

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS PENGARUH PENGEKANG (*BRACING*)**  
**PADA STRUKTUR PORTAL BAJA 3D DENGAN**  
**VARIASI PANJANG BENTANG**



**Disusun oleh :**

**Nama : Siswoyo**  
**No. Mhs : 95 310 039**  
**NIRM : 950051013114120038**

**Nama : Andi Wibowo**  
**No. Mhs : 95 310 161**  
**NIRM : 950051013114120159**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2000**

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb,

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penyusun berhasil menyelesaikan tugas akhir dan menyusun laporan ini.

Kegiatan ini sesuai dengan kurikulum yang ada di lingkungan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, yaitu setiap mahasiswa wajib membuat tugas akhir sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi program strata-1 (S1). Dalam tugas akhir ini penyusun mengambil tema tentang *Analisis Pengaruh Pengekang (bracing) Pada Struktur Portal Baja 3D Dengan Variasi Panjang Bentang*.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini penyusun banyak mendapatkan masukan yang berharga, sehingga penyusun memiliki kesempatan menambah pengetahuan yang tidak didapat pada waktu kuliah. Penyelesaian tugas akhir ini diberi waktu 1 bulan untuk membuat proposal dan 3 bulan untuk menyusun laporan. Mengingat waktu yang relatif singkat penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini sangat terbatas dan jauh dari sempurna, untuk itu penyusun tidak menutup kritik dan saran yang sifatnya membangun dari pembaca.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penyusun banyak mendapat bantuan, bimbingan dari berbagai pihak, karena itu pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat,

1. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BM. Aris, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dosen Pembimbing I tugas akhir,
4. Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE, selaku Dosen Pembimbing II tugas akhir,
5. Seluruh staf pengajar di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
6. Seluruh karyawan dan rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini.

Kepada semua pihak yang tersebut di atas penyusun hanya dapat mendoakan dan berharap semoga segala bantuan baik moral maupun spiritual serta amal kebajikannya diterima oleh Allah SWT.

Semoga laporan ini bermanfaat, khususnya bagi penyusun dan semua pihak yang membutuhkan pada umumnya, mudah-mudahan Allah SWT membalas semua amal dan kebaikan kita semua. *Amien...*

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Juli 2000  
Penyusun

Siswoyo / Andi wibowo

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xvii
<b>ABSTRAKSI</b> .....	x
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	I
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
1.6 Metodologi penelitian .....	5
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Umum .....	6
2.2 Pembahasan .....	7

<b>BAB III. LANDASAN TEORI</b> .....	9
3.1 Umum .....	9
3.2 Struktur Portal Tanpa Bracing .....	9
3.3 Portal Dengan Sistem Pengekang Konsentrik .....	10
3.4 Portal Dengan Sistem Pengekang Eksentrik .....	11
3.5 Simpangan Lateral .....	12
3.6 Analisa Beban Gempa .....	14
3.6.1 Gaya geser dasar .....	15
3.6.2 Koefisien gempa dasar .....	15
3.6.3 Distribusi gaya geser horisontal .....	15
3.6.4 Waktu getar alami .....	16
3.7 Pendimensian Profil Baja .....	16
3.7.1 Rumus untuk mendimensi balok .....	17
3.7.2 Rumus untuk mendimensi kolom .....	19
3.7.3 Rumus untuk mendimensi pengekang .....	22
3.8 Momen Guling .....	23
<b>BAB IV. ANALISIS STRUKTUR PORTAL 3 DIMENSI</b> .....	24
4.1 Umum .....	24
4.2 Model Struktur Portal Baja .....	25
4.2.1 Model struktur portal baja rangka penahan momen .....	25
4.2.2 Model struktur portal baja rangka diperkaku konsentrik .....	25
4.2.3 Model struktur portal baja rangka diperkaku eksentrik .....	26
4.3 Pendimensian Profil .....	27
4.4 Pembebanan Konstruksi .....	28
4.4.1 Beban mati .....	28

4.4.2 Beban hidup .....	29
4.4.3 Pembebanan portal melintang .....	29
4.4.4 Pembebanan portal membujