1987, **PEDOMAN PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA UNTUK RUMAH DAN GEDUNG**, Yayasan LPMB, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, 1983, **PEDOMAN PERENCANAAN UNTUK STRUKTUR BETON BERTULANG BIASA DAN STRUKTUR TEMBOK BERTULANG UNTUK GEDUNG**, Yayasan LPMB, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, 1983, **PERATURAN PEMBEBANAN INDONESIA UNTUK GEDUNG**, Yayasan LPMB, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, 1989, **ULASAN PEDOMAN BETON : STANDAR KONSTRUKSI BANGUNAN INDONESIA**, Yayasan LPMB, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, 1991, **STANDAR SK SNI T-15-1991-03: TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG**, Yayasan LPMB, Bandung.

Dipohusodo, I., 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Ferguson, P.M., 1986, **DASAR-DASAR BETON BERTULANG**, edisi ke-4, Erlangga, Jakarta.

# LAMPIRAN 1

TUGAS AKHIR PORTAL 3D DGN DAKTILITAS PENUH PD ZONA 1 (KN-M)

SYSTEM

L=4 :ADA 4 KONDISI PEMBEBANAN

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
7	X=36	Y=0	Z=0	
15	X=0	Y=16	Z=0	
21	X=36	Y=16	Z=0	Q=1,7,15,21,1,7
22	X=0	Y=0	Z=3.5	
28	X=36	Y=0	Z=3.5	
36	X=0	Y=16	Z=3.5	
42	X=36	Y=16	Z=3.5	Q=22,28,36,42,1,7
43	X=0	Y=0	Z=7	
49	X=36	Y=0	Z=7	
57	X=0	Y=16	Z=7	
63	X=36	Y=16	Z=7	Q=43,49,57,63,1,7
64	X=0	Y=0	Z=10.5	
70	X=36	Y=0	Z=10.5	
78	X=0	Y=16	Z=10.5	
84	X=36	Y=16	Z=10.5	Q=64,70,78,84,1,7
85	X=0	Y=0	Z=14	
91	X=36	Y=0	Z=14	
99	X=0	Y=16	Z=14	
105	X=36	Y=16	Z=14	Q=85,91,99,105,1,7
106	X=0	Y=0	Z=17.5	
112	X=36	Y=0	Z=17.5	
120	X=0	Y=16	Z=17.5	
126	X=36	Y=16	Z=17.5	Q=106,112,120,126,1,7
127	X=0	Y=0	Z=21	
133	X=36	Y=0	Z=21	
141	X=0	Y=16	Z=21	
147	X=36	Y=16	Z=21	Q=127,133,141,147,1,7
148	X=0	Y=0	Z=24.5	
154	X=36	Y=0	Z=24.5	
162	X=0	Y=16	Z=24.5	
168	X=36	Y=16	Z=24.5	Q=148,154,162,168,1,7
169	X=0	Y=0	Z=28	
175	X=36	Y=0	Z=28	
183	X=0	Y=16	Z=28	
189	X=36	Y=16	Z=28	Q=169,175,183,189,1,7
190	X=0	Y=0	Z=31.5	
196	X=36	Y=0	Z=31.5	
204	X=0	Y=16	Z=31.5	
210	X=36	Y=16	Z=31.5	Q=190,196,204,210,1,7
211	X=0	Y=0	Z=35	
217	X=36	Y=0	Z=35	
225	X=0	Y=16	Z=35	
231	X=36	Y=16	Z=35	Q=211,217,225,231,1,7

RESTRAINTS

1 21 1 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

C CONTROL INFORMATION DATA

NM=2 NL=16 Nsec=3

C MATERIAL PROPERTIES

1 SH=R T=0.7,0.7 E=2.5743E7 W=0.7\*0.7\*24

2 SH=R T=0.5,0.3 E=2.5743E7 W=0.5\*0.3\*24

C SPAN LOADING DATA

1 WG=0,0,-9.18 PLD=4,-83.63,0 : BM ATAP PORTAL I(=PORTAL VII) ARAH Y

2 WG=0,0,-14.35 PLD=4,-142.97,0: BM LANTAI PORTAL I(=PORTAL VII) ARAH Y



486	191	198	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
487	192	199	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
488	193	200	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
489	194	201	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
490	195	202	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
491	196	203	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
C BEAM LANTAI 10						
499	211	212	M=2	G=5,1,1,1	NSL=13,15	LP=-2,0
505	218	219	M=2	G=5,1,1,1	NSL=9,11	LP=-2,0
511	225	226	M=2	G=5,1,1,1	NSL=13,15	LP=-2,0
517	211	218	M=2	G=1,7,7,7	NSL=1,3	LP=3,0
518	212	219	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
519	213	220	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
520	214	221	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
521	215	222	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
522	216	223	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
523	217	224	M=2	G=1,7,7,7	NSL=1,3	LP=3,0

## LOADS

## C GEMPA

## C ARAH X

22	36	7	F=27.958	L=3
43	57	7	F=55.916	L=3
64	78	7	F=83.874	L=3
85	99	7	F=111.832	L=3
106	120	7	F=139.79	L=3
127	141	7	F=167.748	L=3
148	162	7	F=195.706	L=3
169	183	7	F=223.664	L=3
190	204	7	F=251.622	L=3
211	225	7	F=149.774	L=3

## C ARAH Y

22	28	1	F=0,11.981	L=4
43	49	1	F=0,23.964	L=4
64	70	1	F=0,35.946	L=4
85	91	1	F=0,47.928	L=4
106	112	1	F=0,59.91	L=4
127	133	1	F=0,71.892	L=4
148	154	1	F=0,83.874	L=4
169	175	1	F=0,95.856	L=4
190	196	1	F=0,107.838	L=4
211	217	1	F=0,64.189	L=4

## COMBO

1	C=1,0,0,0
2	C=0,1,0,0
3	C=0,0,1,0
4	C=0,0,0,1

TUGAS AKHIR PORTAL 3D DGN DAKTILITAS PENUH PD ZONA 2 (KN-M)  
SYSTEM

L=4 :ADA 4 KONDISI PEMBEBANAN

JOINTS

1 X=0 Y=0 Z=0  
 7 X=36 Y=0 Z=0  
 15 X=0 Y=16 Z=0  
 21 X=36 Y=16 Z=0 Q=1,7,15,21,1,7  
 22 X=0 Y=0 Z=3.5  
 28 X=36 Y=0 Z=3.5  
 36 X=0 Y=16 Z=3.5  
 42 X=36 Y=16 Z=3.5 Q=22,28,36,42,1,7  
 43 X=0 Y=0 Z=7  
 49 X=36 Y=0 Z=7  
 57 X=0 Y=16 Z=7  
 63 X=36 Y=16 Z=7 Q=43,49,57,63,1,7  
 64 X=0 Y=0 Z=10.5  
 70 X=36 Y=0 Z=10.5  
 78 X=0 Y=16 Z=10.5  
 84 X=36 Y=16 Z=10.5 Q=64,70,78,84,1,7  
 85 X=0 Y=0 Z=14  
 91 X=36 Y=0 Z=14  
 99 X=0 Y=16 Z=14  
 105 X=36 Y=16 Z=14 Q=85,91,99,105,1,7  
 106 X=0 Y=0 Z=17.5  
 112 X=36 Y=0 Z=17.5  
 120 X=0 Y=16 Z=17.5  
 126 X=36 Y=16 Z=17.5 Q=106,112,120,126,1,7  
 127 X=0 Y=0 Z=21  
 133 X=36 Y=0 Z=21  
 141 X=0 Y=16 Z=21  
 147 X=36 Y=16 Z=21 Q=127,133,141,147,1,7  
 148 X=0 Y=0 Z=24.5  
 154 X=36 Y=0 Z=24.5  
 162 X=0 Y=16 Z=24.5  
 168 X=36 Y=16 Z=24.5 Q=148,154,162,168,1,7  
 169 X=0 Y=0 Z=28  
 175 X=36 Y=0 Z=28  
 183 X=0 Y=16 Z=28  
 189 X=36 Y=16 Z=28 Q=169,175,183,189,1,7  
 190 X=0 Y=0 Z=31.5  
 196 X=36 Y=0 Z=31.5  
 204 X=0 Y=16 Z=31.5  
 210 X=36 Y=16 Z=31.5 Q=190,196,204,210,1,7  
 211 X=0 Y=0 Z=35  
 217 X=36 Y=0 Z=35  
 225 X=0 Y=16 Z=35  
 231 X=36 Y=16 Z=35 Q=211,217,225,231,1,7

RESTRAINTS

1 21 1 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

C CONTROL INFORMATION DATA

NM=2 NL=16 Nsec=3

C MATERIAL PROPERTIES

1 SH=R T=0.7,0.7 E=2.5743E7 W=0.7\*0.7\*24

2 SH=R T=0.5,0.3 E=2.5743E7 W=0.5\*0.3\*24

C SPAN LOADING DATA

1 WG=0,0,-9.18 PLD=4,-83.63,0 : BM ATAP PORTAL I(=PORTAL VII) ARAH Y

2 WG=0,0,-14.35 PLD=4,-142.97,0: BM LANTAI PORTAL I(=PORTAL VII) ARAH Y

98	M=	307	85	86	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
99	M=	313	92	93	M=2	G=5,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
00	M=	319	99	100	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
01	M=	325	85	92	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
02	M=	326	86	93	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
03	M=	327	87	94	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
LANTAI 1		328	88	95	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
212	M=	329	89	96	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
219	M=	330	90	97	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
226	M=	331	91	98	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
218	M=	C BEAM LANTAI 5						
219	M=	339	106	107	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
220	M=	345	113	114	M=2	G=5,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
221	M=	351	120	121	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
222	M=	357	106	113	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
223	M=	358	107	114	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
224	M=	359	108	115	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
		360	109	116	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
		361	110	117	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
		362	111	118	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
		363	112	119	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
F=19.		C BEAM LANTAI 6						
F=38.		371	127	128	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
F=58.		377	134	135	M=2	G=5,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
F=77.		383	141	142	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
7 F=96.		389	127	134	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
7 F=110.		390	128	135	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
7 F=130.		391	129	136	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
7 F=150.		392	130	137	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
7 F=170.		393	131	138	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
7 F=190.		394	132	139	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
		395	133	140	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
F=0,1		C BEAM LANTAI 7						
F=0,1		403	148	149	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
F=0,1		409	155	156	M=2	G=5,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
F=0,1		415	162	163	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
1 F=0,1		421	148	155	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
1 F=0,1		422	149	156	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
1 F=0,1		423	150	157	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
1 F=0,1		424	151	158	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
1 F=0,1		425	152	159	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
		426	153	160	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
		427	154	161	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
0,0		C BEAM LANTAI 8						
0,0		435	169	170	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
1,0		441	176	177	M=2	G=5,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
0,1		447	183	184	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
		453	169	176	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
		454	170	177	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
		455	171	178	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
		456	172	179	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
		457	173	180	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
		458	174	181	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
		459	175	182	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
		C BEAM LANTAI 9						
		467	190	191	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
		473	197	198	M=2	G=5,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
		479	204	205	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
		485	190	197	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0

TUGAS AKHIR PORTAL 3D DGN DAKTILITAS PENUH PD ZONA 3 (KN-M)  
SYSTEM

L=4 :ADA 4 KONDISI PEMBEBANAN

## JOINTS

1 X=0 Y=0 Z=0  
 7 X=36 Y=0 Z=0  
 15 X=0 Y=16 Z=0  
 21 X=36 Y=16 Z=0 Q=1,7,15,21,1,7  
 22 X=0 Y=0 Z=3.5  
 28 X=36 Y=0 Z=3.5  
 36 X=0 Y=16 Z=3.5  
 42 X=36 Y=16 Z=3.5 Q=22,28,36,42,1,7  
 43 X=0 Y=0 Z=7  
 49 X=36 Y=0 Z=7  
 57 X=0 Y=16 Z=7  
 63 X=36 Y=16 Z=7 Q=43,49,57,63,1,7  
 64 X=0 Y=0 Z=10.5  
 70 X=36 Y=0 Z=10.5  
 78 X=0 Y=16 Z=10.5  
 84 X=36 Y=16 Z=10.5 Q=64,70,78,84,1,7  
 85 X=0 Y=0 Z=14  
 91 X=36 Y=0 Z=14  
 99 X=0 Y=16 Z=14  
 105 X=36 Y=16 Z=14 Q=35,91,99,105,1,7  
 106 X=0 Y=0 Z=17.5  
 112 X=36 Y=0 Z=17.5  
 120 X=0 Y=16 Z=17.5  
 126 X=36 Y=16 Z=17.5 Q=106,112,120,126,1,7  
 127 X=0 Y=0 Z=21  
 133 X=36 Y=0 Z=21  
 141 X=0 Y=16 Z=21  
 147 X=36 Y=16 Z=21 Q=127,133,141,147,1,7  
 148 X=0 Y=0 Z=24.5  
 154 X=36 Y=0 Z=24.5  
 162 X=0 Y=16 Z=24.5  
 168 X=36 Y=16 Z=24.5 Q=148,154,162,168,1,7  
 169 X=0 Y=0 Z=28  
 175 X=36 Y=0 Z=28  
 183 X=0 Y=16 Z=28  
 189 X=36 Y=16 Z=28 Q=169,175,183,189,1,7  
 190 X=0 Y=0 Z=31.5  
 196 X=36 Y=0 Z=31.5  
 204 X=0 Y=16 Z=31.5  
 210 X=36 Y=16 Z=31.5 Q=190,196,204,210,1,7  
 211 X=0 Y=0 Z=35  
 217 X=36 Y=0 Z=35  
 225 X=0 Y=16 Z=35  
 231 X=36 Y=16 Z=35 Q=211,217,225,231,1,7

## RESTRAINTS

1 21 1 R=1,1,1,1,1,1

## FRAME

C CONTROL INFORMATION DATA

NM=2 NL=16 Nsec=3

C MATERIAL PROPERTIES

1 SH=R T=0.7,0.7 E=2.5743E7 W=0.7\*0.7\*24

2 SH=R T=0.5,0.3 E=2.5743E7 W=0.5\*0.3\*24

C SPAN LOADING DATA

1 WG=0,0,-9.18 PLD=4,-83.63,0 : BM ATAP PORTAL I(=PORTAL VII) ARAH Y

2 WG=0,0,-14.35 PLD=4,-142.97,0: BM LANTAI PORTAL I(=PORTAL VII) ARAH Y

486	191	198	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
487	192	199	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
488	193	200	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
489	194	201	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
490	195	202	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
491	196	203	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0

## C BEAM LANTAI 10

499	211	212	M=2	G=5,1,1,1	NSL=13,15	LP=-2,0
505	218	219	M=2	G=5,1,1,1	NSL=9,11	LP=-2,0
511	225	226	M=2	G=5,1,1,1	NSL=13,15	LP=-2,0
517	211	218	M=2	G=1,7,7,7	NSL=1,3	LP=3,0
518	212	219	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
519	213	220	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
520	214	221	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
521	215	222	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
522	216	223	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
523	217	224	M=2	G=1,7,7,7	NSL=1,3	LP=3,0

## LOADS

## C GEMPA

## C ARAH X

22	36	7	F=13.054	L=3
43	57	7	F=30.109	L=3
64	78	7	F=45.163	L=3
85	99	7	F=60.217	L=3
106	120	7	F=75.271	L=3
127	141	7	F=90.326	L=3
148	162	7	F=105.379	L=3
169	183	7	F=120.434	L=3
190	204	7	F=135.488	L=3
211	225	7	F=80.648	L=3

## C ARAH Y

22	28	1	F=0,6.452	L=4
43	49	1	F=0,12.904	L=4
64	70	1	F=0,19.355	L=4
85	91	1	F=0,25.807	L=4
106	112	1	F=0,32.259	L=4
127	133	1	F=0,38.711	L=4
148	154	1	F=0,45.163	L=4
169	175	1	F=0,51.615	L=4
190	196	1	F=0,58.066	L=4
211	217	1	F=0,34.563	L=4

## COMBO

1	C=1,0,0,0
2	C=0,1,0,0
3	C=0,0,1,0
4	C=0,0,0,1

FUGAS AKHIR PORTAL 3D DGN DAKTILITAS PENUH PD ZONA 4 (KN-M)  
SYSTEM

L=4 :ADA 4 KONDISI PEMBEBANAN

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
7	X=36	Y=0	Z=0	
15	X=0	Y=16	Z=0	
21	X=36	Y=16	Z=0	Q=1,7,15,21,1,7
22	X=0	Y=0	Z=3.5	
28	X=36	Y=0	Z=3.5	
36	X=0	Y=16	Z=3.5	
42	X=36	Y=16	Z=3.5	Q=22,28,36,42,1,7
43	X=0	Y=0	Z=7	
49	X=36	Y=0	Z=7	
57	X=0	Y=16	Z=7	
63	X=36	Y=16	Z=7	Q=43,49,57,63,1,7
64	X=0	Y=0	Z=10.5	
70	X=36	Y=0	Z=10.5	
78	X=0	Y=16	Z=10.5	
84	X=36	Y=16	Z=10.5	Q=64,70,78,84,1,7
85	X=0	Y=0	Z=14	
91	X=36	Y=0	Z=14	
99	X=0	Y=16	Z=14	
105	X=36	Y=16	Z=14	Q=85,91,99,105,1,7
106	X=0	Y=0	Z=17.5	
112	X=36	Y=0	Z=17.5	
120	X=0	Y=16	Z=17.5	
126	X=36	Y=16	Z=17.5	Q=106,112,120,126,1,7
127	X=0	Y=0	Z=21	
133	X=36	Y=0	Z=21	
141	X=0	Y=16	Z=21	
147	X=36	Y=16	Z=21	Q=127,133,141,147,1,7
148	X=0	Y=0	Z=24.5	
154	X=36	Y=0	Z=24.5	
162	X=0	Y=16	Z=24.5	
168	X=36	Y=16	Z=24.5	Q=148,154,162,168,1,7
169	X=0	Y=0	Z=28	
175	X=36	Y=0	Z=28	
183	X=0	Y=16	Z=28	
189	X=36	Y=16	Z=28	Q=169,175,183,189,1,7
190	X=0	Y=0	Z=31.5	
196	X=36	Y=0	Z=31.5	
204	X=0	Y=16	Z=31.5	
210	X=36	Y=16	Z=31.5	Q=190,196,204,210,1,7
211	X=0	Y=0	Z=35	
217	X=36	Y=0	Z=35	
225	X=0	Y=16	Z=35	
231	X=36	Y=16	Z=35	Q=211,217,225,231,1,7

RESTRAINTS

1 21 1 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

C CONTROL INFORMATION DATA

NM=2 NL=16 Nsec=3

C MATERIAL PROPERTIES

1 SH=R T=0.7,0.7 E=2.5743E7 W=0.7\*0.7\*24

2 SH=R T=0.5,0.3 E=2.5743E7 W=0.5\*0.3\*24

C SPAN LOADING DATA

1 WG=0,0,-9.18 PLD=4,-83.63,0 : BM ATAP PORTAL I(=PORTAL VII) ARAH Y

2 WG=0,0,-14.35 PLD=4,-142.97,0: BM LANTAI PORTAL I(=PORTAL VII) ARAH Y

3 WG=0,0,-1.46 PLD=4,-83.63,0 : BH ATAP PORTAL I(=PORTAL VII) ARAH Y  
 4 WG=0,0,-3.66 PLD=4,-142.97,0 : BH LANTAI PORTAL I(=PORTAL VII) ARAH Y  
 5 WG=0,0,-15.47 PLD=4,-83.63,0:BM ATAP PORTAL II(=PORTAL III,IV,V,VI) ARAH Y  
 6 WG=0,0,-20.66 PLD=4,-142.97,0: BM LANTAI PORTAL II(=PORTAL III,IV,V,VI) ARAH Y  
 7 WG=0,0,-2.93 PLD=4,-83.63,0 : BH ATAP PORTAL II(=PORTAL III,IV,V,VI) ARAH Y  
 8 WG=0,0,-7.32 PLD=4,-142.97,0 : BH LANTAI PORTAL II(=PORTAL III,IV,V,VI) ARAH Y  
 9 WG=0,0,-13.2 : BM ATAP PORTAL B ARAH X  
 10 WG=0,0,-21.78 : BM LANTAI PORTAL B ARAH X  
 11 WG=0,0,-2.4 : BH ATAP PORTAL B ARAH X  
 12 WG=0,0,-6 : BH LANTAI PORTAL B ARAH X  
 13 WG=0,0,-8.04 : BM ATAP PORTAL A(=PORTAL C) ARAH X  
 14 WG=0,0,-21.01 : BM LANTAI PORTAL A(=PORTAL C) ARAH X  
 15 WG=0,0,-1.20 : BH ATAP PORTAL A(=PORTAL C) ARAH X  
 16 WG=0,0,-3 : BH LANTAI PORTAL A(=PORTAL C) ARAH X

## C ELEMEN LOCATION DATA

1 1 22 M=1 G=20,1,1,1 LP=-2,0 : KOLOM LANTAI DASAR-1  
 22 22 43 M=1 G=20,1,1,1 LP=-2,0 : KOLOM LANTAI 1-2  
 43 43 64 M=1 G=20,1,1,1 LP=-2,0 : KOLOM LANTAI 2-3  
 64 64 85 M=1 G=20,1,1,1 LP=-2,0 : KOLOM LANTAI 3-4  
 85 85 106 M=1 G=20,1,1,1 LP=-2,0 : KOLOM LANTAI 4-5  
 106 106 127 M=1 G=20,1,1,1 LP=-2,0 : KOLOM LANTAI 5-6  
 127 127 148 M=1 G=20,1,1,1 LP=-2,0 : KOLOM LANTAI 6-7  
 148 148 169 M=1 G=20,1,1,1 LP=-2,0 : KOLOM LANTAI 7-8  
 169 169 190 M=1 G=20,1,1,1 LP=-2,0 : KOLOM LANTAI 8-9  
 190 190 211 M=1 G=20,1,1,1 LP=-2,0 : KOLOM LANTAI 9-10 (atap)

## C BEAM LANTAI 1

211 22 23 M=2 G=5,1,1,1 NSL=14,16 LP=-2,0  
 217 29 30 M=2 G=5,1,1,1 NSL=10,12 LP=-2,0  
 223 36 37 M=2 G=5,1,1,1 NSL=14,16 LP=-2,0  
 229 22 29 M=2 G=1,7,7,7 NSL=2,4 LP=3,0  
 235 28 35 M=2 G=1,7,7,7 NSL=2,4 LP=3,0  
 230 23 30 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 231 24 31 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 232 25 32 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 233 26 33 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 234 27 34 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0

## C BEAM LANTAI 2

243 43 44 M=2 G=5,1,1,1 NSL=14,16 LP=-2,0  
 249 50 51 M=2 G=5,1,1,1 NSL=10,12 LP=-2,0  
 255 57 58 M=2 G=5,1,1,1 NSL=14,16 LP=-2,0  
 261 43 50 M=2 G=1,7,7,7 NSL=2,4 LP=3,0  
 262 44 51 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 263 45 52 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 264 46 53 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 265 47 54 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 266 48 55 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 267 49 56 M=2 G=1,7,7,7 NSL=2,4 LP=3,0

## C BEAM LANTAI 3

275 64 65 M=2 G=5,1,1,1 NSL=14,16 LP=-2,0  
 281 71 72 M=2 G=5,1,1,1 NSL=10,12 LP=-2,0  
 287 78 79 M=2 G=5,1,1,1 NSL=14,16 LP=-2,0  
 293 64 71 M=2 G=1,7,7,7 NSL=2,4 LP=3,0  
 294 65 72 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 295 66 73 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 296 67 74 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 297 68 75 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 298 69 76 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 299 70 77 M=2 G=1,7,7,7 NSL=2,4 LP=3,0

## C BEAM LANTAI 4

307	85	86	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
313	92	93	M=2	G=5,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
319	99	100	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
325	85	92	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
326	86	93	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
327	87	94	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
328	88	95	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
329	89	96	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
330	90	97	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
331	91	98	M=2	C=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
C BEAM LANTAI 5						
339	106	107	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
345	113	114	M=2	G=5,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
351	120	121	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
357	106	113	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
358	107	114	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
359	108	115	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
360	109	116	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
361	110	117	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
362	111	118	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
363	112	119	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
C BEAM LANTAI 6						
371	127	128	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
377	134	135	M=2	G=5,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
383	141	142	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
389	127	134	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
390	128	135	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
391	129	136	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
392	130	137	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
393	131	138	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
394	132	139	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
395	133	140	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
C BEAM LANTAI 7						
403	148	149	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
409	155	156	M=2	G=5,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
415	162	163	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
421	148	155	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
422	149	156	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
423	150	157	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
424	151	158	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
425	152	159	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
426	153	160	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
427	154	161	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
C BEAM LANTAI 8						
435	169	170	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
441	176	177	M=2	G=5,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
447	183	184	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
453	169	176	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
454	170	177	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
455	171	178	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
456	172	179	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
457	173	180	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
458	174	181	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
459	175	182	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0
C BEAM LANTAI 9						
467	190	191	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
473	197	198	M=2	G=5,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
479	204	205	M=2	G=5,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
485	190	197	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0



486	191	198	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
487	192	199	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
488	193	200	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
489	194	201	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
490	195	202	M=2	G=1,7,7,7	NSL=6,8	LP=3,0
491	196	203	M=2	G=1,7,7,7	NSL=2,4	LP=3,0

## C BEAM LANTAI 10

499	211	212	M=2	G=5,1,1,1	NSL=13,15	LP=-2,0
505	218	219	M=2	G=5,1,1,1	NSL=9,11	LP=-2,0
511	225	226	M=2	G=5,1,1,1	NSL=13,15	LP=-2,0
517	211	218	M=2	G=1,7,7,7	NSL=1,3	LP=3,0
518	212	219	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
519	213	220	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
520	214	221	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
521	215	222	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
522	216	223	M=2	G=1,7,7,7	NSL=5,7	LP=3,0
523	217	224	M=2	G=1,7,7,7	NSL=1,3	LP=3,0

## LOADS

## C GEMPA

## C ARAH X

22	36	7	F=10.753	L=3
43	57	7	F=21.506	L=3
64	78	7	F=32.259	L=3
85	99	7	F=43.012	L=3
106	120	7	F=53.765	L=3
127	141	7	F=64.518	L=3
148	162	7	F=75.271	L=3
169	183	7	F=86.024	L=3
190	204	7	F=96.778	L=3
211	225	7	F=57.606	L=3

## C ARAH Y

22	28	1	F=0,4.608	L=4
43	49	1	F=0,9.217	L=4
64	70	1	F=0,13.825	L=4
85	91	1	F=0,18.434	L=4
106	112	1	F=0,23.042	L=4
127	133	1	F=0,27.651	L=4
148	154	1	F=0,32.259	L=4
169	175	1	F=0,36.868	L=4
190	196	1	F=0,41.476	L=4
211	217	1	F=0,24.688	L=4

## COMBO

1	C=1,0,0,0
2	C=0,1,0,0
3	C=0,0,1,0
4	C=0,0,0,1

TUGAS AKHIR PORTAL 3D DGN DAKTILITAS PENUH PD ZONA 5 (KN-M)  
SYSTEM

L=4 :ADA 4 KONDISI PEMBEBANAN

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
7	X=36	Y=0	Z=0	
15	X=0	Y=16	Z=0	
21	X=36	Y=16	Z=0	Q=1,7,15,21,1,7
22	X=0	Y=0	Z=3.5	
28	X=36	Y=0	Z=3.5	
36	X=0	Y=16	Z=3.5	
42	X=36	Y=16	Z=3.5	Q=22,28,36,42,1,7
43	X=0	Y=0	Z=7	
49	X=36	Y=0	Z=7	
57	X=0	Y=16	Z=7	
63	X=36	Y=16	Z=7	Q=43,49,57,63,1,7
64	X=0	Y=0	Z=10.5	
70	X=36	Y=0	Z=10.5	
78	X=0	Y=16	Z=10.5	
84	X=36	Y=16	Z=10.5	Q=64,70,78,84,1,7
85	X=0	Y=0	Z=14	
91	X=36	Y=0	Z=14	
99	X=0	Y=16	Z=14	
105	X=36	Y=16	Z=14	Q=85,91,99,105,1,7
106	X=0	Y=0	Z=17.5	
112	X=36	Y=0	Z=17.5	
120	X=0	Y=16	Z=17.5	
126	X=36	Y=16	Z=17.5	Q=106,112,120,126,1,7
127	X=0	Y=0	Z=21	
133	X=36	Y=0	Z=21	
141	X=0	Y=16	Z=21	
147	X=36	Y=16	Z=21	Q=127,133,141,147,1,7
148	X=0	Y=0	Z=24.5	
154	X=36	Y=0	Z=24.5	
162	X=0	Y=16	Z=24.5	
168	X=36	Y=16	Z=24.5	Q=148,154,162,168,1,7
169	X=0	Y=0	Z=28	
175	X=36	Y=0	Z=28	
183	X=0	Y=16	Z=28	
189	X=36	Y=16	Z=28	Q=169,175,183,189,1,7
190	X=0	Y=0	Z=31.5	
196	X=36	Y=0	Z=31.5	
204	X=0	Y=16	Z=31.5	
210	X=36	Y=16	Z=31.5	Q=190,196,204,210,1,7
211	X=0	Y=0	Z=35	
217	X=36	Y=0	Z=35	
225	X=0	Y=16	Z=35	
231	X=36	Y=16	Z=35	Q=211,217,225,231,1,7

RESTRAINTS

1 21 1 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

C CONTROL INFORMATION DATA

NM=2 NL=16 Nsec=3

C MATERIAL PROPERTIES

1 SH=R T=0.7,0.7 E=2.5743E7 W=0.7\*0.7\*24

2 SH=R T=0.5,0.3 E=2.5743E7 W=0.5\*0.3\*24

C SPAN LOADING DATA

1 WG=0,0,-9.18 PLD=4,-83.63,0 : BM ATAP PORTAL I(=PORTAL VII) ARAH Y

2 WG=0,0,-14.35 PLD=4,-142.97,0: BM LANTAI PORTAL I(=PORTAL VII) ARAH Y

486 191 198 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 487 192 199 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 488 193 200 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 489 194 201 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 490 195 202 M=2 G=1,7,7,7 NSL=6,8 LP=3,0  
 491 196 203 M=2 G=1,7,7,7 NSL=2,4 LP=3,0

## C BEAM LANTAI 10

499 211 212 M=2 G=5,1,1,1 NSL=13,15 LP=-2,0  
 505 218 219 M=2 G=5,1,1,1 NSL=9,11 LP=-2,0  
 511 225 226 M=2 G=5,1,1,1 NSL=13,15 LP=-2,0  
 517 211 218 M=2 G=1,7,7,7 NSL=1,3 LP=3,0  
 518 212 219 M=2 G=1,7,7,7 NSL=5,7 LP=3,0  
 519 213 220 M=2 G=1,7,7,7 NSL=5,7 LP=3,0  
 520 214 221 M=2 G=1,7,7,7 NSL=5,7 LP=3,0  
 521 215 222 M=2 G=1,7,7,7 NSL=5,7 LP=3,0  
 522 216 223 M=2 G=1,7,7,7 NSL=5,7 LP=3,0  
 523 217 224 M=2 G=1,7,7,7 NSL=1,3 LP=3,0

## LOADS

## C GEMPA

## C ARAH X

22 36 7 F=8.602 L=3  
 43 57 7 F=17.205 L=3  
 64 78 7 F=25.807 L=3  
 85 99 7 F=34.409 L=3  
 106 120 7 F=43.012 L=3  
 127 141 7 F=51.615 L=3  
 148 162 7 F=60.217 L=3  
 169 183 7 F=68.819 L=3  
 190 204 7 F=77.422 L=3  
 211 225 7 F=46.084 L=3

## C ARAH Y

22 28 1 F=0,3.687 L=4  
 43 49 1 F=0,7.374 L=4  
 64 70 1 F=0,11.06 L=4  
 85 91 1 F=0,14.747 L=4  
 106 112 1 F=0,18.434 L=4  
 127 133 1 F=0,22.121 L=4  
 148 154 1 F=0,25.807 L=4  
 169 175 1 F=0,29.494 L=4  
 190 196 1 F=0,33.181 L=4  
 211 217 1 F=0,19.750 L=4

## COMBO

1 C=1,0,0,0  
 2 C=0,1,0,0  
 3 C=0,0,1,0  
 4 C=0,0,0,1

# LAMPIRAN 3

9	0.007	18913195	131522	1509.73	2403.38	0.01831	0.37506	0.1406708	6814.3	958.573	566.241
8	0.007	18913195	131522	1341.98	3750.36	0.02852	0.35675	0.1272702	6814.3	867.258	478.752
7	0.007	18913195	131522	1174.23	4924.6	0.03744	0.32823	0.1077379	6814.3	734.158	385.424
6	0.007	18913195	131522	1006.40	5031.00	0.04677	0.29877	0.0862702	6814.3	599.702	300.978

Tabel 4.2 Distribusi gaya geser ( V ) ke lantai-lantai gedung

Tkt	hi (m)	Wi (KN)	Wi.hi (KN.m)	Zona											
				1		2		3		4		5			
				Vx=Vy (KN)	Fix=Fi <sub>y</sub> (KN)	Vx=Vy (KN)	Fix=Fi <sub>y</sub> (KN)	Vx=Vy (KN)	Fix=Fi <sub>y</sub> (KN)	Vx=Vy (KN)	Fix=Fi <sub>y</sub> (KN)	Vx=Vy (KN)	Fix=Fi <sub>y</sub> (KN)	Vx=Vy (KN)	Fix=Fi <sub>y</sub> (KN)
10	35	3650.51	127767.9	8447.3	898.647	5848.1	622.14	4548.5	483.885	3249	345.633	1949.4	207.38		
9	31.5	6814.3	214650.5	8447.3	1509.73	5848.1	1045.2	4548.5	812.931	3249	580.665	1949.4	348.4		
8	28	6814.3	190800.4	8447.3	1341.98	5848.1	929.065	4548.5	722.605	3249	516.147	1949.4	309.689		
7	24.5	6814.3	166950.4	8447.3	1174.23	5848.1	812.932	4548.5	632.279	3249	451.629	1949.4	270.978		
6	21	6814.3	143100.3	8447.3	1006.49	5848.1	696.799	4548.5	541.954	3249	387.11	1949.4	232.267		
5	17.5	6814.3	119250.3	8447.3	838.739	5848.1	580.666	4548.5	451.628	3249	322.592	1949.4	193.556		
4	14	6814.3	95400.2	8447.3	670.991	5848.1	464.532	4548.5	361.303	3249	258.073	1949.4	154.844		
3	10.5	6814.3	71550.15	8447.3	503.244	5848.1	348.399	4548.5	270.977	3249	193.555	1949.4	116.133		
2	7	6814.3	47700.1	8447.3	335.496	5848.1	232.266	4548.5	180.651	3249	129.037	1949.4	77.4222		
1	3.5	6814.3	23850.05	8447.3	167.748	5848.1	116.133	4548.5	90.3256	3249	64.5184	1949.4	38.7111		
		Σ=	1201020												

Tabel 4.5 Perhitungan Waktu Getar Dengan Cara I-Kayleigh

Daktitas Zona	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>
1	2.7009	2.22039
2	2.7009	2.22039
3	2.7009	2.22039
4	2.7009	2.22039
5	2.7009	2.22039

[ 1 ]	[ 2 ]	[ 3 ]	[ 4 ]	[ 5 ]	[ 6 ]	[ 7 ]	[ 8 ]	[ 9 ]	[ 10 ]	[ 11 ]	[ 12 ]	[ 13 ]
Zona	Lt	Sdijx (m3)	12E.0.75)/h (KN/m4)	Kix (KN/m)	Fix (KN)	Vix (KN)	δix (m)	dix (m)	dix2 (m2)	Wi (KN)	Wi.dix2 (KN.m2)	Fix.dix (KN.m)
3	10	0.00695	18913195	131522	483.886	483.886	0.00368	0.20563	0.04229	3650.51	154.364	99.5039
	9	0.00695	18913195	131522	812.931	1296.82	0.00986	0.20196	0.04079	6814.3	277.929	164.176
	8	0.00695	18913195	131522	722.605	2019.42	0.01535	0.1921	0.0369	6814.3	251.453	138.809
	7	0.00695	18913195	131522	632.279	2651.7	0.02016	0.17674	0.03124	6814.3	212.862	111.75
	6	0.00695	18913195	131522	541.954	3193.66	0.02428	0.15658	0.02452	6814.3	167.068	84.859
	5	0.00695	18913195	131522	451.628	3645.28	0.02772	0.1323	0.0175	6814.3	119.268	59.7493
	4	0.00695	18913195	131522	361.303	4006.59	0.03046	0.10458	0.01094	6814.3	74.52	37.7856
	3	0.00695	18913195	131522	270.977	4277.56	0.03252	0.07412	0.00549	6814.3	37.4346	20.0844
	2	0.00695	18913195	131522	180.651	4458.21	0.0339	0.04159	0.00173	6814.3	11.7897	7.51417
	1	0.03124	18913195	590880	90.3256	4548.54	0.0077	0.0077	5.9E-05	6814.3	0.4038	0.69532
										Σ=	1307.1	724.927
4	10	0.00695	18913195	131522	345.633	345.633	0.00263	0.14688	0.02157	3650.51	78.7574	50.7674
	9	0.00695	18913195	131522	580.665	926.299	0.00704	0.14425	0.02081	6814.3	141.801	83.7634
	8	0.00695	18913195	131522	516.147	1442.45	0.01097	0.13721	0.01883	6814.3	128.292	70.8212
	7	0.00695	18913195	131522	451.629	1894.07	0.0144	0.12624	0.01594	6814.3	108.603	57.0154
	6	0.00695	18913195	131522	387.11	2281.18	0.01734	0.11184	0.01251	6814.3	85.2389	43.2955
	5	0.00695	18913195	131522	322.592	2603.78	0.0198	0.0945	0.00893	6814.3	60.8513	30.4844
	4	0.00695	18913195	131522	258.073	2861.85	0.02176	0.0747	0.00558	6814.3	38.0256	19.2784
	3	0.00695	18913195	131522	193.555	3055.4	0.02323	0.05294	0.0028	6814.3	19.0993	10.2471
	2	0.00695	18913195	131522	129.037	3184.44	0.02421	0.02971	0.00088	6814.3	6.01515	3.83377
	1	0.03124	18913195	590880	64.5184	3248.96	0.0055	0.0055	3E-05	6814.3	0.20602	0.35475
										Σ=	666.89	369.861

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
Zona	L <sub>i</sub>	Sdijx (m <sup>3</sup> )	(12E.0,75)/ (KN/m <sup>4</sup> )	Kix (KN/m)	Fix (KN)	Vix (KN)	oix (m)	dix (m)	dix <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Wi (KN)	Wi.dix <sup>2</sup> (KN.m <sup>2</sup> )	Fix.dix (KN.m)
5	10	0.007	18913195	131522	207.38	207.38	0.00158	0.08813	0.0077668	3650.51	28.3528	18.2763
	9	0.007	18913195	131522	348.4	555.78	0.00423	0.08655	0.0074914	6814.3	51.0484	30.155
	8	0.007	18913195	131522	309.689	865.469	0.00658	0.08233	0.0067777	6814.3	46.1355	25.4957
	7	0.007	18913195	131522	270.978	1136.45	0.00864	0.07575	0.0057375	6814.3	39.0973	20.5256
	6	0.007	18913195	131522	232.267	1368.71	0.01041	0.06711	0.0045032	6814.3	30.6861	15.5864
	5	0.007	18913195	131522	193.556	1562.27	0.01188	0.0567	0.0032148	6814.3	21.9066	10.9744
	4	0.007	18913195	131522	154.844	1717.11	0.01306	0.04482	0.0020089	6814.3	13.6893	6.94025
	3	0.007	18913195	131522	116.133	1833.25	0.01594	0.03177	0.001009	6814.3	6.87578	3.68899
	2	0.007	18913195	131522	77.4222	1910.67	0.01453	0.01783	0.0003178	6814.3	2.16546	1.38016
	1	0.0312	18913195	590880	38.7111	1949.38	0.0033	0.0033	1.088E-05	6814.3	0.07417	0.12771
										$\Sigma =$	210.081	133.151

#### Keterangan

- Kolom (1) adalah zona
- Kolom (2) adalah nomor lantai
- Kolom (3) yakni jumlah seluruh nilai Dijx dari elemen-elemen penahan beban lateral tingkat i =  $\Sigma a(2) Kk$
- Kolom (4). inersia penampang retak diambil 75 % dari inersia seluruhnya, dengan  $E = 25742960 \text{ KN/m}^2$
- Kolom (5) adalah perkalian antara kolom (3) dengan kolom (4)
- Kolom (6) Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung
- Kolom (7) adalah gaya geser tingkat i, yang nilainya sama dengan jumlah semua beban horizontal terpusat yang diambil dari lantai yang berada di atas lantai i yang ditinjau.
- Kolom (8) defleksi relatif pada tiap-tiap tingkat yakni  $Vix/Kix$
- Kolom (9) defleksi pada lantai i =  $\Sigma dix - dix$
- Kolom (10) adalah pangkat dua dari kolom (9)
- Kolom (11) adalah nilai-nilai yang diambil dari tabel 5.2
- Kolom (12) adalah perkalian antara kolom (11) dan kolom (10)
- Kolom (13) adalah perkalian antara kolom (6) dan kolom (9)

Tabel 4.4 Waktu Getar Bangunan Dalam Arah Y

[ 1 ] Zona	[ 2 ] Lt	[ 3 ] Sdijx (m3)	[ 4 ] (12E,0,75)/ (KN/m4)	[ 5 ] Kix (KN/m)	[ 6 ] Fix (KN)	[ 7 ] Vix (KN)	[ 8 ] δix (m)	[ 9 ] dix (m)	[ 10 ] dix <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	[ 11 ] Wi (KN)	[ 12 ] Wi.dix <sup>2</sup> (KN.m <sup>2</sup> )	[ 13 ] Fix.dix (KN.m)
1	10	0.0105	18913195	198793	898.647	898.647	0.00452	0.25689	0.0659907	3650.51	240.9	230.85
	9	0.0105	18913195	198793	1509.73	2408.38	0.01212	0.25237	0.0636886	6814.3	433.993	381.005
	8	0.0105	18913195	198793	1341.98	3750.36	0.01887	0.24025	0.0577205	6814.3	393.325	322.413
	7	0.0105	18913195	198793	1174.23	4924.6	0.02477	0.22139	0.0490115	6814.3	333.979	259.958
	6	0.0105	18913195	198793	1006.49	5931.08	0.02984	0.19661	0.0386566	6814.3	263.418	197.888
	5	0.0105	18913195	198793	838.739	6769.82	0.03405	0.16678	0.0278147	6814.3	189.538	139.883
	4	0.0105	18913195	198793	670.991	7440.81	0.03743	0.13272	0.0176153	6814.3	120.036	89.0558
	3	0.0105	18913195	198793	503.244	7944.06	0.03996	0.09529	0.0090807	6814.3	61.8786	47.9554
	2	0.0105	18913195	198793	335.496	8279.55	0.04165	0.05533	0.0030615	6814.3	20.8623	18.5634
	1	0.0326	18913195	617400	167.748	8447.3	0.01368	0.01368	0.0001872	6814.3	1.27563	2.29513
Σ=											2059.2	1689.87
2	10	0.0105	18913195	198793	622.14	622.14	0.00313	0.17784	0.0316287	3650.51	115.461	110.644
	9	0.0105	18913195	198793	1045.2	1667.34	0.00839	0.17471	0.0305253	6814.3	208.009	182.612
	8	0.0105	18913195	198793	929.065	2596.4	0.01306	0.16633	0.0276649	6814.3	188.517	154.529
	7	0.0105	18913195	198793	812.932	3409.33	0.01715	0.15327	0.0234907	6814.3	160.073	124.595
	6	0.0105	18913195	198793	696.799	4106.13	0.02066	0.13612	0.0185277	6814.3	126.253	94.8458
	5	0.0105	18913195	198793	580.666	4686.8	0.02358	0.11546	0.0133313	6814.3	90.8434	67.0443
	4	0.0105	18913195	198793	464.532	5151.33	0.02591	0.09188	0.0084428	6814.3	57.532	42.6835
	3	0.0105	18913195	198793	348.399	5499.73	0.02767	0.06597	0.0043523	6814.3	29.6578	22.9845
	2	0.0105	18913195	198793	232.266	5732	0.02883	0.03831	0.0014674	6814.3	9.99907	8.89724
	1	0.0326	18913195	617400	116.133	5848.13	0.00947	0.00947	8.972E-05	6814.3	0.61139	1.10003
Σ=											986.956	809.936





Tabel 4.9 Distribusi gaya geser ( $V$ ) tiap portal ke lantai-lantai gedung

Tkt	hi (m)	Zona														
		1			2			3			4			5		
		1/3 Fix (KN)	1/7 Fiy (KN)	1/3 Fix (KN)	1/3 Fix (KN)	1/7 Fiy (KN)	1/3 Fix (KN)	1/3 Fix (KN)	1/7 Fiy (KN)	1/3 Fix (KN)	1/3 Fix (KN)	1/7 Fiy (KN)	1/3 Fix (KN)	1/3 Fix (KN)	1/7 Fiy (KN)	1/3 Fix (KN)
10	35	149.774	64.1891	103.69	44.4386	80.6477	34.5633	57.6056	24.6881	46.0845	19.7505					
9	31.5	251.622	107.838	174.2	74.657	135.488	58.0665	96.7776	41.4761	77.4221	33.1809					
8	28	223.664	95.8559	154.844	66.3613	120.434	51.6147	86.0245	36.8676	68.8196	29.4941					
7	24.5	195.706	83.8739	135.489	58.0665	105.38	45.1628	75.2714	32.2592	60.2172	25.8074					
6	21	167.748	71.8919	116.133	49.7713	90.3256	38.711	64.5184	27.6507	51.6147	22.1205					
5	17.5	139.79	59.9099	96.7776	41.4761	75.2714	32.2592	53.7653	23.0423	43.0123	18.4338					
4	14	111.832	47.9279	77.422	33.1809	60.2171	25.8073	43.0122	18.4338	34.4098	14.7471					
3	10.5	83.8739	35.946	58.0665	24.8857	45.1628	19.3555	32.2592	13.8254	25.8074	11.0603					
2	7	55.9159	23.964	38.711	16.5904	30.1085	12.9037	21.5061	9.21691	17.2049	7.37353					
1	3.5	27.958	11.982	19.3555	8.29522	15.0543	6.45183	10.7531	4.60845	8.60245	3.68676					

Tabel 5.1.a Momen rencana balok portal as A ( zona 1)

BLK	Letak	MD (kNm)	ML (kNm)	M.Gempa (kNm)		1,2 MD+ 1,6 ML (kNm)	0,9 (MD+ME) (kNm)		1,05(MD+0,6ML+ME) (kNm)		KET
				Kiri	Kanan		kiri	kanan	kiri	kanan	
1~2	Tump. Ki	-73	-11.9	256	-256	-106.57	164.6	-296	184.535	-352.76682	blk lt 6
	Lap	32.04	4.575	2.32	-2.32	45.7716	30.93	26.75	38.9634	34.0914	blk lt 6
	Tump. Ka	-52	-5.99	-251	251.2	-71.99	-273	179.3	-322.16	205.39575	blk lt 6
2~3	Tump. Ki	-63.2	-9.05	257	-257	-90.297	174.5	-288.2	197.889	-341.97723	blk lt 6
	Lap	31.61	4.526	0.17	-0.17	45.1712	28.6	28.29	36.2183	35.86128	blk lt 6
	Tump. Ka	-62.7	-8.9	-257	256.7	-89.47	-287	174.6	-341.01	198.14571	blk lt 6
3~4	Tump. Ki	-63	-9	256	-256	-90.036	174.1	-287.6	197.451	-341.15445	blk lt 6
	Lap	31.52	4.501	0.09	-0.09	45.0232	28.45	28.28	36.0272	35.83188	blk lt 6
	Tump. Ka	-63	-9	-256	256.3	-90.027	-287	173.9	-340.95	197.26308	blk lt 6
1~2	Tump. Ki	-74	-12.1	205	-205	-108.23	117.8	-251.1	129.831	-300.55599	blk lt 7
	Lap	32.04	4.575	1.91	-1.91	45.7692	30.55	27.12	38.5287	34.5219	blk lt 7
	Tump. Ka	-51	-5.72	-201	201.1	-70.34	-227	135.1	-268.33	154.04424	blk lt 7
2~3	Tump. Ki	-63.2	-9.06	208	-208	-90.379	130.5	-244.4	146.582	-290.79372	blk lt 7
	Lap	31.61	4.527	0.19	-0.19	45.1788	28.62	28.28	36.2452	35.84616	blk lt 7
	Tump. Ka	-62.6	-8.89	-208	207.9	-89.372	-243	130.7	-289.64	146.93049	blk lt 7
3~4	Tump. Ki	-63	-9	208	-208	-90.051	130.1	-243.6	146.13	-289.85691	blk lt 7
	Lap	31.52	4.5	0.1	-0.1	45.018	28.45	28.27	36.0318	35.8197	blk lt 7
	Tump. Ka	-63	-9	-207	207.4	-90.018	-243	130	-289.62	145.94454	blk lt 7
1~2	Tump. Ki	-74.6	-12.3	149	-149	-109.23	66.71	-201	70.0829	-242.29422	blk lt 8
	Lap	32.04	4.574	1.46	-1.46	45.7604	30.15	27.51	38.0545	34.98222	blk lt 8
	Tump. Ka	-50.4	-5.55	-146	145.8	-69.358	-177	85.89	-209.53	96.70563	blk lt 8
2~3	Tump. Ki	-63.2	-9.06	154	-154	-90.275	81.94	-195.6	89.8895	-233.92635	blk lt 8
	Lap	31.63	4.53	0.15	-0.15	45.2052	28.6	28.33	36.2261	35.90685	blk lt 8
	Tump. Ka	-62.7	-8.89	-154	153.9	-89.422	-195	82.1	-232.99	90.18555	blk lt 8
3~4	Tump. Ki	-63	-9	154	-154	-90.004	81.72	-195.1	89.6685	-233.31777	blk lt 8
	Lap	31.52	4.501	0.06	-0.06	45.0304	28.42	28.32	35.9957	35.87598	blk lt 8
	Tump. Ka	-63	-9	-154	153.7	-90.04	-195	81.59	-233.23	89.51586	blk lt 8
1~2	Tump. Ki	-74.1	-12.2	91.1	-91.1	-108.45	15.35	-148.7	10.1999	-181.16469	blk lt 9
	Lap	32.15	4.591	0.51	-0.51	45.9256	29.39	28.48	37.1843	36.11538	blk lt 9
	Tump. Ka	-50.7	-5.59	-90.1	90.11	-69.803	-127	35.45	-151.39	37.8399	blk lt 9
2~3	Tump. Ki	-62.7	-8.96	101	-101	-89.574	34.33	-147.2	34.4045	-177.35529	blk lt 9
	Lap	31.66	4.535	-0.05	0.045	45.248	28.45	28.53	36.0528	36.1473	blk lt 9
	Tump. Ka	-63.1	-8.97	-101	100.9	-90.039	-148	34.07	-177.85	34.09476	blk lt 9
3~4	Tump. Ki	-62.8	-8.94	102	-102	-89.614	34.9	-147.9	35.0822	-178.13292	blk lt 9
	Lap	31.59	4.515	-0.09	0.094	45.1308	28.35	28.51	35.9142	36.1116	blk lt 9
	Tump. Ka	-63.2	-9.03	-102	101.7	-90.232	-148	34.7	-178.81	34.8012	blk lt 9
1~2	Tump. Ki	-34.5	-6.51	54.3	-54.3	-51.751	17.9	-79.92	16.7899	-97.33458	blk lt 10
	Lap	12.53	1.879	0.84	-0.84	18.0364	12.02	10.52	15.2118	13.45827	blk lt 10
	Tump. Ka	-12.9	-0.54	-52.7	52.67	-16.29	-59	35.83	-69.148	41.46702	blk lt 10
2~3	Tump. Ki	-22.7	-3.29	62.8	-62.8	-32.518	36.05	-76.94	39.9823	-91.82838	blk lt 10
	Lap	12.44	1.896	-0.02	0.02	17.9616	11.18	11.21	14.2355	14.27748	blk lt 10
	Tump. Ka	-24.8	-3.72	-62.8	62.81	-35.671	-78.8	34.24	-94.293	37.60134	blk lt 10
3~4	Tump. Ki	-23.7	-3.52	63.5	-63.5	-34.11	35.8	-78.52	39.5501	-93.82716	blk lt 10
	Lap	12.16	1.822	-0.17	0.166	17.5084	10.8	11.09	13.7426	14.09121	blk lt 10
	Tump. Ka	-24.3	-3.64	-63.8	63.85	-34.986	-79.3	35.59	-94.849	39.22758	blk lt 10

Tabel 5.1.a Momen rencana balok portal as A ( zona 1)

BLK	Letak	MD (kNm)	ML (kNm)	M.Gempa (kNm)		1,2MD+ 1,6 ML (kNm)	0,9(MD+ME) (kNm)		1,05(MD+0,6ML+ME) (kNm)		KET
				Kiri	Kanan		kiri	kanan	kiri	kanan	
1~2	Tump. Ki	-63.4	-9.4	244	-244	-91.16	162.5	-276.7	183.628	-328.68402	blk lt 1
	Lap	32.16	4.592	2.36	-2.36	45.9368	31.07	26.81	39.1411	34.17666	blk lt 1
	Tump. Ka	-61.3	-8.42	-239	239.2	-87.076	-271	160.1	-320.9	181.48116	blk lt 1
2~3	Tump. Ki	-63.2	-9.03	237	-237	-90.277	156.6	-270.4	177.043	-321.11856	blk lt 1
	Lap	31.52	4.502	0.07	-0.07	45.0212	28.43	28.3	36.0005	35.85351	blk lt 1
	Tump. Ka	-62.9	-8.96	-237	237.1	-89.788	-270	156.8	-320.6	177.27318	blk lt 1
3~4	Tump. Ki	-63.1	-9.01	237	-237	-90.098	156.4	-269.9	176.752	-320.55114	blk lt 1
	Lap	31.51	4.498	0.09	-0.09	45.0028	28.43	28.28	36.0053	35.82264	blk lt 1
	Tump. Ka	-63	-9	-237	236.6	-90.004	-270	156.3	-320.29	176.64087	blk lt 1
1~2	Tump. Ki	-66	-10.1	329	-329	-95.332	236.3	-355.1	269.303	-420.64596	blk lt 2
	Lap	32.04	4.575	3.02	-3.02	45.7692	31.55	26.12	39.6932	33.35745	blk lt 2
	Tump. Ka	-59	-7.79	-323	322.5	-83.239	-343	237.2	-405.47	271.80531	blk lt 2
2~3	Tump. Ki	-63	-9	321	-321	-89.95	232.6	-346	265.745	-409.30176	blk lt 2
	Lap	31.57	4.513	0.17	-0.17	45.1	28.56	28.26	36.1649	35.81004	blk lt 2
	Tump. Ka	-63	-8.98	-321	321.1	-89.96	-346	232.3	-408.97	265.36566	blk lt 2
3~4	Tump. Ki	-63	-8.99	321	-321	-89.976	231.9	-345.3	264.867	-408.47457	blk lt 2
	Lap	31.53	4.502	0.11	-0.11	45.0356	28.48	28.27	36.0583	35.82096	blk lt 2
	Tump. Ka	-63	-9	-320	320.4	-90.061	-345	231.6	-408.3	264.56094	blk lt 2
1~2	Tump. Ki	-68.3	-10.6	345	-345	-98.964	249.2	-372.1	284.043	-440.85153	blk lt 3
	Lap	32.05	4.576	3.07	-3.07	45.7756	31.6	26.08	39.7505	33.30978	blk lt 3
	Tump. Ka	-56.7	-7.21	-339	339.1	-79.594	-356	254.1	-420.1	291.91596	blk lt 3
2~3	Tump. Ki	-63.1	-9.02	340	-340	-90.134	249.2	-362.7	285.012	-428.85969	blk lt 3
	Lap	31.57	4.515	0.14	-0.14	45.1068	28.54	28.28	36.1431	35.8407	blk lt 3
	Tump. Ka	-62.9	-8.95	-340	339.7	-89.758	-362	249.1	-428.28	284.98722	blk lt 3
3~4	Tump. Ki	-63	-9	339	-339	-89.999	248.7	-362.1	284.445	-428.08668	blk lt 3
	Lap	31.52	4.501	0.1	-0.1	45.0244	28.45	28.28	36.0314	35.82978	blk lt 3
	Tump. Ka	-63	-9	-339	339.1	-90.04	-362	248.5	-427.92	284.2098	blk lt 3
1~2	Tump. Ki	-70.2	-11.1	331	-331	-101.98	234.4	-360.6	266.407	-427.74627	blk lt 4
	Lap	32.04	4.576	2.93	-2.93	45.7744	31.48	26.2	39.6045	33.45363	blk lt 4
	Tump. Ka	-54.8	-6.73	-325	324.7	-76.578	-342	242.9	-402.75	279.09945	blk lt 4
2~3	Tump. Ki	-63.1	-9.03	327	-327	-90.198	237.9	-351.5	271.818	-415.76199	blk lt 4
	Lap	31.59	4.52	0.15	-0.15	45.134	28.56	28.3	36.1652	35.85855	blk lt 4
	Tump. Ka	-62.8	-8.93	-327	327.1	-89.643	-351	237.9	-415.04	271.92396	blk lt 4
3~4	Tump. Ki	-63	-9	327	-327	-90.032	237.4	-350.9	271.325	-415.02237	blk lt 4
	Lap	31.52	4.501	0.09	-0.09	45.022	28.45	28.28	36.023	35.83398	blk lt 4
	Tump. Ka	-63	-9	-327	326.7	-90.031	-351	237.3	-414.83	271.13688	blk lt 4
1~2	Tump. Ki	-71.7	-11.5	299	-299	-104.5	204.4	-333.4	231.167	-396.28323	blk lt 5
	Lap	32.04	4.576	2.67	-2.67	45.7744	31.24	26.44	39.3305	33.72768	blk lt 5
	Tump. Ka	-53.3	-6.32	-293	293.5	-74.062	-312	216.1	-368.06	248.18346	blk lt 5
2~3	Tump. Ki	-63.2	-9.04	298	-298	-90.239	211.2	-324.9	240.731	-384.73323	blk lt 5
	Lap	31.6	4.523	0.16	-0.16	45.1544	28.58	28.3	36.1922	35.86254	blk lt 5
	Tump. Ka	-62.7	-8.92	-298	297.5	-89.56	-324	211.3	-383.9	240.90381	blk lt 5
3~4	Tump. Ki	-63	-9	297	-297	-90.03	210.8	-324.3	240.27	-383.96337	blk lt 5
	Lap	31.52	4.501	0.09	-0.09	45.0232	28.45	28.29	36.024	35.83503	blk lt 5
	Tump. Ka	-63	-9	-297	297.1	-90.031	-324	210.6	-383.78	240.08103	blk lt 5

Tabel 5.2.: Momen rencana balok portal as B ( zona 1 )

BLK	Letak	MD (kNm)	ML (kNm)	M.Gempa (kNm)		1,2 MD+ 1,6 ML (kNm)	0,9 (MD+ ME) (kNm)		1,05(MD+0,6ML+ME) (kNm)		KET
				Kiri	Kanan		kiri	kanan	kiri	kanan	
				1~2	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-66.6 33.34 -62.8	-18.8 9.182 -15.9	244 2.36 -239	-244 -2 239.2	-109.91 54.6944 -100.72	
2~3	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-65.5 32.68 -65.1	-18.1 9.004 -17.9	237 0.07 -237	-237 -0.07 237.1	-107.52 53.6176 -106.87	154.5 29.47 -272	-272.5 29.35 154.7	168.905 40.0558 -328.64	-329.25732 39.90882 169.23459	blk lt 1 blk lt 1 blk lt 1
3~4	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-65.4 32.66 -65.3	-18 8.996 -18	237 0.09 -237	-237 -0.09 236.6	-107.29 53.5844 -107.17	154.3 29.47 -272	-272 29.31 154.2	168.644 40.0508 -328.38	-328.65903 39.86808 168.55209	blk lt 1 blk lt 1 blk lt 1
1~2	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-70 33.22 -59.6	-20 9.15 -15.7	329 3.02 -323	-329 -3.02 322.5	-116.03 54.498 -96.602	232.7 32.61 -344	-358.7 27.18 236.6	258.887 43.8081 -411.11	-431.06154 37.4724 266.16471	blk lt 2 blk lt 2 blk lt 2
2~3	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-65.3 32.74 -65.3	-18 9.025 -18	321 0.17 -321	-321 -0.17 321.1	-107.12 53.7232 -107.06	230.6 29.61 -348	-348.1 29.31 230.3	257.643 40.236 -417.01	-417.4044 39.8811 257.32287	blk lt 2 blk lt 2 blk lt 2
3~4	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-65.3 32.68 -65.4	-18 9.003 -18	321 0.11 -320	-321 -0.11 320.4	-107.14 53.6232 -107.24	229.8 29.52 -347	-347.3 29.31 229.5	256.777 40.1066 -416.4	-416.56524 39.86934 256.46355	blk lt 2 blk lt 2 blk lt 2
1~2	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-72.9 33.22 -56.7	-21.2 9.151 -14.5	345 3.07 -339	-345 -3.07 339.1	-121.38 54.5044 -91.232	245 32.66 -356	-376.3 27.14 254.2	272.54 43.8654 -424.65	-452.35491 37.42473 287.36337	blk lt 3 blk lt 3 blk lt 3
2~3	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-65.4 32.75 -65.1	-18 9.03 -17.9	340 0.14 -340	-340 -0.14 339.7	-107.35 53.742 -106.79	247.1 29.6 -364	-364.8 29.34 247.1	276.889 40.2224 -436.29	-436.98312 39.91995 276.98097	blk lt 3 blk lt 3 blk lt 3
3~4	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-65.3 32.68 -65.3	-18 9.002 -18	339 0.1 -339	-339 -0.1 339.1	-107.19 53.6132 -107.21	246.6 29.49 -364	-364.2 29.32 246.4	276.335 40.0808 -436.02	-436.19688 39.87921 276.11367	blk lt 3 blk lt 3 blk lt 3
1~2	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-75.4 33.22 -54.2	-22.1 9.151 -13.6	331 2.93 -325	-331 -2.93 324.7	-125.88 54.5032 -86.74	229.6 32.53 -341	-365.4 27.26 243.5	253.962 43.7195 -406.37	-440.19066 37.56858 275.48724	blk lt 4 blk lt 4 blk lt 4
2~3	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-65.5 32.77 -65	-18 9.038 -17.9	327 0.15 -327	-327 -0.15 327.1	-107.44 53.7788 -106.63	235.8 29.62 -353	-353.6 29.36 235.9	263.679 40.2505 -423.02	-423.90054 39.94389 263.94774	blk lt 4 blk lt 4 blk lt 4
3~4	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-65.3 32.67 -65.3	-18 9.001 -18	327 0.09 -327	-327 -0.09 326.7	-107.2 53.6092 -107.2	235.3 29.49 -353	-353 29.32 235.2	263.231 40.0718 -422.93	-423.11619 39.88278 263.04138	blk lt 4 blk lt 4 blk lt 4
1~2	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-77.5 33.22 -52.1	-22.9 9.151 -12.8	299 2.67 -293	-299 -2.67 293.5	-129.64 54.5032 -82.978	199.2 32.3 -311	-338.7 27.5 217.2	217.925 43.4454 -370.88	-409.52604 37.84263 245.36967	blk lt 5 blk lt 5 blk lt 5
2~3	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-65.5 32.78 -65	-18.1 9.044 -17.8	298 0.16 -298	-298 -0.16 297.5	-107.5 53.81 -106.5	209.1 29.65 -326	-327 29.36 209.3	232.579 40.2847 -391.85	-392.88501 39.95502 232.95468	blk lt 5 blk lt 5 blk lt 5
3~4	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-65.3 32.68 -65.3	-18 9.002 -18	297 0.09 -297	-297 -0.09 297.1	-107.2 53.6132 -107.2	208.7 29.49 -326	-326.3 29.33 208.6	232.177 40.0745 -391.87	-392.05614 39.88551 231.98553	blk lt 5 blk lt 5 blk lt 5

Tabel 5.3.a Momen rencana balok portal as I ( zona I )

BLK	Letak	MD (kNm)	ML (kNm)	M.Gempa (kNm)		1,2 MD+ 1,6 ML (kNm)	0,9 (MD+ ME) (kNm)		1,05(MD+0,6ML+ME) (kNm)		KET
				Kiri	Kanan		kiri	kanan	kiri	kanan	
a~b	Tump. Ki	-215	-159	257	-257	-513.49	37.28	-425	-56.915	-596.24376	blk lt 1
	Lap	182.9	154	1.8	-1.8	465.872	166.3	163	290.968	287.18214	blk lt 1
	Tump. Ka	-220	-163	-253	253.2	-525.25	-426	29.68	-599.88	-68.12484	blk lt 1
b~c	Tump. Ki	-220	-163	253	-253	-525.25	29.53	-426	-68.298	-599.70729	blk lt 1
	Lap	182.9	154	-1.72	1.718	465.872	163.1	166.2	287.271	290.87919	blk lt 1
	Tump. Ka	-215	-159	-256	256.5	-513.49	-425	36.98	-595.89	-57.26721	blk lt 1
a~b	Tump. Ki	-219	-162	369	-369	-521.34	135.2	-528.9	55.7796	-718.97343	blk lt 2
	Lap	182.7	153.8	2.47	-2.47	465.249	166.6	162.2	291.274	286.08447	blk lt 2
	Tump. Ka	-217	-161	-364	364	-518.64	-523	131.9	-711.96	52.4118	blk lt 2
b~c	Tump. Ki	-217	-161	364	-364	-518.64	131.8	-523.1	52.268	-711.81915	blk lt 2
	Lap	182.7	153.8	-2.4	2.4	465.249	162.2	166.6	286.159	291.19902	blk lt 2
	Tump. Ka	-219	-162	-369	368.7	-521.34	-529	134.9	-718.68	55.48662	blk lt 2
a~b	Tump. Ki	-221	-163	405	-405	-526.27	166	-563.5	90.8019	-760.3155	blk lt 3
	Lap	182.6	153.8	2.64	-2.64	465.201	166.7	162	291.415	285.88182	blk lt 3
	Tump. Ka	-215	-160	-400	400	-513.8	-554	166.2	-746.7	93.35025	blk lt 3
b~c	Tump. Ki	-215	-160	400	-400	-513.8	166.1	-553.7	93.2106	-746.5605	blk lt 3
	Lap	182.6	153.8	-2.57	2.566	465.201	162.1	166.7	285.954	291.34287	blk lt 3
	Tump. Ka	-221	-163	-405	405	-526.27	-563	165.8	-760.03	90.5163	blk lt 3
a~b	Tump. Ki	-223	-164	400	-400	-530.19	159.4	-559.9	82.3339	-756.87444	blk lt 4
	Lap	182.7	153.8	2.58	-2.58	465.25	166.7	162.1	291.387	285.97317	blk lt 4
	Tump. Ka	-214	-158	-394	394.5	-509.79	-547	162.8	-738.29	90.09168	blk lt 4
b~c	Tump. Ki	-214	-158	394	-394	-509.79	162.6	-547.2	89.951	-738.15042	blk lt 4
	Lap	182.7	153.8	-2.51	2.508	465.25	162.1	166.7	286.047	291.31347	blk lt 4
	Tump. Ka	-223	-164	-399	399.3	-530.19	-560	159.1	-756.59	82.04616	blk lt 4
a~b	Tump. Ki	-224	-165	369	-369	-533.58	130.2	-533.4	47.6839	-726.57984	blk lt 5
	Lap	182.7	153.8	-2.37	2.372	465.273	162.3	166.5	286.204	291.18558	blk lt 5
	Tump. Ka	-212	-157	-364	364	-506.35	-518	136.6	-704.04	60.2574	blk lt 5
b~c	Tump. Ki	-212	-157	364	-364	-506.35	136.5	-518.4	60.1167	-703.9032	blk lt 5
	Lap	182.7	153.8	-2.3	2.302	465.273	162.3	166.5	286.278	291.11208	blk lt 5
	Tump. Ka	-224	-165	-368	368.4	-533.58	-533	130	-726.29	47.39616	blk lt 5



Tabel 5.4.a Momen rencana balok portal as II ( zona I)

BLK	Letak	MD (kNm)	ML (kNm)	M.Gempa (kNm)		1,2 MD+ 1,6 ML (kNm)	0,9 (MD+ ME) (kNm)		1,05(MD+0,6ML+ME) (kNm)		KET
				Kiri	Kanan		kiri	kanan	kiri	kanan	
				a~b	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-260 199.7 -243	-187 163.7 -175	321 2.07 -317	-321 -2.07 317.3	-611.77 501.581 -570.4	
b~c	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-243 199.7 -260	-175 163.7 -187	317 -2 -321	-317 1.999 321.1	-570.4 501.581 -611.77	67.03 178 -523	-503.8 181.6 54.7	-31.742 310.744 -728.4	-697.6893 314.94162 -54.05841	blk lt 6 blk lt 6 blk lt 6
a~b	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-262 199.7 -241	-188 163.7 -174	263 1.7 -260	-263 -1.7 260	-614.44 501.595 -567.7	1.747 181.3 -451	-472.4 178.2 16.72	-116.34 314.637 -636.02	-669.56568 311.06901 -89.9283	blk lt 7 blk lt 7 blk lt 7
b~c	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-241 199.7 -262	-174 163.7 -188	260 -1.63 -263	-260 1.626 263.2	-567.7 501.595 -614.44	16.6 178.3 -472	-451.2 181.2 1.487	-90.08 311.146 -669.26	-635.8695 314.56026 -116.64303	blk lt 7 blk lt 7 blk lt 7
a~b	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-263 199.7 -241	-189 163.7 -173	201 1.33 -198	-201 -1.33 197.9	-616.73 501.506 -565.57	-55.8 180.9 -395	-416.8 178.5 -38.35	-183.89 314.18 -569.37	-605.02344 311.39787 -153.79287	blk lt 8 blk lt 8 blk lt 8
b~c	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-241 199.7 -263	-173 163.7 -189	198 -1.24 -200	-198 1.237 200.2	-565.57 501.506 -616.73	-38.5 178.6 -416	-394.4 180.8 -56.12	-153.98 311.49 -604.66	-569.18547 314.08797 -184.25274	blk lt 8 blk lt 8 blk lt 8
a~b	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-263 199.8 -240	-188 163.8 -173	141 0.61 -140	-141 -0.61 139.7	-616.66 501.845 -564.97	-110 180.4 -342	-363.3 179.3 -90.36	-246.57 313.626 -507.82	-542.53017 312.33615 -214.42848	blk lt 9 blk lt 9 blk lt 9
b~c	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-240 199.8 -263	-173 163.8 -188	140 -0.71 -141	-140 0.706 141.3	-564.97 501.845 -616.66	-90.2 179.2 -364	-342 180.4 -109.3	-214.24 312.24 -542.91	-508.00218 313.72215 -246.18552	blk lt 9 blk lt 9 blk lt 9
a~b	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-170 128.1 -156	-104 93.25 -91.1	101 1.43 -98.6	-101 -1.43 98.61	-370.3 302.887 -332.62	-61.9 116.6 -229	-244.5 114 -51.37	-137.55 194.725 -324.42	-350.65254 191.71971 -117.33414	blk lt 10 blk lt 10 blk lt 10
b~c	Tump. Ki Lap Tump. Ka	-156 128.1 -170	-91.1 93.25 -104	99.1 -1.7 -103	-99.1 1.697 102.5	-332.62 302.887 -370.3	-50.9 113.7 -245	-229.3 116.8 -60.92	-116.79 191.44 -351.75	-324.96534 195.00411 -136.45149	blk lt 10 blk lt 10 blk lt 10



Tabel 5.5.a Momen rencana balok portal as III ( zona 1)

BLK	Letak	MD (kNm)	ML (kNm)	M.Gempa (kNm)		1,2 MD+ 1,6 ML (kNm)	0,9 (MD+ ME) (kNm)		1,05(MD+0,6ML+ME) (kNm)		KET
				Kiri	Kanan		kiri	kanan	kiri	kanan	
a~b	Tump. Ki	-249	-179	257	-257	-584.27	7.417	-454.9	-103.95	-643.27641	blk lt 1
	Lap	200	163.9	1.8	-1.8	502.23	181.6	178.4	315.151	311.36469	blk lt 1
	Tump. Ka	-254	-182	-253	253.2	-596.6	-456	-0.563	-647.38	-115.62621	blk lt 1
b~c	Tump. Ki	-254	-182	253	-253	-596.6	-0.71	-456.2	-115.8	-647.20866	bik lt 1
	Lap	200	163.9	-1.72	1.718	502.23	178.5	181.6	311.454	315.06174	blk lt 1
	Tump. Ka	-249	-179	-256	256.5	-584.27	-455	7.115	-642.92	-104.29986	blk lt 1
a~b	Tump. Ki	-253	-182	369	-369	-593.64	104.7	-559.3	7.77273	-766.98027	blk lt 2
	Lap	199.7	163.7	2.47	-2.47	501.528	182	177.5	315.403	310.21389	blk lt 2
	Tump. Ka	-250	-180	-364	364	-588.63	-553	102.2	-758.6	5.775	blk lt 2
b~c	Tump. Ki	-250	-180	364	-364	-588.63	102.1	-552.9	5.63115	-758.45595	blk lt 2
	Lap	199.7	163.7	-2.4	2.4	501.528	177.6	181.9	310.288	315.32844	blk lt 2
	Tump. Ka	-253	-182	-369	368.7	-593.64	-559	104.5	-766.69	7.47978	blk lt 2
a~b	Tump. Ki	-255	-183	405	-405	-599.64	135.1	-594.4	42.1121	-809.00526	blk lt 3
	Lap	199.7	163.7	2.64	-2.64	501.476	182.1	177.3	315.542	310.00851	blk lt 3
	Tump. Ka	-248	-178	-400	400	-582.73	-583	136.9	-792.66	47.38986	blk lt 3
b~c	Tump. Ki	-248	-178	400	-400	-582.73	136.8	-583	47.2502	-792.52089	blk lt 3
	Lap	199.7	163.7	-2.57	2.566	501.476	177.4	182	310.081	315.46956	blk lt 3
	Tump. Ka	-255	-183	-405	405	-599.64	-594	134.9	-808.72	41.82654	blk lt 3
a~b	Tump. Ki	-257	-185	400	-400	-604.45	128.2	-591.1	33.0811	-806.12721	blk lt 4
	Lap	199.7	163.7	2.58	-2.58	501.533	182.1	177.4	315.519	310.1049	blk lt 4
	Tump. Ka	-246	-177	-394	394.5	-577.82	-576	133.8	-783.68	44.70543	blk lt 4
b~c	Tump. Ki	-246	-177	394	-394	-577.82	133.6	-576.2	44.5647	-783.53667	blk lt 4
	Lap	199.7	163.7	-2.51	2.508	501.532	177.5	182	310.177	315.44415	blk lt 4
	Tump. Ka	-257	-185	-399	399.3	-604.45	-591	128	-805.84	32.79339	blk lt 4
a~b	Tump. Ki	-259	-186	369	-369	-608.6	98.76	-564.9	-2.0567	-776.32044	blk lt 5
	Lap	199.7	163.7	-2.37	2.372	501.56	177.6	181.9	310.339	315.32004	blk lt 5
	Tump. Ka	-244	-175	-364	364	-573.61	-547	107.9	-748.93	15.36675	blk lt 5
b~c	Tump. Ki	-244	-175	364	-364	-573.61	107.8	-547.1	15.2261	-748.79385	blk lt 5
	Lap	199.7	163.7	-2.3	2.302	501.56	177.7	181.8	310.412	315.24654	blk lt 5
	Tump. Ka	-259	-186	-368	368.4	-608.6	-565	98.51	-776.03	-2.34444	blk lt 5

Tabel 5.6.a Momen rencana balok portal as IV ( zona 1)

BLK	Letak	MD (kNm)	ML (kNm)	M.Gempa (kNm)		1,2 MD+ 1,6 ML (kNm)	0,9 (MD+ ME) (kNm)		1,05(MD+0,6ML+ME) (kNm)		KET
				Kiri	Kanan		kiri	kanan	kiri	kanan	
a~b	Tump. Ki	-249	-179	257	-257	-584.27	7.416	-454.9	-103.95	-643.27746	blk lt 1
	Lap	200	163.9	1.8	-1.8	502.23	181.6	178.4	315.151	311.36469	blk lt 1
	Tump. Ka	-254	-182	-253	253.2	-596.6	-455	-0.563	-647.38	-115.62621	blk lt 1
b~c	Tump. Ki	-254	-182	253	-253	-596.6	-0.71	-456.2	-115.8	-647.20866	blk lt 1
	Lap	200	163.9	-1.72	1.718	502.23	178.5	181.6	311.454	315.06174	blk lt 1
	Tump. Ka	-249	-179	-256	256.5	-584.27	-455	7.115	-642.93	-104.30091	blk lt 1
a~b	Tump. Ki	-253	-182	369	-369	-593.64	104.7	-559.3	7.7721	-766.9809	blk lt 2
	Lap	199.7	163.7	2.47	-2.47	501.528	182	177.5	315.403	310.21389	blk lt 2
	Tump. Ka	-250	-180	-364	364	-588.63	-553	102.2	-758.6	5.77605	blk lt 2
b~c	Tump. Ki	-250	-180	364	-364	-588.63	102.1	-552.9	5.6322	-758.4549	blk lt 2
	Lap	199.7	163.7	-2.4	2.4	501.528	177.6	181.9	310.288	315.32844	blk lt 2
	Tump. Ka	-253	-182	-369	368.7	-593.64	-559	104.5	-766.69	7.47915	blk lt 2
a~b	Tump. Ki	-255	-183	405	-405	-599.65	135.1	-594.4	42.1105	-809.00694	blk lt 3
	Lap	199.7	163.7	2.64	-2.64	501.476	182.1	177.3	315.542	310.00851	blk lt 3
	Tump. Ka	-248	-178	-400	400	-582.73	-583	136.9	-792.66	47.39091	blk lt 3
b~c	Tump. Ki	-248	-178	400	-400	-582.73	136.8	-583	47.2513	-792.51984	blk lt 3
	Lap	199.7	163.7	-2.57	2.566	501.476	177.4	182	310.081	315.46956	blk lt 3
	Tump. Ka	-255	-183	-405	405	-599.65	-594	134.9	-808.72	41.82486	blk lt 3
a~b	Tump. Ki	-257	-185	400	-400	-604.45	128.2	-591.1	33.0794	-806.12889	blk lt 4
	Lap	199.7	163.7	2.58	-2.58	501.533	182.1	177.4	315.519	310.1049	blk lt 4
	Tump. Ka	-246	-177	-394	394.5	-577.81	-576	133.8	-783.67	44.70816	blk lt 4
b~c	Tump. Ki	-246	-177	394	-394	-577.81	133.7	-576.2	44.5675	-783.53394	blk lt 4
	Lap	199.7	163.7	-2.51	2.508	501.533	177.5	182	310.178	315.4452	blk lt 4
	Tump. Ka	-257	-185	-399	399.3	-604.45	-591	127.9	-805.84	32.79171	blk lt 4
a~b	Tump. Ki	-259	-186	369	-369	-608.6	98.76	-564.9	-2.0584	-776.32212	blk lt 5
	Lap	199.7	163.7	-2.37	2.372	501.56	177.6	181.9	310.339	315.32004	blk lt 5
	Tump. Ka	-244	-175	-364	364	-573.61	-547	107.9	-748.93	15.36843	blk lt 5
b~c	Tump. Ki	-244	-175	364	-364	-573.61	107.8	-547.1	15.2277	-748.79217	blk lt 5
	Lap	199.7	163.7	-2.3	2.302	501.56	177.7	181.8	310.412	315.24654	blk lt 5
	Tump. Ka	-259	-186	-368	368.4	-608.6	-565	98.51	-776.03	-2.34612	blk lt 5

Tabel 5.6.a Momen rencana balok portal as IV ( zona 1)

BLK	Letak	MD (kNm)	ML (kNm)	M.Gempa		1,2 MD+ 1,6 ML (kNm)	0,9 (MD+ ME)		1,05(MD+0,6ML+ME)		KET
				(kNm)			(kNm)		(kNm)		
				Kiri	Kanan		kiri	kanan	kiri	kanan	
a~b	Tump. Ki	-260	-187	321	-321	-612.01	54.85	-523.6	-53.926	-728.84112	blk lt 6
	Lap	199.7	163.7	2.07	-2.07	501.585	181.6	177.9	315.017	310.674	blk lt 6
	Tump. Ka	-243	-174	-317	317.3	-570.15	-504	67.25	-697.67	-31.4433	blk lt 6
b~c	Tump. Ki	-243	-174	317	-317	-570.15	67.13	-503.7	-31.584	-697.5318	blk lt 6
	Lap	199.7	163.7	-2	1.999	501.585	178	181.6	310.746	314.94435	blk lt 6
	Tump. Ka	-260	-187	-321	321.1	-612.01	-523	54.61	-728.56	-54.21087	blk lt 6
a~b	Tump. Ki	-262	-188	263	-263	-614.59	1.735	-472.5	-116.4	-669.62973	blk lt 7
	Lap	199.7	163.7	1.7	-1.7	501.598	181.3	178.2	314.639	311.07069	blk lt 7
	Tump. Ka	-241	-174	-260	260	-567.43	-451	16.83	-635.85	-89.75589	blk lt 7
b~c	Tump. Ki	-241	-174	260	-260	-567.43	16.7	-451.1	-89.906	-635.69604	blk lt 7
	Lap	199.7	163.7	-1.63	1.626	501.598	178.3	181.2	311.147	314.56194	blk lt 7
	Tump. Ka	-262	-188	-263	263.2	-614.59	-472	1.475	-669.33	-116.70708	blk lt 7
a~b	Tump. Ki	-263	-189	201	-201	-617.01	-55.9	-416.9	-184.07	-605.2074	blk lt 8
	Lap	199.7	163.7	1.33	-1.33	501.52	180.9	178.5	314.192	311.409	blk lt 8
	Tump. Ka	-240	-173	-198	197.9	-565.28	-394	-38.23	-569.18	-153.60618	blk lt 8
b~c	Tump. Ki	-240	-173	198	-198	-565.28	-38.4	-394.3	-153.79	-568.99878	blk lt 8
	Lap	199.7	163.7	-1.24	1.237	501.52	178.6	180.8	311.501	314.0991	blk lt 8
	Tump. Ka	-263	-189	-200	200.2	-617.01	-417	-56.23	-604.84	-184.4367	blk lt 8
a~b	Tump. Ki	-263	-188	141	-141	-616.97	-110	-363.4	-246.76	-542.72547	blk lt 9
	Lap	199.8	163.8	0.61	-0.61	501.847	180.4	179.3	313.626	312.33678	blk lt 9
	Tump. Ka	-240	-173	-140	139.7	-564.67	-342	-90.24	-507.62	-214.23087	blk lt 9
b~c	Tump. Ki	-240	-173	140	-140	-564.67	-90.1	-341.9	-214.04	-507.80457	blk lt 9
	Lap	199.8	163.8	-0.71	0.706	501.847	179.2	180.4	312.24	313.72278	blk lt 9
	Tump. Ka	-263	-188	-141	141.3	-616.97	-364	-109.4	-543.11	-246.38082	blk lt 9
a~b	Tump. Ki	170.3	-104	101	-101	38.1892	244.6	61.95	219.939	6.83949	blk lt 10
	Lap	128.1	93.26	1.43	-1.43	302.904	116.6	114	194.737	191.7321	blk lt 10
	Tump. Ka	-156	-91	-98.6	98.61	-332.33	-229	-51.26	-324.24	-117.15669	blk lt 10
b~c	Tump. Ki	-156	-91	99.1	-99.1	-332.33	-50.8	-229.2	-116.61	-324.78789	blk lt 10
	Lap	128.1	93.26	-1.7	1.697	302.904	113.7	116.8	191.453	195.0165	blk lt 10
	Tump. Ka	-170	-104	-103	102.5	-370.55	-246	-61	-351.91	-136.60416	blk lt 10

Tabel 5.7.a Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as A (zona 1)

Lt	Balok	Letak	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tul Dipakai	As Aktual (mm <sup>2</sup> )	Mnak (kNm)		
						Mnak -	Mnak +	
I	1~2	Tump. Ki	2984.836	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	258.2861	3 D- 25	1472.7		257.839	
	2~3	Tump. Ki	2917.388	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	190.8375	3 D- 25	1472.7			257.839
	3~4	Tump. Ki	2912.331	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	185.7811	3 D- 25	1472.7			257.839
II	1~2	Tump. Ki	3804.707	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1078.157	3 D- 25	1472.7		257.839	
	2~3	Tump. Ki	3703.569	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	977.0195	3 D- 25	1472.7			257.839
	3~4	Tump. Ki	3696.195	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	969.6448	3 D- 25	1472.7			257.839
III	1~2	Tump. Ki	3984.846	9 D- 25	4418.1	615.959		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1258.296	3 D- 25	1472.7		257.839	
	2~3	Tump. Ki	3877.935	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1151.385	3 D- 25	1472.7			257.839
	3~4	Tump. Ki	3871.043	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1144.493	3 D- 25	1472.7			257.839
IV	1~2	Tump. Ki	3868.008	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1141.458	3 D- 25	1472.7		257.839	
	2~3	Tump. Ki	3761.164	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1034.614	3 D- 25	1472.7			257.839
	3~4	Tump. Ki	3754.571	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1028.921	3 D- 25	1472.7			257.839
V	1~2	Tump. Ki	3587.505	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	860.9551	3 D- 25	1472.7		257.839	
	2~3	Tump. Ki	3484.533	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	757.9831	3 D- 25	1472.7			257.839
	3~4	Tump. Ki	3477.669	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	751.1195	3 D- 25	1472.7			257.839

Tabel 5.7.a Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as A (zona 1)

Lt	Balok	Letak	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tul Dipakai	As Aktual (mm <sup>2</sup> )	Mnak (kNm)	
						Mnak -	Mnak +
VI	1~2	Tump. Ki	3199.542	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	472.9921	3 D- 25	1472.7		257.839
	2~3	Tump. Ki	3103.349	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	376.7994	3 D- 25	1472.7		257.839
	3~4	Tump. Ki	3096.014	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	369.464	3 D- 25	1472.7		257.839
VII	1~2	Tump. Ki	2734.066	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	7.51553	3 D- 25	1472.7		257.839
	2~3	Tump. Ki	2647.032	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	-79.5183	3 D- 25	1472.7		257.839
	3~4	Tump. Ki	2638.68	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	-87.8703	3 D- 25	1472.7		257.839
VIII	1~2	Tump. Ki	2214.643	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	-511.907	3 D- 25	1472.7		257.839
	2~3	Tump. Ki	2140.041	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	-586.509	3 D- 25	1472.7		257.839
	3~4	Tump. Ki	2134.615	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	-591.935	3 D- 25	1472.7		257.839
IX	1~2	Tump. Ki	1669.653	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	-1056.9	3 D- 25	1472.7		257.839
	2~3	Tump. Ki	1635.691	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	-1090.86	3 D- 25	1472.7		257.839
	3~4	Tump. Ki	1642.624	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	-1083.93	3 D- 25	1472.7		257.839
X	1~2	Tump. Ki	922.2805	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	-1804.27	3 D- 25	1472.7		257.839
	2~3	Tump. Ki	873.1909	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	-1853.36	3 D- 25	1472.7		257.839
	3~4	Tump. Ki	891.0107	7 D- 25	3436.3	496.757	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	-1835.54	3 D- 25	1472.7		257.839

Tabel 5.8.a Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as B (zona I)

Lt	Balok	Letak	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tul Dipakai	As Aktual (mm <sup>2</sup> )	Mnak (kNm)		
						Mnak -	Mnak +	
I	1~2	Tump. Ki	3066.817	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	340.2668	3 D- 25	1472.7		257.839	
	2~3	Tump. Ki	2989.947	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	263.3972	3 D- 25	1472.7			257.839
	3~4	Tump. Ki	2984.613	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	258.0633	3 D- 25	1472.7			257.839
II	1~2	Tump. Ki	3897.565	8 D- 25	3927.2	564.929		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1171.015	4 D- 25	1963.6		345.8	
	2~3	Tump. Ki	3775.807	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1049.257	3 D- 25	1472.7			257.839
	3~4	Tump. Ki	3768.326	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1041.776	3 D- 25	1472.7			257.839
III	1~2	Tump. Ki	4087.402	9 D- 25	4418.1	626.459		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1360.852	4 D- 25	1963.6		345.8	
	2~3	Tump. Ki	3950.358	9 D- 25	4418.1	626.459		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1223.808	4 D- 25	1963.6			345.8
	3~4	Tump. Ki	3943.348	9 D- 25	4418.1	626.459		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1216.798	4 D- 25	1963.6			345.8
IV	1~2	Tump. Ki	3978.954	9 D- 25	4418.1	626.459		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1252.404	4 D- 25	1963.6		345.8	
	2~3	Tump. Ki	3833.722	8 D- 25	3927.2	564.929		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1107.172	4 D- 25	1963.6			345.8
	3~4	Tump. Ki	3826.73	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	1100.18	3 D- 25	1472.7			257.839
V	1~2	Tump. Ki	3705.569	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	979.019	3 D- 25	1472.7		257.839	
	2~3	Tump. Ki	3557.209	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	830.6588	3 D- 25	1472.7			257.839
	3~4	Tump. Ki	3549.819	8 D- 25	3927.2	558.084		
		Lap		3 D- 25	1472.7			
		Tump. Ka	823.2692	3 D- 25	1472.7			257.839

Tabel 5.8.a Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as B (zona I)

Lt	Balok	Letak	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tul Dipakai	As Aktual (mm <sup>2</sup> )	Mnak (kNm)		
						Mnak -	Mnak +	
VI	1~2	Tump. Ki	3323.558	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	597.0078	3 D- 25	1472.7		257.839	
	2~3	Tump. Ki	3176.121	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	449.5706	3 D- 25	1472.7			257.839
	3~4	Tump. Ki	3169.154	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	441.6043	3 D- 25	1472.7			257.839
VII	1~2	Tump. Ki	2863.172	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	136.6218	3 D- 25	1472.7			257.839
	2~3	Tump. Ki	2720.151	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	-6.3988	3 D- 25	1472.7			257.839
	3~4	Tump. Ki	2710.949	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	-15.6008	3 D- 25	1472.7			257.839
VIII	1~2	Tump. Ki	2348.334	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	-378.216	3 D- 25	1472.7			257.839
	2~3	Tump. Ki	2213.978	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	-512.572	3 D- 25	1472.7			257.839
	3~4	Tump. Ki	2188.407	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	-538.143	3 D- 25	1472.7			257.839
IX	1~2	Tump. Ki	1804.342	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	-922.208	3 D- 25	1472.7			257.839
	2~3	Tump. Ki	1706.48	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	-1020.07	3 D- 25	1472.7			257.839
	3~4	Tump. Ki	1713.716	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	-1012.83	3 D- 25	1472.7			257.839
X	1~2	Tump. Ki	1124.723	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	-1601.83	3 D- 25	1472.7			257.839
	2~3	Tump. Ki	1031.44	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	-1695.11	3 D- 25	1472.7			257.839
	3~4	Tump. Ki	1054.049	7 D- 25	3436.3	496.757		
		Lap		4 D- 25	1963.6			
		Tump. Ka	-1672.5	3 D- 25	1472.7			257.839

Tabel 5.9.a Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as 1 (zona 1)

Lt	Balok	Letak	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tul Dipakai	As Aktual (mm <sup>2</sup> )	Mnak (kNm)	
						Mnak -	Mnak +
I	a~b	Tump. Ki	4632.442	10 D- 25	4909	706.112	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	1905.892	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	4737.268	10 D- 25	4909	706.112	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2010.718	7 D- 25	3436.3		615.731
II	a~b	Tump. Ki	4702.427	10 D- 25	4909	706.112	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	1975.877	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	4678.364	10 D- 25	4909	706.112	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	1951.814	7 D- 25	3436.3		615.731
III	a~b	Tump. Ki	4746.379	10 D- 25	4909	706.112	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2019.829	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	4635.241	10 D- 25	4909	706.112	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	1908.691	7 D- 25	3436.3		615.731
IV	a~b	Tump. Ki	4781.31	10 D- 25	4909	706.112	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2054.76	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	4599.464	10 D- 25	4909	706.112	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	1872.914	7 D- 25	3436.3		615.731
V	a~b	Tump. Ki	4811.542	10 D- 25	4909	706.112	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2084.992	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	4568.831	10 D- 25	4909	706.112	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	1842.281	7 D- 25	3436.3		615.731



Tabel 5.9.2 Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as 1 (zona 1)

Lt	Balok	Letak	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tul Dipakai	As Aktual (mm <sup>2</sup> )	Mnak (kNm)	
						Mnak -	Mnak +
VI	a~b	Tump. Ki	4836.317	10 D- 25	4909	701.693	524.746
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2109.767	6 D- 25	1472.7		
	b~c	Tump. Ki	4543.716	10 D- 25	4909	706.112	615.731
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	1817.166	7 D- 25	3436.3		
VII	a~b	Tump. Ki	4855.913	10 D- 25	4909	701.693	524.746
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2129.363	6 D- 25	2945.4		
	b~c	Tump. Ki	4523.942	10 D- 25	4909	706.112	615.731
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	1797.392	7 D- 25	3436.3		
VIII	a~b	Tump. Ki	4872.558	10 D- 25	4909	701.693	524.746
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2146.008	6 D- 25	2945.4		
	b~c	Tump. Ki	4508.421	10 D- 25	4909	706.112	615.731
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	1781.871	7 D- 25	3436.3		
IX	a~b	Tump. Ki	4870.062	10 D- 25	4909	701.693	524.746
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2143.512	6 D- 25	2945.4		
	b~c	Tump. Ki	4505.149	10 D- 25	4909	706.112	615.731
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	1778.599	7 D- 25	3436.3		
X	a~b	Tump. Ki	2861.058	10 D- 25	4909	694.979	434.769
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	134.5082	5 D- 25	2454.5		
	b~c	Tump. Ki	2592.134	10 D- 25	4909	684.867	345.8
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	-134.416	4 D- 25	1963.6		

Tabel 5.10.a Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as II (zona I)

Mnak -	Mnak +	Lt	Balok	Letak	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tul Dipakai	As Aktual (mm <sup>2</sup> )	Mnak (kNm)	
								Mnak -	Mnak +
832.357		I	a~b	Tump. Ki	5263.121	11 D- 25	5399.9	770.244	
	Lap				3 D- 25	1472.7			
	Tump. Ka			2536.571	7 D- 25	1472.7		615.731	
770.244			b~c	Tump. Ki	5373.76	11 D- 25	5399.9	770.244	
	Lap				3 D- 25	1472.7			
	Tump. Ka			2647.21	7 D- 25	3436.3		615.731	
832.357		II	a~b	Tump. Ki	5343.029	11 D- 25	5399.9	770.244	
	Lap				3 D- 25	1472.7			
	Tump. Ka			2616.479	7 D- 25	3436.3		615.731	
770.244			b~c	Tump. Ki	5303.177	11 D- 25	5399.9	770.244	
	Lap				3 D- 25	1472.7			
	Tump. Ka			2576.627	7 D- 25	3436.3		615.731	
832.357		III	a~b	Tump. Ki	5399.383	11 D- 25	5399.9	770.244	
	Lap				3 D- 25	1472.7			
	Tump. Ka			2672.833	7 D- 25	3436.3		615.731	
774.723			b~c	Tump. Ki	5250.951	11 D- 25	5399.9	770.244	
	Lap				3 D- 25	1472.7			
	Tump. Ka			2524.401	7 D- 25	3436.3		615.731	
832.357		IV	a~b	Tump. Ki	5441.828	12 D- 25	5890.8	832.357	
	Lap				3 D- 25	1472.7			
	Tump. Ka			2715.278	7 D- 25	3436.3		615.731	
774.723			b~c	Tump. Ki	5207.48	11 D- 25	5399.9	770.244	
	Lap				3 D- 25	1472.7			
	Tump. Ka			2480.93	7 D- 25	3436.3		615.731	
503.065		V	a~b	Tump. Ki	5478.524	12 D- 25	5890.8	832.357	
	Lap				3 D- 25	1472.7			
	Tump. Ka			2751.974	7 D- 25	3436.3		615.731	
503.065			b~c	Tump. Ki	5170.294	11 D- 25	5399.9	770.244	
	Lap				3 D- 25	1472.7			
	Tump. Ka			2443.744	7 D- 25	3436.3		615.731	

Tabel 5.11.a Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as III (zona I)

Lt	Balok	Letak	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tul Dipakai	As Aktual (mm <sup>2</sup> )	Mnak (kNm)	
						Mnak -	Mnak +
I	a~b	Tump. Ki	5263.468	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2536.918	7 D- 25	1472.7		615.731
	b~c	Tump. Ki	5373.377	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2646.827	7 D- 25	3436.3		615.731
II	a~b	Tump. Ki	5347.005	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2620.455	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5302.375	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2575.825	7 D- 25	3436.3		615.731
III	a~b	Tump. Ki	5400.541	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2673.991	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5249.757	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2523.207	7 D- 25	3436.3		615.731
IV	a~b	Tump. Ki	5443.344	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2716.794	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5205.947	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2479.397	7 D- 25	3436.3		615.731
V	a~b	Tump. Ki	5480.351	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2753.801	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5168.413	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2441.863	7 D- 25	3436.3		615.731

Tabel 5.11.a Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as III (zona I)

Lt	Balok	Letak	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tul Dipakai	As Aktual (mm <sup>2</sup> )	Mnak (kNm)	
						Mnak -	Mnak +
VI	a~b	Tump. Ki	5510.735	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2784.185	7 D- 25	1472.7		615.731
	b~c	Tump. Ki	5137.629	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2411.079	7 D- 25	3436.3		615.731
VII	a~b	Tump. Ki	5534.762	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2808.212	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5113.352	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2386.802	7 D- 25	3436.3		615.731
VIII	a~b	Tump. Ki	5555.338	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2828.788	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5094.166	11 D- 25	5399.9	774.723	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2367.616	8 D- 25	3927.2		707.723
IX	a~b	Tump. Ki	5554.91	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2828.36	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5088.746	11 D- 25	5399.9	774.723	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2362.196	8 D- 25	3927.2		707.723
X	a~b	Tump. Ki	3358.014	7 D- 25	3436.3	503.069	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	631.4636	5 D- 25	2454.5		434.769
	b~c	Tump. Ki	3018.465	7 D- 25	3436.3	503.069	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	291.9145	5 D- 25	2454.5		434.769

Tabel 5.12.a Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as IV (zona I)

Lt	Balok	Letak	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tul Dipakai	As Aktual (mm <sup>2</sup> )	Mnak (kNm)	
						Mnak -	Mnak +
I	a~b	Tump. Ki	5263.477	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2536.927	7 D- 25	1472.7		615.731
	b~c	Tump. Ki	5373.377	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2646.827	7 D- 25	3436.3		615.731
II	a~b	Tump. Ki	5347.023	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2620.473	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5302.366	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2575.816	7 D- 25	3436.3		615.731
III	a~b	Tump. Ki	5400.568	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2674.018	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5249.739	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2523.189	7 D- 25	3436.3		615.731
IV	a~b	Tump. Ki	5443.362	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2716.812	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5205.911	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2479.361	7 D- 25	3436.3		615.731
V	a~b	Tump. Ki	5480.378	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2753.828	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5168.395	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2441.845	7 D- 25	3436.3		615.731

Tabel 5.12.a Tulangan balok dan momen nominal aktual portal as IV (zona 1)

Lt	Balok	Letak	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tul Dipakai	As Aktual (mm <sup>2</sup> )	Mnak (kNm)	
						Mnak -	Mnak +
VI	a~b	Tump. Ki	5510.771	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2784.221	7 D- 25	1472.7		615.731
	b~c	Tump. Ki	5137.575	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2411.025	7 D- 25	3436.3		615.731
VII	a~b	Tump. Ki	5533.736	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2807.186	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5113.308	11 D- 25	5399.9	770.244	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2386.758	7 D- 25	3436.3		615.731
VIII	a~b	Tump. Ki	5555.392	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2828.842	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5094.131	11 D- 25	5399.9	753.862	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2367.581	5 D- 25	2454.5		434.769
IX	a~b	Tump. Ki	5554.964	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2828.414	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	5088.701	11 D- 25	5399.9	774.723	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	2362.151	8 D- 25	3927.2		707.723
X	a~b	Tump. Ki	1421.016	12 D- 25	5890.8	832.357	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	-1305.53	7 D- 25	3436.3		615.731
	b~c	Tump. Ki	3017.377	11 D- 25	5399.9	753.862	
		Lap		3 D- 25	1472.7		
		Tump. Ka	290.8268	5 D- 25	2454.5		434.769

Tabel 5.15.a Gaya geser balok portal as 1 (zona 1)

Balok	M <sub>kap</sub> (kNm)		L <sub>n</sub> (m)	V <sub>D</sub> (kN)	V <sub>L</sub> (kN)	1.05V <sub>g</sub> (kN)	V <sub>E</sub> (kN)	V <sub>ub1</sub> (kN)	V <sub>ub2</sub> (kN)	V <sub>ub</sub> (kN) terpakai	KET
	M <sub>kap -</sub>	M <sub>kap +</sub>									
a~b	882.64	769.66	7.3	129.3	85.66	225.7	63.76	384.1	493.458	384.127	blk lt 1
b~c	882.64	769.66	7.3	129.5	86.59	226.9	63.69	385.3	494.39	385.324	blk lt 1
a~b	882.64	769.66	7.3	129	86.21	226	91.62	384.5	610.808	384.465	blk lt 2
b~c	882.64	769.66	7.3	129	86.21	226	91.56	384.5	610.59	384.465	blk lt 2
a~b	882.64	769.66	7.3	129.6	86.58	227	100.7	385.4	649.757	385.404	blk lt 3
b~c	882.64	769.66	7.3	129.6	86.58	227	100.6	385.4	649.543	385.404	blk lt 3
a~b	882.64	769.66	7.3	130	86.88	227.7	99.26	386.2	644.621	386.165	blk lt 4
b~c	882.64	769.66	7.3	130	86.88	227.7	99.21	386.2	644.407	386.165	blk lt 4
a~b	882.64	769.66	7.3	130.4	87.14	228.4	91.58	386.8	613.022	386.821	blk lt 5
b~c	882.64	769.66	7.3	130.4	87.14	228.4	91.53	386.8	612.807	386.821	blk lt 5
a~b	877.12	655.93	7.3	130.7	87.35	228.9	79.83	375.9	564.206	375.925	blk lt 6
b~c	882.64	769.66	7.3	130.7	87.35	228.9	79.78	387.4	563.992	387.36	blk lt 6
a~b	877.12	655.93	7.3	130.9	87.52	229.3	63.44	376.3	495.776	495.776	blk lt 7
b~c	882.64	769.66	7.3	130.9	87.52	229.3	65.38	387.8	503.945	503.945	blk lt 7
a~b	877.12	655.93	7.3	131.1	87.65	229.7	49.8	376.7	438.871	438.871	blk lt 8
b~c	882.64	769.66	7.3	131.1	87.65	229.7	49.74	388.1	438.598	438.598	blk lt 8
a~b	877.12	655.93	7.3	131.1	87.64	229.7	35.08	376.7	377.042	377.042	blk lt 9
b~c	882.64	769.66	7.3	131.1	87.64	229.7	35.15	388.1	377.328	377.328	blk lt 9
a~b	868.72	543.46	7.3	80.12	48.82	135.4	25.01	270.8	240.436	240.436	blk lt 10
b~c	856.08	432.25	7.3	80.12	48.82	135.4	25.21	258.9	241.26	241.26	blk lt 10

Tabel 5.16.a Gaya geser balok portal as II (zona I)

Balok	M <sub>kap</sub> (kNm)		L <sub>n</sub> (m)	V <sub>D</sub> (kN)	V <sub>L</sub> (kN)	1.05V <sub>g</sub> (kN)	V <sub>E</sub> (kN)	V <sub>ub1</sub> (kN)	V <sub>ub2</sub> (kN)	V <sub>ub</sub> (kN) terpakai	KET
	M <sub>kap</sub> -	M <sub>kap</sub> +									
a~b	962.81	769.66	7.3	154.8	101.2	268.8	63.76	435	536.597	536.597	blk lt 1
b~c	962.81	769.66	7.3	154.8	101.2	268.8	63.69	435	536.333	536.333	blk lt 1
a~b	962.81	769.66	7.3	154.4	101	268.1	91.62	434.2	652.881	652.881	blk lt 2
b~c	962.81	769.66	7.3	154.4	101	268.1	91.56	434.2	652.662	652.662	blk lt 2
a~b	962.81	769.66	7.3	155	101.4	269.2	100.7	435.4	692.026	692.026	blk lt 3
b~c	962.81	769.66	7.3	155	101.4	269.2	100.6	435.4	691.811	691.811	blk lt 3
a~b	1040.4	769.66	7.3	155.5	101.8	270.2	99.26	443.7	687.055	687.055	blk lt 4
b~c	962.81	769.66	7.3	155.5	101.8	270.2	99.21	436.3	686.841	686.841	blk lt 4
a~b	1040.4	769.66	7.3	156	102.1	271	91.58	444.5	655.595	655.595	blk lt 5
b~c	962.81	769.66	7.3	156	102.1	271	91.53	437.1	655.381	655.381	blk lt 5
a~b	1040.4	769.66	7.3	156.3	102.3	271.6	79.83	445.2	606.896	606.896	blk lt 6
b~c	962.81	769.66	7.3	156.3	102.3	271.6	79.78	437.7	606.682	606.682	blk lt 6
a~b	1040.4	769.66	7.3	156.6	102.5	272.1	63.44	445.7	538.558	538.558	blk lt 7
b~c	962.81	769.66	7.3	156.6	102.5	272.1	65.38	438.3	546.727	546.727	blk lt 7
a~b	1040.4	769.66	7.3	156.9	102.7	272.6	49.8	446.1	481.732	481.732	blk lt 8
b~c	968.4	884.65	7.3	156.9	102.7	272.6	49.74	450.2	481.459	481.459	blk lt 8
a~b	1040.4	769.66	7.3	157	102.7	272.6	35.08	446.2	419.954	419.954	blk lt 9
b~c	968.4	884.65	7.3	157	102.7	272.6	35.15	450.3	420.239	420.239	blk lt 9
a~b	628.84	543.46	7.3	105.5	55.12	168.7	25.01	281.1	273.706	273.706	blk lt 10
b~c	628.84	543.46	7.3	105.5	55.12	168.7	25.21	281.1	274.529	274.529	blk lt 10



Tabel 5.18.a Gaya geser balok portal as IV (zona 1)

Balok	Mkap (kNm)		Ln (m)	VD (kN)	VL (kN)	1.05V <sub>g</sub> (kN)	VE (kN)	Vub1 (kN)	Vub2 (kN)	Vub (kN) terpakai	KET
	Mkap -	Mkap +									
a~b	962.81	769.66	7.3	154.8	101.2	268.8	63.76	434.9	536.589	536.589	blk lt 1
b~c	962.81	769.66	7.3	154.8	101.2	268.8	63.69	434.9	536.324	536.324	blk lt 1
a~b	962.81	769.66	7.3	154.4	101	268.1	91.62	434.2	652.897	652.897	blk lt 2
b~c	962.81	769.66	7.3	154.4	101	268.1	91.56	434.2	652.679	652.679	blk lt 2
a~b	1040.4	769.66	7.3	155	101.4	269.3	100.7	442.8	692.052	692.052	blk lt 3
b~c	962.81	769.66	7.3	155	101.4	269.3	100.6	435.4	691.838	691.838	blk lt 3
a~b	1040.4	769.66	7.3	155.5	101.8	270.2	99.26	443.8	687.089	687.089	blk lt 4
b~c	962.81	769.66	7.3	155.5	101.8	270.2	99.21	436.3	686.874	686.874	blk lt 4
a~b	1040.4	769.66	7.3	156	102.1	271	91.58	444.6	655.636	655.636	blk lt 5
b~c	962.81	769.66	7.3	156	102.1	271	91.53	437.1	655.422	655.422	blk lt 5
a~b	1040.4	769.66	7.3	156.4	102.4	271.7	79.83	445.2	606.942	606.942	blk lt 6
b~c	962.81	769.66	7.3	156.4	102.4	271.7	79.78	437.8	606.728	606.728	blk lt 6
a~b	1040.4	769.66	7.3	156.7	102.6	272.2	63.44	445.8	538.61	538.61	blk lt 7
b~c	962.81	769.66	7.3	156.7	102.6	272.2	65.38	438.3	546.779	546.779	blk lt 7
a~b	1040.4	769.66	7.3	156.9	102.7	272.6	49.8	446.2	481.786	481.786	blk lt 8
b~c	942.33	543.46	7.3	156.9	102.7	272.6	49.74	415.1	481.513	481.513	blk lt 8
a~b	1040.4	769.66	7.3	157	102.7	272.7	35.08	446.2	420.013	420.013	blk lt 9
b~c	968.4	884.65	7.3	157	102.7	272.7	35.15	450.4	420.298	420.298	blk lt 9
a~b	1040.4	769.66	7.3	105.5	55.14	168.7	25.01	342.3	273.756	273.756	blk lt 10
b~c	942.33	543.46	7.3	105.5	55.14	168.7	25.21	311.2	274.579	274.579	blk lt 10

Tabel 5.21.a Tulangan geser balok portal as I (zona I)

Balok	Daerah sendi plastis				Di luar daerah sendi plastis					KET
	Vub (kN)	Vs (kN)	S (mm)	Terpakai	Vub (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	S (mm)	Terpakai	
a~b	384	640.21	41.689	φ10- 30	365.7	116.39	493.073	54.13	φ10- 40	blk lt 1
b~c	385	642.21	41.56	φ10- 30	385.3	116.39	525.816	50.759	φ10- 35	blk lt 1
a~b	384	640.78	41.653	φ10- 30	384.5	116.39	524.384	50.898	φ10- 35	blk lt 2
b~c	384	640.78	41.653	φ10- 30	366	116.39	493.637	54.068	φ10- 40	blk lt 2
a~b	385	642.34	41.551	φ10- 30	385.4	116.39	525.949	50.746	φ10- 35	blk lt 3
b~c	385	642.34	41.551	φ10- 30	385.4	116.39	525.949	50.746	φ10- 35	blk lt 3
a~b	386	643.61	41.469	φ10- 30	367.7	116.39	496.47	53.76	φ10- 40	blk lt 4
b~c	386	643.61	41.469	φ10- 30	386.2	116.39	527.218	50.624	φ10- 35	blk lt 4
a~b	387	644.7	41.399	φ10- 30	386.8	116.39	528.311	50.519	φ10- 35	blk lt 5
b~c	387	644.7	41.399	φ10- 30	368.4	116.39	497.564	53.641	φ10- 40	blk lt 5
a~b	376	626.54	42.599	φ10- 30	375.9	116.39	510.15	52.318	φ10- 35	blk lt 6
b~c	387	645.6	41.341	φ10- 30	387.4	116.39	529.209	50.434	φ10- 35	blk lt 6
a~b	496	826.79	32.301	φ10- 20	471.7	116.39	669.786	39.849	φ10- 25	blk lt 7
b~c	504	839.91	31.777	φ10- 20	503.9	116.39	723.518	36.889	φ10- 25	blk lt 7
a~b	439	731.45	36.489	φ10- 25	438.9	116.39	615.06	43.394	φ10- 30	blk lt 8
b~c	439	731	36.512	φ10- 25	417.2	116.39	578.961	46.1	φ10- 30	blk lt 8
a~b	377	628.4	42.473	φ10- 30	377	116.39	512.013	52.128	φ10- 35	blk lt 9
b~c	377	628.88	42.441	φ10- 30	377.3	116.39	512.489	52.079	φ10- 35	blk lt 9
a~b	240	400.73	66.604	φ10- 45	226.4	116.39	261.004	102.26	φ10- 70	blk lt 10
b~c	241	402.1	66.377	φ10- 45	241.3	116.39	285.708	93.417	φ10- 65	blk lt 10

Tabel 5.23.a Tulangan geser balok portal as III (zona 1)

Balok	Daerah sendi plastis				Di luar daerah sendi plastis					KET
	V <sub>ub</sub> (kN)	V <sub>s</sub> (kN)	S (mm)	Terpakai	V <sub>ub</sub> (kN)	V <sub>c</sub> (kN)	V <sub>s</sub> (kN)	S (mm)	Terpakai	
a~b	537	894.32	29.844	φ10- 20	511.3	116.39	735.823	36.272	φ10- 25	blk lt 1
b~c	536	893.88	29.859	φ10- 20	536.3	116.39	777.484	34.329	φ10- 25	blk lt 1
a~b	653	1088.2	24.528	φ10- 15	652.9	116.39	971.771	27.465	φ10- 20	blk lt 2
b~c	653	1087.8	24.536	φ10- 15	620.6	116.39	917.973	29.075	φ10- 20	blk lt 2
a~b	692	1153.4	23.14	φ10- 15	692.1	116.39	1037.03	25.737	φ10- 15	blk lt 3
b~c	692	1153.1	23.147	φ10- 15	691.8	116.39	1036.67	25.746	φ10- 15	blk lt 3
a~b	687	1145.1	23.307	φ10- 15	652.7	116.39	971.46	27.474	φ10- 20	blk lt 4
b~c	687	1144.8	23.314	φ10- 15	686.9	116.39	1028.4	25.953	φ10- 15	blk lt 4
a~b	656	1092.7	24.425	φ10- 15	655.6	116.39	976.333	27.337	φ10- 20	blk lt 5
b~c	655	1092.4	24.433	φ10- 15	623.4	116.39	922.555	28.931	φ10- 20	blk lt 5
a~b	607	1011.6	26.385	φ10- 15	606.9	116.39	895.177	29.815	φ10- 20	blk lt 6
b~c	607	1011.2	26.394	φ10- 15	606.7	116.39	894.82	29.827	φ10- 20	blk lt 6
a~b	539	897.68	29.732	φ10- 20	513	116.39	738.595	36.136	φ10- 25	blk lt 7
b~c	547	911.3	29.288	φ10- 20	546.8	116.39	794.904	33.576	φ10- 25	blk lt 7
a~b	482	802.98	33.239	φ10- 20	481.8	116.39	686.586	38.874	φ10- 25	blk lt 8
b~c	482	802.52	33.258	φ10- 20	459	116.39	648.619	41.149	φ10- 30	blk lt 8
a~b	420	700.02	38.128	φ10- 25	420	116.39	583.626	45.731	φ10- 30	blk lt 9
b~c	420	700.49	38.102	φ10- 25	420.3	116.39	584.102	45.694	φ10- 30	blk lt 9
a~b	274	456.26	58.498	φ10- 40	261.1	116.39	318.767	83.729	φ10- 50	blk lt 10
b~c	275	457.63	58.322	φ10- 40	274.6	116.39	341.239	78.215	φ10- 50	blk lt 10

Tabel 5.24.a Tulangan geser balok portal as IV (zona 1)

Balok	Daerah sendi plastis				Di luar daerah sendi plastis					KET
	Vub (kN)	Vs (kN)	S (mm)	Terpakai	Vub (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	S (mm)	Terpakai	
a~b	537	894.31	29.844	φ10- 20	511.3	116.39	735.822	36.272	φ10- 25	blk lt 1
b~c	536	893.87	29.859	φ10- 20	536.3	116.39	777.483	34.329	φ10- 25	blk lt 1
a~b	653	1088.2	24.528	φ10- 15	652.9	116.39	971.771	27.465	φ10- 20	blk lt 2
b~c	653	1087.8	24.536	φ10- 15	620.6	116.39	917.973	29.075	φ10- 20	blk lt 2
a~b	692	1153.4	23.14	φ10- 15	692.1	116.39	1037.03	25.737	φ10- 15	blk lt 3
b~c	692	1153.1	23.147	φ10- 15	691.8	116.39	1036.67	25.746	φ10- 15	blk lt 3
a~b	687	1145.1	23.307	φ10- 15	652.7	116.39	971.462	27.474	φ10- 20	blk lt 4
b~c	687	1144.8	23.314	φ10- 15	686.9	116.39	1028.4	25.953	φ10- 15	blk lt 4
a~b	656	1092.7	24.425	φ10- 15	655.6	116.39	976.335	27.337	φ10- 20	blk lt 5
b~c	655	1092.4	24.433	φ10- 15	623.4	116.39	922.557	28.93	φ10- 20	blk lt 5
a~b	607	1011.6	26.385	φ10- 15	606.9	116.39	895.179	29.815	φ10- 20	blk lt 6
b~c	607	1011.2	26.394	φ10- 15	606.7	116.39	894.822	29.827	φ10- 20	blk lt 6
a~b	539	897.68	29.732	φ10- 20	513	116.39	738.598	36.136	φ10- 25	blk lt 7
b~c	547	911.3	29.288	φ10- 20	546.8	116.39	794.907	33.576	φ10- 25	blk lt 7
a~b	482	802.98	33.239	φ10- 20	481.8	116.39	686.586	38.874	φ10- 25	blk lt 8
b~c	482	802.52	33.258	φ10- 20	461.1	116.39	652.036	40.933	φ10- 25	blk lt 8
a~b	420	700.02	38.127	φ10- 25	420	116.39	583.63	45.731	φ10- 30	blk lt 9
b~c	420	700.5	38.102	φ10- 25	420.3	116.39	584.106	45.694	φ10- 30	blk lt 9
a~b	274	456.26	58.497	φ10- 40	257.5	116.39	312.834	85.317	φ10- 50	blk lt 10
b~c	275	457.63	58.322	φ10- 40	274.6	116.39	341.241	78.215	φ10- 50	blk lt 10

Tabel 5.27.a Gaya aksial maksimum kolom portal as A-I, A-II, A-III, A-IV (zona 1)

Ko- lom	Letak	ND (kN)	NL (kN)	Brt klm (kN)	Ng,k (kN)	NE,kx (kN)	NE,ky (kN)	Nu,k-X(kN)		Nu,k-Y(kN)		Ket
								Atas	Bawah	Atas	Bawah	
1	Tepi	1871	924	41.2	2836	760.3	702	7055	-1100	6884	-929	Lt 1
2	Tengah	2662	1113	41.2	3816	8.307	702	4926	3087	6966	1048	Lt 1
3	Tengah	2689	1141	41.2	3872	0.861	702	4954	3177	7015	1116	Lt 1
4	Tengah	2690	1141	41.2	3872	0.711	702	4954	3178	7016	1117	Lt 1
22	Tepi	1679	829	41.2	2549	679.8	638.3	6336	-983	6214	-861	Lt 2
23	Tengah	2382	1015	41.2	3439	9.788	638.3	4456	2765	6304	917.3	Lt 2
24	Tengah	2410	1023	41.2	3474	0.719	638.3	4455	2840	6329	965.9	Lt 2
25	Tengah	2410	1023	41.2	3475	0.542	638.3	4455	2842	6330	966.9	Lt 2
43	Tepi	1486	571	41.2	2098	571.3	546.7	5291	-885	5219	-813	Lt 3
44	Tengah	2103	896	41.2	3041	11.2	546.7	3929	2457	5503	882.6	Lt 3
45	Tengah	2129	904	41.2	3075	0.467	546.7	3919	2537	5525	931.7	Lt 3
46	Tengah	2130	904	41.2	3075	0.376	546.7	3919	2539	5525	932.5	Lt 3
64	Tepi	1291	637	41.2	1970	457.2	446	4551	-414	4518	-381	Lt 4
65	Tengah	1824	778	41.2	2643	11.98	446	3387	2163	4663	886.5	Lt 4
66	Tengah	1848	784	41.2	2674	0.27	446	3371	2245	4681	934.2	Lt 4
67	Tengah	1849	785	41.2	2675	0.227	446	3371	2246	4682	934.9	Lt 4
85	Tepi	1095	541	41.2	1678	348	346.7	3660	-137	3656	-133	Lt 5
86	Tengah	659	1545	41.2	2245	12.1	346.7	2844	1869	3828	885.2	Lt 5
87	Tengah	1567	665	41.2	2273	0.093	346.7	2824	1949	3843	930	Lt 5
88	Tengah	1567	665	41.2	2273	0.08	346.7	2824	1950	3843	930.6	Lt 5
106	Tepi	899	444	41.2	1384	249.3	255.2	2822	84.56	2839	67.42	Lt 6
107	Tengah	1236	539	41.2	1816	11.57	255.2	2277	1537	2993	820.8	Lt 6
108	Tengah	1235	545	41.2	1871	0.08	255.2	2286	1642	3036	892.5	Lt 6
109	Tengah	1285	545	41.2	1871	0.067	255.2	2287	1643	3036	893	Lt 6
127	Tepi	702	347	41.2	1090	164.8	175.3	2057	230.9	2088	199.9	Lt 7
128	Tengah	987	420	41.2	1448	10.45	175.3	1785	1255	2270	770.7	Lt 7
129	Tengah	1003	424	41.2	1468	0.254	175.3	1763	1319	2278	804.7	Lt 7
130	Tengah	1003	424	41.2	1468	0.222	175.3	1764	1320	2278	805.1	Lt 7
148	Tepi	504	249	41.2	794	97.14	109.9	1380	287.4	1418	249.9	Lt 8
149	Tengah	708	300	41.2	1049	8.767	109.9	1277	926.6	1575	629.3	Lt 8
150	Tengah	720	304	41.2	1065	0.445	109.9	1258	977.8	1580	656	Lt 8
151	Tengah	720	304	41.2	1065	0.389	109.9	1258	978.3	1580	656.3	Lt 8
169	Tepi	306	151	41.2	498	48.04	60.09	801	245.6	836	210.2	Lt 9
170	Tengah	429	181	41.2	651	6.514	60.09	786	580.3	944	422.8	Lt 9
171	Tengah	437	183	41.2	661	0.545	60.09	772	616.4	947.4	441.3	Lt 9
172	Tengah	437	183	41.2	661	0.489	60.09	772	616.7	947.5	441.5	Lt 9
190	Tepi	108	53.4	20.6	182	17.84	25.01	297	84.5	318.4	63.41	Lt 10
191	Tengah	150	61.3	20.6	232	3.093	25.01	288	198.7	352.2	134.3	Lt 10
192	Tengah	154	62.4	20.6	237	0.297	25.01	282	216.1	354.3	143.4	Lt 10
193	Tengah	154	62.4	20.6	237	0.312	25.01	282	215.9	354.2	143.3	Lt 10

Tabel 5.28.a Gaya aksial maksimum kolom portal as B-I, B-II, B-III &amp; B-IV (zona 1)

Ko- lom	Letak	ND	NL	Brt kln (kN)	Ng,k (kNm)	NE,k-x (kNm)	NE,k-y (kNm)	Nu,k-X (kN)		Nu,k-Y(kNm)		Ket
		(kNm)	(kNm)					Atas	Bawah	Atas	Bawah	
8	Tepi	3118	1813	41.2	4972	760.3	0.174	8414	2027	6179	4262	Lt 1
9	Tengah	4167	2221	41.2	6429	8.307	0.174	6785	6715	6762	6739	Lt 1
10	Tengah	4205	2236	41.2	6482	0.861	0.174	6809	6802	6807	6804	Lt 1
11	Tengah	4206	2236	41.2	6483	0.711	0.174	6810	6804	6809	6805	Lt 1
29	Tepi	2793	1621	41.2	4455	679.8	0.111	7533	1823	5535	3821	Lt 2
30	Tengah	3727	1983	41.2	5751	9.788	0.111	6080	5997	6051	6026	Lt 2
31	Tengah	3764	1997	41.2	5803	0.719	0.111	6096	6090	6094	6092	Lt 2
32	Tengah	3765	1998	41.2	5804	0.542	0.111	6097	6092	6095	6093	Lt 2
50	Tepi	2468	1431	41.2	3940	571.3	0.059	6537	1738	4857	3417	Lt 3
51	Tengah	3290	1746	41.2	5078	11.2	0.059	5379	5285	5346	5317	Lt 3
52	Tengah	3326	1760	41.2	5127	0.467	0.059	5386	5382	5385	5383	Lt 3
53	Tengah	3327	1761	41.2	5128	0.376	0.059	5386	5383	5385	5384	Lt 3
71	Tepi	2144	1240	41.2	3425	457.2	0.009	5517	1676	4173	3020	Lt 4
72	Tengah	2856	1511	41.2	4408	11.98	0.009	4679	4578	4644	4614	Lt 4
73	Tengah	2889	1524	41.2	4454	0.27	0.009	4678	4676	4677	4676	Lt 4
74	Tengah	2890	1524	41.2	4455	0.227	0.009	4679	4677	4678	4677	Lt 4
92	Tepi	1820	1050	41.2	2911	348	0.042	4518	1594	3495	2618	Lt 5
93	Tengah	2423	1277	41.2	3741	12.1	0.042	3979	3878	3944	3913	Lt 5
94	Tengah	2453	1289	41.2	3783	0.093	0.042	3972	3971	3972	3971	Lt 5
95	Tengah	2453	1289	41.2	3783	0.08	0.042	3973	3972	3973	3972	Lt 5
113	Tepi	1495	860	41.2	2396	249.3	0.093	3564	1469	2831	2202	Lt 6
114	Tengah	1992	1044	41.2	3077	11.57	0.093	3280	3182	3246	3216	Lt 6
115	Tengah	2018	1054	41.2	3113	0.08	0.093	3269	3268	3269	3268	Lt 6
116	Tengah	2018	1054	41.2	3113	0.067	0.093	3269	3269	3269	3269	Lt 6
134	Tepi	1171	670	41.2	1882	164.8	0.144	2669	1284	2185	1768	Lt 7
135	Tengah	1562	811	41.2	2415	10.45	0.144	2580	2491	2549	2522	Lt 7
136	Tengah	1583	819	41.2	2444	0.254	0.144	2567	2565	2567	2565	Lt 7
137	Tengah	1584	820	41.2	2445	0.222	0.144	2568	2566	2568	2566	Lt 7
155	Tepi	846	481	41.2	1368	97.14	0.198	1845	1029	1560	1314	Lt 8
156	Tengah	1134	579	41.2	1754	8.767	0.198	1879	1805	1854	1830	Lt 8
157	Tengah	1150	586	41.2	1776	0.445	0.198	1867	1863	1867	1864	Lt 8
158	Tengah	1150	586	41.2	1777	0.389	0.198	1867	1864	1867	1864	Lt 8
176	Tepi	522	291	41.2	855	48.04	0.263	1100	695.4	959.2	835.9	Lt 9
177	Tengah	706	348	41.2	1095	6.514	0.263	1177	1122	1159	1140	Lt 9
178	Tengah	716	352	41.2	1110	0.545	0.263	1168	1162	1167	1163	Lt 9
179	Tengah	717	352	41.2	1110	0.489	0.263	1168	1163	1167	1164	Lt 9
197	Tepi	198	102	20.6	321	17.84	0.196	412	261.6	360.1	313.5	Lt 10
198	Tengah	278	116	20.6	415	3.093	0.196	449	422.2	440.2	430.8	Lt 10
199	Tengah	283	118	20.6	422	0.297	0.196	445	441.8	444.5	442.1	Lt 10
200	Tengah	283	118	20.6	422	0.312	0.196	445	441.7	444.4	442	Lt 10

Tabel 5.30.a Momen rencana kolom portal as B-I, B-II, B-III &amp; B-IV (zona I)

Ko- lom	Letak	$\alpha a$	$\alpha b$	ME <sub>k</sub> (kNm)		M <sub>kap,b-x</sub> (kNm)		M <sub>kap,b-y</sub> (kNm)		Mu <sub>k-X</sub> (kNm)		Mu <sub>k-Y</sub> (kNm)		Ket
				atas	bawah	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Atas	Bawah	Atas	Bawah	
8	Tepi	0.29	1	166	772.8	620.9	0	882.6	769.7	216	166.9	494	-184	Lt 1
9	Tengah	0.11	1	69.5	817.8	620.9	322.3	962.8	769.7	145	160.2	275.9	-186	Lt 1
10	Tengah	0.1	1	57.8	818.1	620.9	322.3	962.8	769.7	123	159.8	235.4	-186	Lt 1
11	Tengah	0.11	1	67.2	816.7	620.9	322.3	962.8	769.7	142	159.8	270.3	-186	Lt 1
29	Tepi	0.24	0.71	80.4	410.4	706.2	0	882.6	769.7	198	1051	424.9	1051	Lt 2
30	Tengah	0.36	0.89	230	546	697.6	432.3	962.8	769.7	517	1803	898.5	1803	Lt 2
31	Tengah	0.36	0.9	228	541.6	697.6	322.3	962.8	769.7	479	1714	878.5	1714	Lt 2
32	Tengah	0.35	0.89	227	540.1	697.6	322.3	962.8	769.7	478	1686	876.6	1686	Lt 2
50	Tepi	0.52	0.76	178	248.2	783.1	0	882.6	769.7	443	1188	906.7	1188	Lt 3
51	Tengah	0.51	0.64	345	413.6	783.1	432.3	962.8	769.7	772	1374	1291	1374	Lt 3
52	Tengah	0.51	0.64	344	413.6	783.1	432.3	962.8	769.7	770	1379	1288	1379	Lt 3
53	Tengah	0.51	0.65	343	413.3	783.1	432.3	962.8	769.7	770	1381	1289	1381	Lt 3
71	Tepi	0.66	0.48	217	167.2	783.1	0	882.6	769.7	564	761.8	1154	761.8	Lt 4
72	Tengah	0.58	0.49	381	334.4	706.2	432.3	962.8	769.7	849	1006	1470	1006	Lt 4
73	Tengah	0.58	0.49	382	335	697.6	432.3	962.8	769.7	843	1004	1466	1004	Lt 4
74	Tengah	0.58	0.49	381	334.6	697.6	322.3	962.8	769.7	843	935.9	1442	935.9	Lt 4
92	Tepi	0.77	0.34	230	113.7	697.6	0	882.6	769.7	616	504.2	1333	504.2	Lt 5
93	Tengah	0.65	0.42	381	271.1	697.6	322.3	962.8	769.7	869	788.3	1594	788.3	Lt 5
94	Tengah	0.64	0.42	383	272.3	697.6	322.3	962.8	769.7	868	789.7	1591	789.7	Lt 5
95	Tengah	0.64	0.42	382	271.9	697.6	322.3	962.8	769.7	868	789.5	1592	789.5	Lt 5
113	Tepi	0.89	0.23	229	69.07	620.9	0	882.6	655.9	650	307.4	1437	307.4	Lt 6
114	Tengah	0.71	0.35	362	209.9	620.9	322.3	962.8	769.7	911	639.2	1740	639.2	Lt 6
115	Tengah	0.71	0.36	364	211.9	620.9	322.3	962.8	769.7	908	641.5	1734	641.5	Lt 6
116	Tengah	0.71	0.36	364	211.4	620.9	322.3	962.8	769.7	909	641.1	1735	641.1	Lt 6
134	Tepi	0.94	0.11	218	27.05	620.9	0	882.6	655.9	685	140.6	1514	140.6	Lt 7
135	Tengah	0.8	0.29	328	146.3	620.9	322.3	962.8	769.7	1027	518.4	1960	518.4	Lt 7
136	Tengah	0.8	0.29	332	149	620.9	322.3	962.8	769.7	1021	522.7	1949	522.7	Lt 7
137	Tengah	0.8	0.29	331	148.4	620.9	322.3	962.8	769.7	1023	521.7	1952	521.7	Lt 7
155	Tepi	0.8	0.06	199	13.29	620.9	0	882.6	655.9	581	76.32	1284	76.32	Lt 8
156	Tengah	0.94	0.2	283	80.94	620.9	322.3	968.4	769.7	1210	356.4	2313	356.4	Lt 8
157	Tengah	0.93	0.2	285	83.95	620.9	322.3	968.4	769.7	914	364.3	1748	364.3	Lt 8
158	Tengah	0.93	0.2	284	83.32	620.9	322.3	942.3	769.7	1182	360.5	2242	360.5	Lt 8
176	Tepi	0.68	0.2	172	50.03	620.9	0	882.6	655.9	495	267.4	1093	267.4	Lt 9
177	Tengah	0.89	0.06	218	16.79	620.9	322.3	968.4	769.7	1142	100.9	2182	100.9	Lt 9
178	Tengah	0.93	0.07	219	22.29	620.9	322.3	968.4	769.7	917	130.6	1754	130.6	Lt 9
179	Tengah	0.94	0.07	217	22.36	620.9	322.3	968.4	769.7	1210	131.6	2314	131.6	Lt 9
197	Tepi	1	0.32	54.3	80.58	620.9	0	856.1	543.5	699	408.6	1478	408.6	Lt 10
198	Tengah	1	0.11	115	26.65	620.9	322.3	628.8	543.5	1136	174.4	1767	174.4	Lt 10
199	Tengah	1	0.07	126	16.32	620.9	322.3	628.8	543.5	874	110.9	1359	110.9	Lt 10
200	Tengah	1	0.06	128	12.73	620.9	322.3	942.3	769.7	1275	99.61	2418	99.61	Lt 10

Tabel 5.31.a Momen maksimum kolom portal as A-I, A-II, A-III, &amp; A-IV (zona I)

Ko- lom	Letak	MD,kx	ML,kx	ME,kx(kNm)		MD,ky	ML,ky	ME,ky(kNm)		Mu,ky(kNm)		Mu,kx (kNm)		Ket
		(kNm)	(kNm)	Atas	Bawah	(kNm)	(kNm)	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	
1	Tepi	30.1	4.47	166	772.8	100.1	74.06	318.6	974.2	1521	-1155	735.5	-663	Lt 1
2	Tengah	2.54	0.48	69.5	817.8	115.4	82.96	318.6	974.2	1546	-1130	295.2	-289	Lt 1
3	Tengah	1.05	0.18	57.8	818.1	115.4	83	318.6	974.2	1546	-1130	243.8	-241	Lt 1
4	Tengah	0	0	67.2	816.7	115.4	83	318.6	974.2	1546	-1130	282.2	-282	Lt 1
22	Tepi	33.3	4.96	80.4	410.4	115.4	85.39	8.867	575.4	248	173.6	377.8	-297	Lt 2
23	Tengah	1.11	0.44	230	546	133.1	95.69	8.867	575.4	277	203	968.7	-965	Lt 2
24	Tengah	0.63	0.09	228	541.6	133.1	95.73	8.867	575.4	278	203.1	958.8	-957	Lt 2
25	Tengah	0	0	227	540.1	133.1	95.73	8.867	575.4	278	203.1	954.1	-954	Lt 2
43	Tepi	33.7	5.23	178	248.2	110.5	82.11	173.3	360.1	930	-526	788.4	-707	Lt 3
44	Tengah	2.88	0.81	345	413.6	128.1	92.11	173.3	360.1	959	-497	1451	-1443	Lt 3
45	Tengah	0.15	0.03	344	413.6	128.2	92.16	173.3	360.1	959	-497	1443	-1443	Lt 3
46	Tengah	0	0	343	413.3	128.2	92.16	173.3	360.1	959	-497	1442	-1442	Lt 3
64	Tepi	34.8	5.51	217	167.2	110.5	82.11	256	232	1277	-873	953.2	-869	Lt 4
65	Tengah	3.88	1.08	381	334.4	128.2	92.19	256	232	1306	-844	1605	-1595	Lt 4
66	Tengah	0.16	0.04	382	335	128.3	92.25	256	232	1307	-843	1603	-1603	Lt 4
67	Tengah	0	0	381	334.6	128.3	92.25	256	232	1307	-843	1601	-1601	Lt 4
85	Tepi	35.6	5.72	230	113.7	111.8	82.63	294.8	143.7	1442	-1034	1008	-921	Lt 5
86	Tengah	4.71	1.3	381	271.1	129.1	92.83	294.8	143.7	1471	-1005	1608	-1596	Lt 5
87	Tengah	0.14	0.04	383	272.3	129.2	92.89	294.8	143.7	1472	-1005	1608	-1608	Lt 5
88	Tengah	0	0	382	271.9	129.2	92.89	294.8	143.7	1472	-1005	1606	-1606	Lt 5
106	Tepi	36.3	5.89	229	69.07	112.5	83.1	307.8	73.87	1498	-1087	1005	-917	Lt 6
107	Tengah	5.36	1.48	362	209.9	130	93.4	307.8	73.87	1527	-1058	1527	-1513	Lt 6
108	Tengah	0.15	0.04	364	211.9	130.1	93.47	307.8	73.87	1527	-1058	1530	-1530	Lt 6
109	Tengah	0	0	364	211.4	130.1	93.47	307.8	73.87	1527	-1058	1528	-1528	Lt 6
127	Tepi	36.8	6.01	218	27.05	112.9	83.36	301.5	13.59	1472	-1060	961.5	-872	Lt 7
128	Tengah	5.88	1.61	328	146.3	130.5	93.71	301.5	13.59	1502	-1031	1387	-1372	Lt 7
129	Tengah	0.21	0.06	332	149	130.6	93.78	301.5	13.59	1502	-1031	1393	-1392	Lt 7
130	Tengah	0	0	331	148.4	130.6	93.78	301.5	13.59	1502	-1031	1391	-1391	Lt 7
148	Tepi	37.7	6.2	199	13.29	113.3	83.7	275	38.06	1362	-948	881	-789	Lt 8
149	Tengah	6.98	1.82	283	80.94	130.9	94.13	275	38.06	1391	-919	1199	-1180	Lt 8
150	Tengah	0.45	0.09	285	83.95	131	94.2	275	38.06	1392	-919	1199	-1198	Lt 8
151	Tengah	0	0	284	83.32	131	94.2	275	38.06	1392	-919	1192	-1192	Lt 8
169	Tepi	41.5	6.93	172	50.03	118.1	87.71	226.1	74.49	1166	-734	772	-670	Lt 9
170	Tengah	7.84	2.1	218	16.79	135.5	98.86	226.1	74.49	1196	-704	924.3	-903	Lt 9
171	Tengah	1.29	0.33	219	22.29	135.5	98.94	226.1	74.49	1196	-703	920.5	-917	Lt 9
172	Tengah	0	0	217	22.36	135.5	98.94	226.1	74.49	1196	-703	909.4	-909	Lt 9
190	Tepi	34.6	6.55	54.3	80.58	136.8	94.49	101.5	85.18	669	-183	271.5	-185	Lt 10
191	Tengah	9.9	2.78	115	26.65	169.9	103.7	101.5	85.18	713	-139	498.2	-472	Lt 10
192	Tengah	1.61	0.35	126	16.32	170.3	103.9	101.5	85.18	714	-138	532.6	-528	Lt 10
193	Tengah	0	0	128	12.73	170.3	103.9	101.5	85.18	714	-138	538.9	-539	Lt 10



Tabel 5.33.a Penulangan kolom A-I, A-II, A-III, &amp; A-IV akibat Muk,x dan Nuk,x (zona I)

Ko-lom	Letak	Nu,k-x (kN)	Nn,kx (kN)	Mu,kx (kNm)	Mn,kx (kNm)	e	r (%)	As tot	Tul Terpasang	Ket
1	Tepi	2940	4523.4	1065	1638.5	362.2	1	2455	5 D-25	Lt 1
2	Tengah	3967	6102.5	1110	1707.8	279.9	1	2455	5 D-25	Lt 1
3	Tengah	4026	6193.2	1110	1708.2	275.8	1	2455	5 D-25	Lt 1
4	Tengah	4039	6213.9	1109	1706.1	274.6	1	2455	5 D-25	Lt 1
22	Tepi	2629	4045.3	844.9	1299.8	321.3	1	2455	5 D-25	Lt 2
23	Tengah	3560	5477.5	1435	2207.5	403	1	2455	5 D-25	Lt 2
24	Tengah	3598	5534.7	1462	2248.8	406.3	1	2455	5 D-25	Lt 2
25	Tengah	3612	5556.4	1439	2213.3	398.3	1	2455	5 D-25	Lt 2
43	Tepi	2146	3301.1	965	1484.6	449.7	1	2455	5 D-25	Lt 3
44	Tengah	3141	4832.6	1039	1598.6	330.8	1	2455	5 D-25	Lt 3
45	Tengah	3177	4887.3	1043	1604	328.2	1	2455	5 D-25	Lt 3
46	Tengah	3194	4913.9	1062	1633.8	332.5	1	2455	5 D-25	Lt 3
64	Tepi	2018	3104.9	575.3	885.05	285	1	2455	5 D-25	Lt 4
65	Tengah	2719	4183.1	810.4	1246.8	298.1	1	2455	5 D-25	Lt 4
66	Tengah	2752	4233.9	812.4	1249.8	295.2	1	2455	5 D-25	Lt 4
67	Tengah	2773	4265.4	812.3	1249.6	293	1	2455	5 D-25	Lt 4
85	Tepi	1710	2630.9	499.2	767.96	291.9	1	2455	5 D-25	Lt 5
86	Tengah	2299	3537.6	754.5	1160.8	328.1	1	2455	5 D-25	Lt 5
87	Tengah	2329	3583.3	753	1158.5	323.3	1	2455	5 D-25	Lt 5
88	Tengah	2350	3615.5	753.3	1158.9	320.5	1	2455	5 D-25	Lt 5
106	Tepi	1406	2163.5	533	820.02	379	1	2455	5 D-25	Lt 6
107	Tengah	1858	2858.7	784.7	1207.2	422.3	1	2455	5 D-25	Lt 6
108	Tengah	1915	2946.6	782.1	1203.2	408.3	1	2455	5 D-25	Lt 6
109	Tengah	1937	2979.6	782.7	1204.1	404.1	1	2455	5 D-25	Lt 6
127	Tepi	1096	1685.8	561.8	864.32	512.7	1	2455	5 D-25	Lt 7
128	Tengah	1470	2261.7	884	1360.1	601.3	1	2455	5 D-25	Lt 7
129	Tengah	1491	2294.2	879.2	1352.7	589.6	1	2455	5 D-25	Lt 7
130	Tengah	1513	2327.8	880.4	1354.4	581.8	1	2455	5 D-25	Lt 7
148	Tepi	784.5	1206.9	476.2	732.57	607	1	2455	5 D-25	Lt 8
149	Tengah	1050	1616.1	1040	1600.3	990.2	1	2945	6 D-25	Lt 8
150	Tengah	1067	1641.1	786.2	1209.5	737	1	2455	5 D-25	Lt 8
151	Tengah	1089	1675.3	1021	1571.4	938	1	2455	5 D-25	Lt 8
169	Tepi	472.5	726.93	405.7	624.08	858.5	1	2455	5 D-25	Lt 9
170	Tengah	630.7	970.33	924.3	1422	1466	1	2455	5 D-25	Lt 9
171	Tengah	641.7	987.22	788.8	1213.5	1229	1	2455	5 D-25	Lt 9
172	Tengah	664.3	1022.1	909.4	1399.1	1369	1	2455	5 D-25	Lt 9
190	Tepi	134.7	207.19	271.5	417.67	2016	1	2455	5 D-25	Lt 10
191	Tengah	197.2	303.36	498.2	766.41	2526	1	2455	5 D-25	Lt 10
192	Tengah	202.8	312.01	532.6	819.38	2626	1	2455	5 D-25	Lt 10
193	Tengah	217.9	335.24	538.9	829.08	2473	1	2455	5 D-25	Lt 10

**Tabel 5.33.a** Penulangan kolom A-I s/d A-IV akibat Muk,y dan Nuk,y (zona I)

Ko- lom	Letak	Nu,k,y (kN)	Nn,ky (kN)	Mu,ky (kNm)	Mn,ky (kNm)	e	r (%)	As tot	Tul Terpasang	Ket
1	Tepi	2955	4545.8	1521	2339.8	514.7	1	2455	5 D-25	Lt 1
2	Tengah	3975	6115.3	1546	2378.9	389	1	2455	5 D-25	Lt 1
3	Tengah	4034	6205.9	1546	2379.1	383.4	1	2455	5 D-25	Lt 1
4	Tengah	4054	6237.6	1546	2379.1	381.4	1	2455	5 D-25	Lt 1
22	Tepi	2651	4077.9	844.9	1299.8	318.7	1	2455	5 D-25	Lt 2
23	Tengah	3575	5500.2	1435	2207.5	401.3	1	2455	5 D-25	Lt 2
24	Tengah	3612	5557.4	1462	2248.8	404.7	1	2455	5 D-25	Lt 2
25	Tengah	3639	5598.5	1439	2213.3	395.3	1	2455	5 D-25	Lt 2
43	Tepi	2174	3343.9	965	1484.6	444	1	2455	5 D-25	Lt 3
44	Tengah	3156	4855.9	1039	1598.6	329.2	1	2455	5 D-25	Lt 3
45	Tengah	3192	4910.6	1043	1604	326.6	1	2455	5 D-25	Lt 3
46	Tengah	3210	4938.7	1062	1633.8	330.8	1	2455	5 D-25	Lt 3
64	Tepi	2041	3139.5	575.3	885.05	281.9	1	2455	5 D-25	Lt 4
65	Tengah	2728	4196.8	810.4	1246.8	297.1	1	2455	5 D-25	Lt 4
66	Tengah	2761	4247.6	812.4	1249.8	294.2	1	2455	5 D-25	Lt 4
67	Tengah	2789	4290.9	812.3	1249.6	291.2	1	2455	5 D-25	Lt 4
85	Tepi	1733	2666.3	784	1206.1	452.3	1	2455	5 D-25	Lt 5
86	Tengah	2309	3551.7	1056	1623.9	457.2	1	2455	5 D-25	Lt 5
87	Tengah	2338	3597.4	1053	1620.7	450.5	1	2455	5 D-25	Lt 5
88	Tengah	2367	3641.7	1054	1621.2	445.2	1	2455	5 D-25	Lt 5
106	Tepi	1413	2174.2	887.6	1365.5	628.1	1	2455	5 D-25	Lt 6
107	Tengah	1861	2862.5	1145	1761.4	615.3	1	2455	5 D-25	Lt 6
108	Tengah	1918	2950.5	1141	1755.5	595	1	2455	5 D-25	Lt 6
109	Tengah	1941	2986.8	1142	1756.9	588.2	1	2455	5 D-25	Lt 6
127	Tepi	1103	1696.9	935.6	1439.3	848.2	1	2455	5 D-25	Lt 7
128	Tengah	1473	2265.7	1290	1984.4	875.9	1	4909	10 D-25	Lt 7
129	Tengah	1494	2298.2	1283	1973.7	858.8	1	4909	10 D-25	Lt 7
130	Tengah	1518	2335.2	1285	1976.2	846.3	1	4909	10 D-25	Lt 7
148	Tepi	791.8	1218.2	793	1219.9	1001	2	6382	13 D-25	Lt 8
149	Tengah	1053	1620.2	1518	2335	1441	1	2455	5 D-25	Lt 8
150	Tengah	1069	1645.1	1147	1764.8	1073	1	2455	5 D-25	Lt 8
151	Tengah	1094	1682.8	1490	2292.8	1362	1	2455	5 D-25	Lt 8
169	Tepi	480	738.5	675.5	1039.3	1407	1	2455	5 D-25	Lt 9
170	Tengah	633.4	974.49	1432	2203.5	2261	1	2455	5 D-25	Lt 9
171	Tengah	644.4	991.38	1151	1770.6	1786	1	2455	5 D-25	Lt 9
172	Tengah	669.4	1029.8	1196	1839.9	1787	1	2455	5 D-25	Lt 9
190	Tepi	318.4	489.92	669	1029.2	2101	1	2455	5 D-25	Lt 10
191	Tengah	352.2	541.79	713.5	1097.7	2026	1	2455	5 D-25	Lt 10
192	Tengah	354.3	545.02	714.1	1098.6	2016	1	2455	5 D-25	Lt 10
193	Tengah	354.2	544.94	714.1	1098.6	2016	1	2455	5 D-25	Lt 10

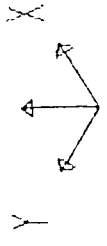
Tabel 5.34.a Penulangan kolom B-I, B-II, B-III, &amp; B-IV akibat Muk.y dan Nuk.y (zona I)

Ko- lom:	Letak	Nu,k,y (kN)	Nn,ky (kN)	Mu,ky (kNm)	Mn,ky (kNm)	e	r (%)	As tot	Tul Terpasang	Ket
8	Tepi	5243	8066.5	494	760.07	94.23	1	2455	5 D-25	Lt 1
9	Tengah	6719	10336	275.9	424.54	41.07	1	2455	5 D-25	Lt 1
10	Tengah	6774	10421	235.4	362.1	34.75	1	2455	5 D-25	Lt 1
11	Tengah	6829	10506	270.3	415.81	39.58	1	2455	5 D-25	Lt 1
29	Tepi	4656	7162.6	744.1	1144.8	159.8	1	2455	5 D-25	Lt 2
30	Tengah	6003	9235.8	744.1	1144.8	124	1	2455	5 D-25	Lt 2
31	Tengah	6058	9319.6	744.1	1144.8	122.8	1	2455	5 D-25	Lt 2
32	Tengah	6072	9341.2	744.1	1144.8	122.6	1	2455	5 D-25	Lt 2
50	Tepi	4111	6324.9	1549	2382.6	376.7	1	2455	5 D-25	Lt 3
51	Tengah	5296	8148.2	1549	2382.6	292.4	1	2455	5 D-25	Lt 3
52	Tengah	5348	8228.1	1549	2382.6	289.6	1	2455	5 D-25	Lt 3
53	Tengah	5353	8234.7	1549	2382.6	289.3	1	2455	5 D-25	Lt 3
71	Tepi	3570	5492.1	1905	2930.4	533.6	1	2455	5 D-25	Lt 4
72	Tengah	4586	7054.7	1905	2930.4	415.4	1	2455	5 D-25	Lt 4
73	Tengah	4630	7123	1905	2930.4	411.4	1	2455	5 D-25	Lt 4
74	Tengah	4645	7145.6	1905	2930.4	410.1	1	2455	5 D-25	Lt 4
92	Tepi	3028	4658.3	2018	3104.3	666.4	1	2455	5 D-25	Lt 5
93	Tengah	3880	5969.9	2018	3104.3	520	1	2455	5 D-25	Lt 5
94	Tengah	3924	6036.4	2018	3104.3	514.3	1	2455	5 D-25	Lt 5
95	Tengah	3939	6059.4	2018	3104.3	512.3	1	2455	5 D-25	Lt 5
113	Tepi	2476	3809.5	1984	3052.3	801.2	1	2455	5 D-25	Lt 6
114	Tengah	3185	4899.3	1984	3052.3	623	1	2455	5 D-25	Lt 6
115	Tengah	3222	4956.8	1984	3052.3	615.8	1	2455	5 D-25	Lt 6
116	Tengah	3234	4975.6	1984	3052.3	613.5	1	2455	5 D-25	Lt 6
134	Tepi	1935	2977.5	1844	2837.3	952.9	1	2455	5 D-25	Lt 7
135	Tengah	2488	3827.6	1844	2837.3	741.3	1	2455	5 D-25	Lt 7
136	Tengah	2519	3874.8	1844	2837.3	732.2	1	2455	5 D-25	Lt 7
137	Tengah	2531	3893.8	1844	2837.3	728.7	1	2455	5 D-25	Lt 7
155	Tepi	1395	2145.8	1608	2474.5	1153	1	2455	5 D-25	Lt 8
156	Tengah	1793	2758.4	1608	2474.5	897.1	1	2455	5 D-25	Lt 8
157	Tengah	1816	2794.5	1608	2474.5	885.5	1	2455	5 D-25	Lt 8
158	Tengah	1829	2813.7	1608	2474.5	879.5	1	2455	5 D-25	Lt 8
176	Tepi	854.4	1314.5	1228	1889.6	1438	1	2455	5 D-25	Lt 9
177	Tengah	1099	1691.3	1228	1889.6	1117	1	2455	5 D-25	Lt 9
178	Tengah	1115	1715.6	1228	1889.6	1101	1	2455	5 D-25	Lt 9
179	Tengah	1128	1734.9	1228	1889.6	1089	1	2455	5 D-25	Lt 9
197	Tepi	277.9	427.47	830.5	1277.7	-2989	1	2455	5 D-25	Lt 10
198	Tengah	460.3	708.2	830.5	1277.7	1804	1	2455	5 D-25	Lt 10
199	Tengah	468.1	720.23	830.5	1277.7	1774	1	2455	5 D-25	Lt 10
200	Tengah	404.8	622.71	830.5	1277.7	2052	1	2455	5 D-25	Lt 10

Tabel 5.35.a Gaya Geser Kolom portal as A-I, A-II, A-III, &amp; A-IV (zona 1)

Ko- lom	Letak	Mu,k-X(kN)		Hn.klm (m)	VD (kN)	VL (kN)	VE,kx (kN)	VE,ky (kN)	Vu,k-x max(kN)	Vu,k-y max(kN)	Vu (kN)	Ket
		Atas	Bawah									
1	Tepi	172	1065	3.25	13.25	1.976	173.2	187.3	743.6	803	380.7	Lt 1
2	Tengah	122	1110	3.25	1.394	0.274	213.8	187.3	899.7	788	379.2	Lt 1
3	Tengah	104	1110	3.25	0.536	0.09	214.4	187.3	901	787	373.7	Lt 1
4	Tengah	120	1109	3.25	0	0	214.1	187.3	899.4	787	378	Lt 1
22	Tepi	159	845	3	18.74	2.817	140.2	166.9	611.6	724	334.6	Lt 2
23	Tengah	411	1435	3	0.179	0.163	221.8	166.9	931.9	701	615.3	Lt 2
24	Tengah	409	1462	3	0.225	0.029	219.9	166.9	924	701	623.5	Lt 2
25	Tengah	408	1439	3	0	0	219.2	166.9	920.8	701	615.5	Lt 2
43	Tepi	360	965	3	19.28	2.974	121.8	152.4	534.7	663	441.7	Lt 3
44	Tengah	584	1039	3	1.623	0.45	216.7	152.4	912.1	642	540.9	Lt 3
45	Tengah	582	1043	3	0.041	0.011	216.5	152.4	909.2	640	541.6	Lt 3
46	Tengah	592	1062	3	0	0	216.2	152.4	908	640	551.4	Lt 3
64	Tepi	426	575	3	19.83	3.123	109.7	139.4	485	610	333.8	Lt 4
65	Tengah	683	810	3	2.134	0.595	204.4	139.4	861.3	588	497.9	Lt 4
66	Tengah	683	812	3	0.08	0.02	204.7	139.4	860	586	498.3	Lt 4
67	Tengah	683	812	3	0	0	204.5	139.4	858.9	585	498.3	Lt 4
85	Tepi	499	408	3	20.28	3.247	98.11	125.3	436.8	551	302.5	Lt 5
86	Tengah	755	684	3	2.604	0.722	186.4	125.3	786.5	530	479.6	Lt 5
87	Tengah	753	685	3	0.672	0.021	187.2	125.3	787	527	479.5	Lt 5
88	Tengah	753	685	3	0	0	187	125.3	785.2	526	479.5	Lt 5
106	Tepi	533	252	3	20.67	3.35	85.11	109	382.7	483	261.7	Lt 6
107	Tengah	785	550	3	3.003	0.828	163.4	109	690.2	462	445	Lt 6
108	Tengah	782	552	3	0.08	0.024	164.6	109	691.5	458	444.8	Lt 6
109	Tengah	783	552	3	0	0	164.4	109	690.3	458	444.9	Lt 6
127	Tepi	562	115	3	21	3.432	70.08	90.02	320	404	225.7	Lt 7
128	Tengah	884	446	3	3.346	0.914	135.7	90.02	574.2	383	443.4	Lt 7
129	Tengah	879	450	3	0.106	0.028	137.3	90.02	576.8	378	443.1	Lt 7
130	Tengah	880	449	3	0	0	137	90.02	575.5	378	443.2	Lt 7
148	Tepi	476	62.6	3	21.43	3.525	53	67.71	248.8	311	179.6	Lt 8
149	Tengah	1040	306	3	3.815	1.016	104	67.71	442.1	289	448.9	Lt 8
150	Tengah	786	313	3	0.201	0.046	105.5	67.71	443.5	285	366.5	Lt 8
151	Tengah	1021	312	3	0	0	104.9	67.71	440.6	284	444.4	Lt 8
169	Tepi	406	219	3	22.39	3.731	34.76	43.32	173.4	209	208.3	Lt 9
170	Tengah	982	86.8	3	3.895	1.081	66.97	43.32	286.5	187	356.1	Lt 9
171	Tengah	789	112	3	0.333	0.102	68.88	43.32	289.7	182	300.4	Lt 9
172	Tengah	1041	113	3	0	0	68.54	43.32	287.9	182	384.6	Lt 9
190	Tepi	594	347	3	19.21	3.397	7.496	4.655	55.22	43.3	313.9	Lt 10
191	Tengah	996	153	3	4.017	1.162	25.37	4.655	112	25	382.9	Lt 10
192	Tengah	766	97.2	3	0.748	0.158	31.43	4.655	133	20.5	287.8	Lt 10
193	Tengah	1102	86.1	3	0	0	33.02	4.655	138.7	19.6	396	Lt 10

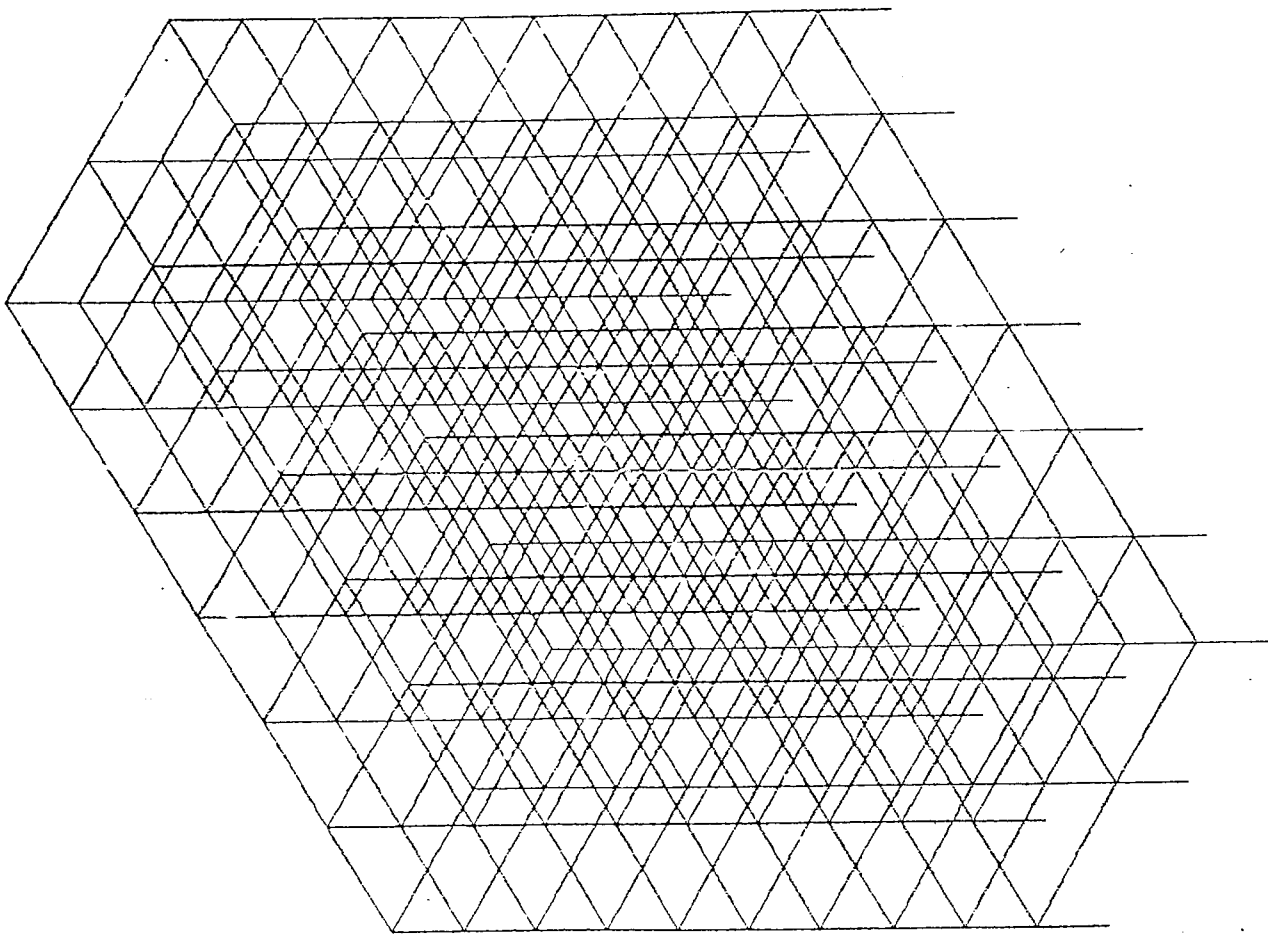
# LAMPIRAN 5



T4-H1  
UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS  
WIRE FRAME

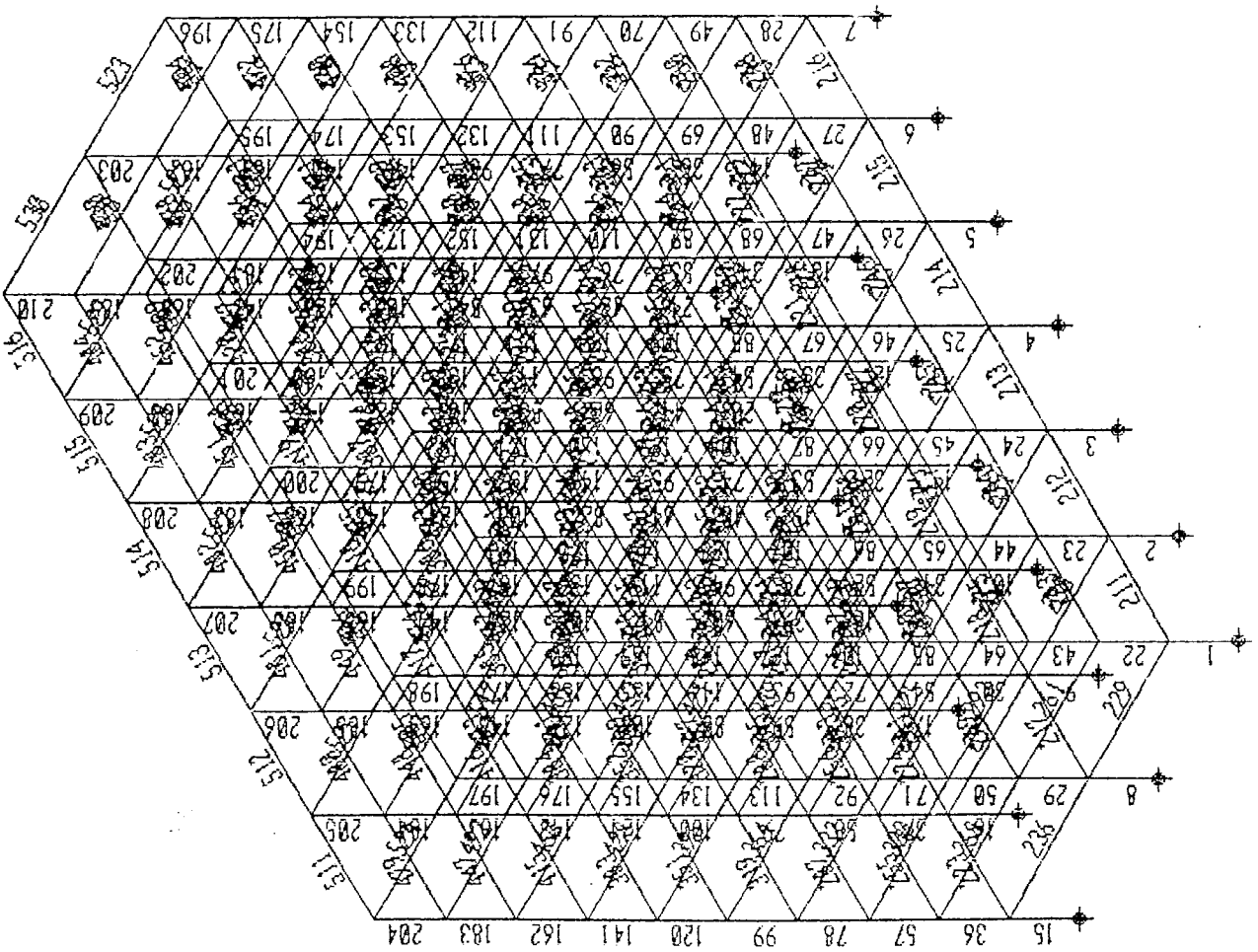
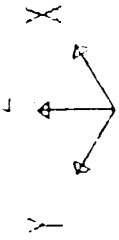
SAP90

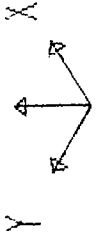


SAP90

OPTIONS  
RESTRAINTS  
ELEMENT IDS  
WIRE FRAME

TA-HI  
UNDEFORMED  
SHAPE

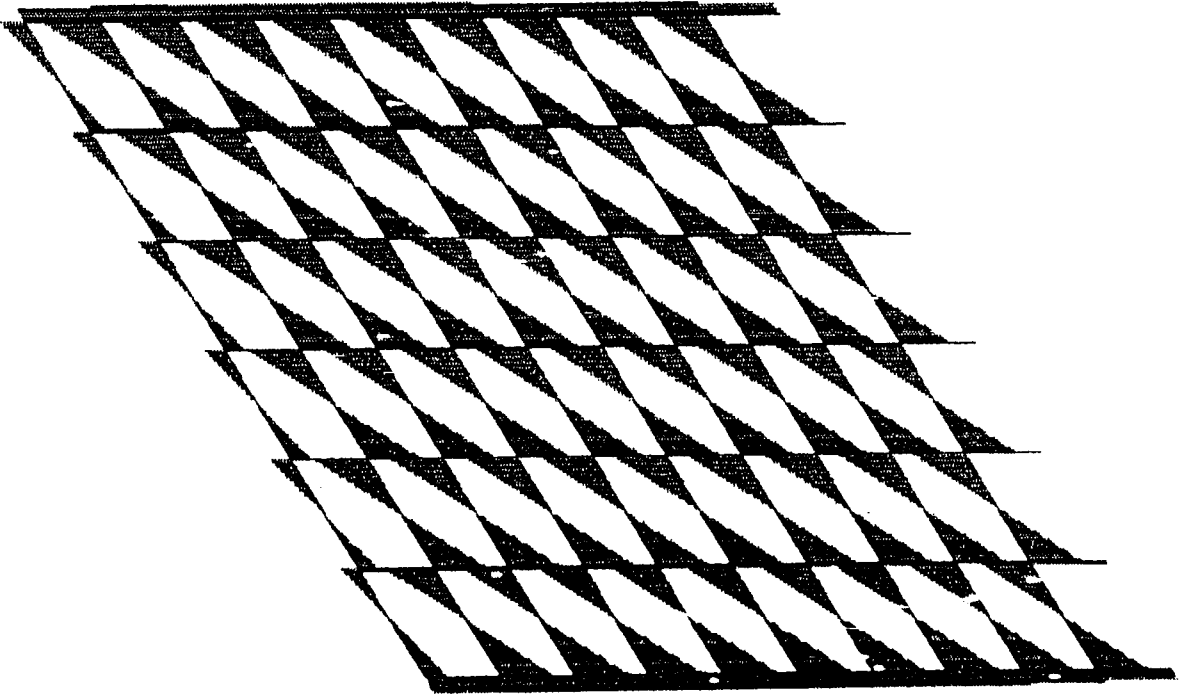




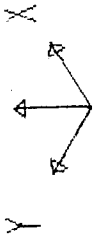
TA-HI  
FRAME  
OUTPUT V22  
LOAD 1

MIN < 440 >  
-0.6707E+02  
AT 6.00  
MAX < 435 >  
0.6707E+02  
AT 0.00

SAP90



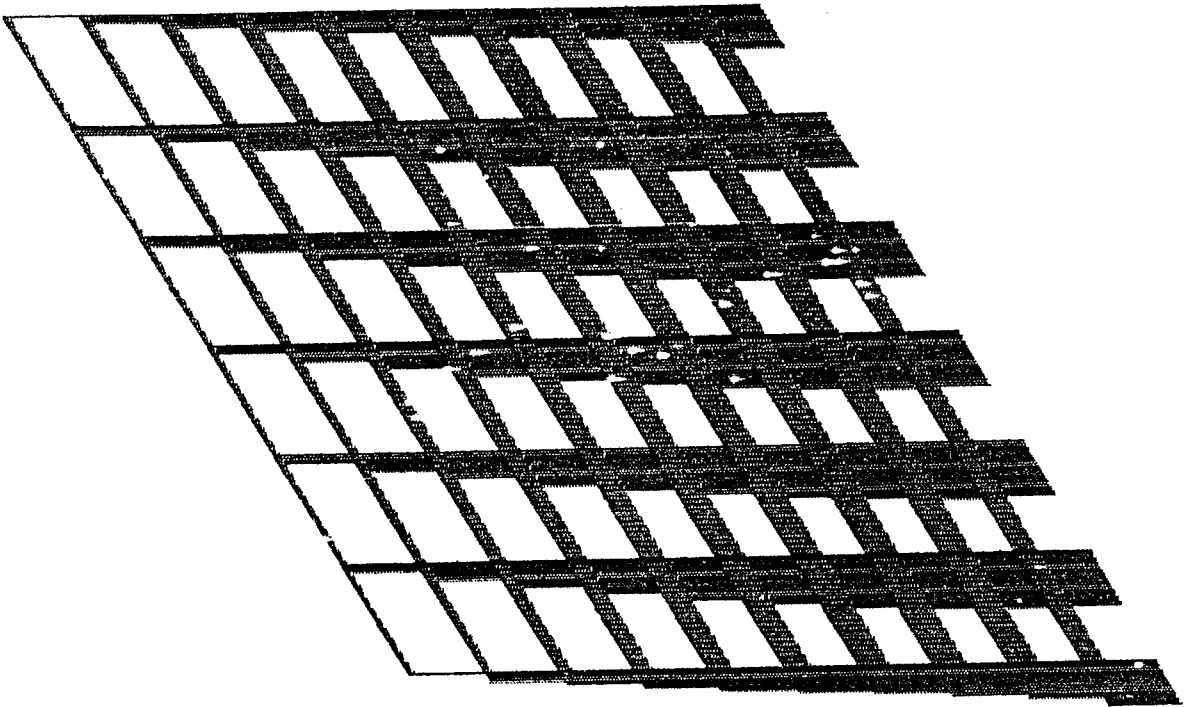


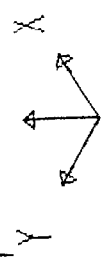


TA-H-I  
FRAME  
OUTPUT V22  
LOAD 3

MIN < 275 >  
-0.1140E+03  
AT 0.00  
MAX < 23 >  
0.2218E+03  
AT 0.00

SAP90

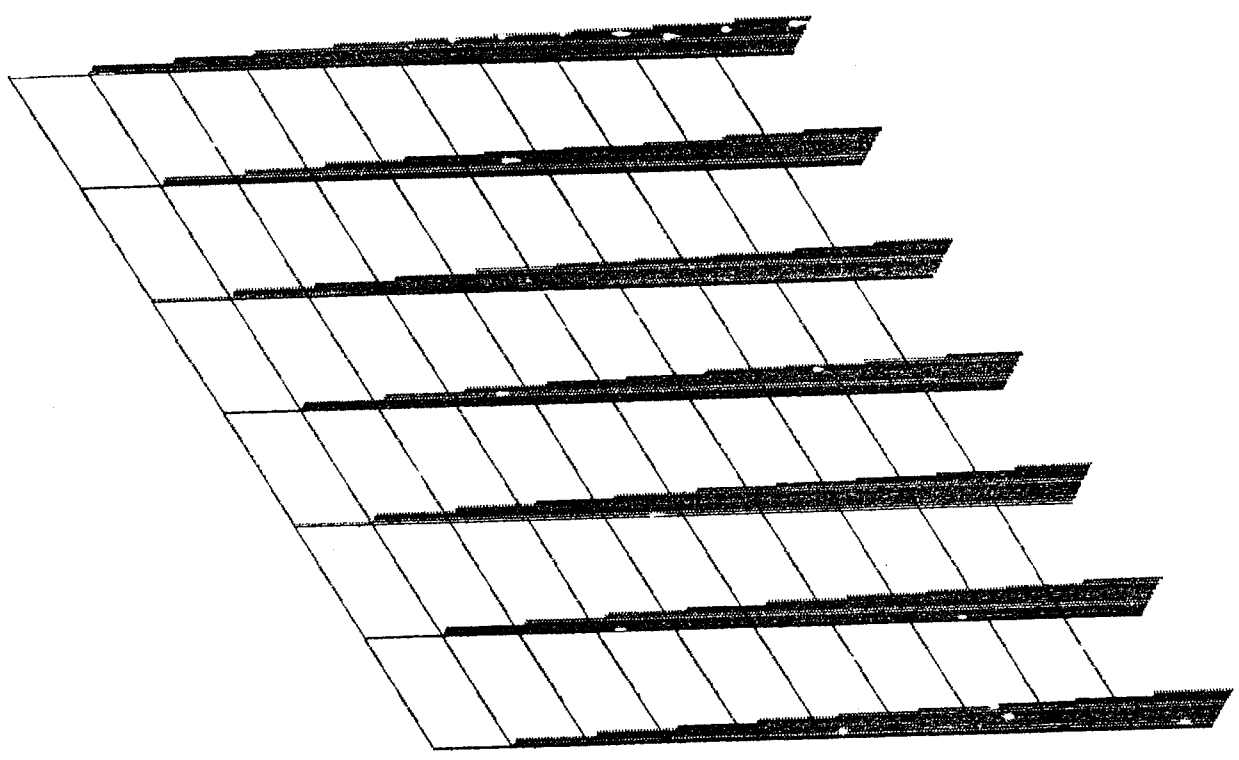




TA-HI  
FRAME  
OUTPUT V33  
LOAD 4

MIN < 500 >  
-0.8997E-11  
AT 0.00  
MAX < 1 >  
0.1873E+03  
AT 0.00

SAP90

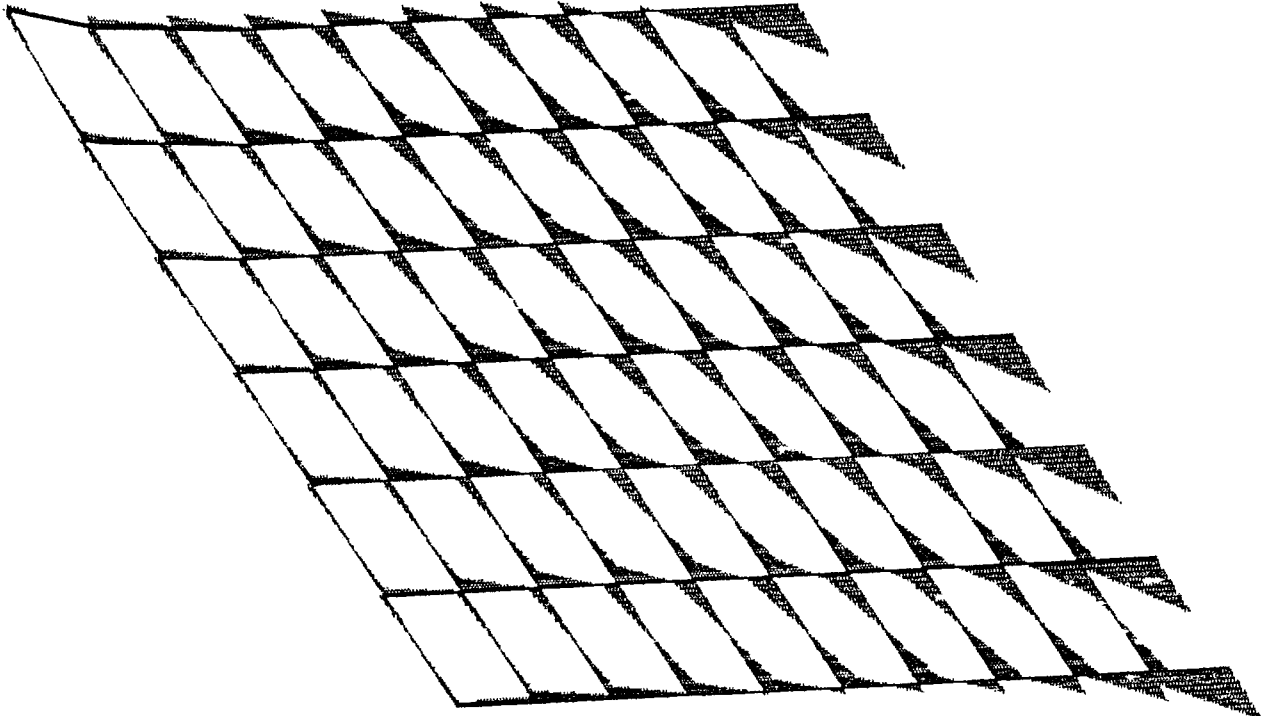


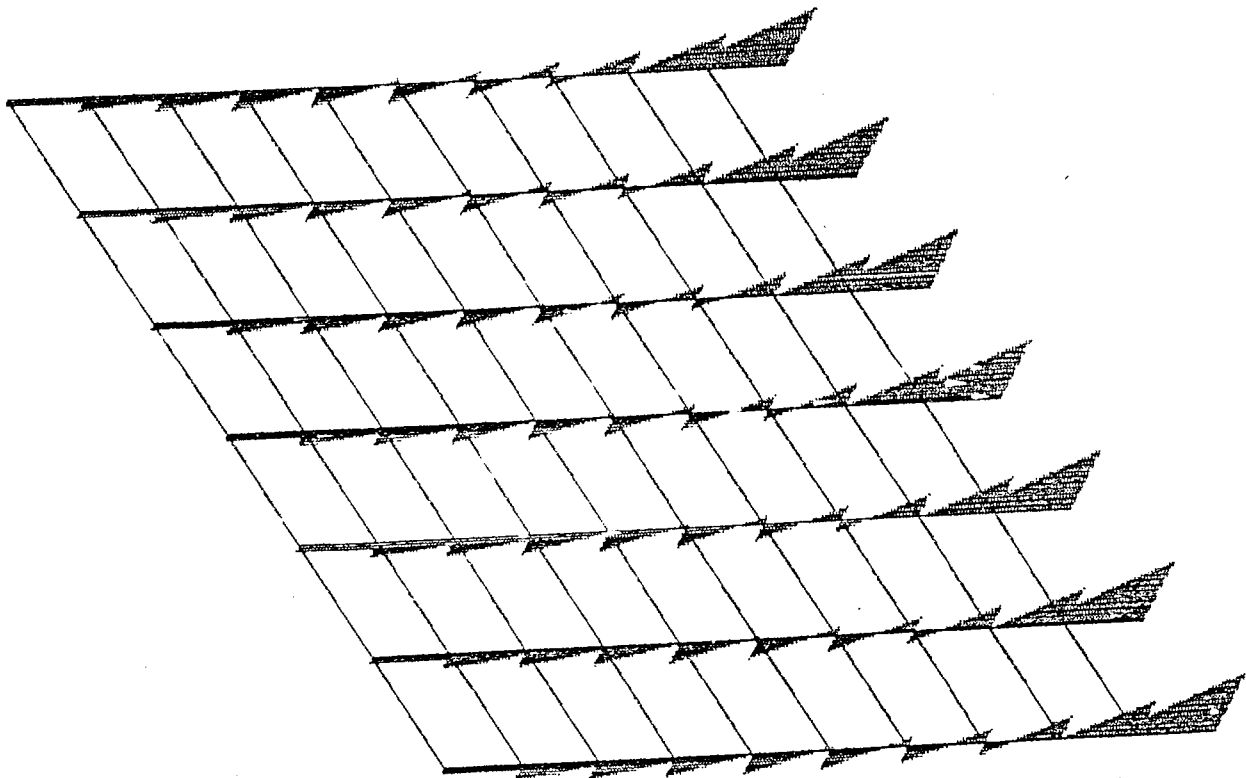
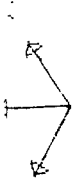


TA-H1  
FRAME  
OUTPUT M33  
LOAD 3

MIN < 3>  
-0.8181E+03  
AT 0.00  
MAX < 87>  
0.3829E+03  
AT 3.50

SAP90





TA-HI  
FRAME  
OUTPUT M22  
LOAD 4

MIN < 1 >  
-0.9742E+03  
AT 0.00  
MAX < 106 >  
0.3078E+03  
AT 3.50

SAP90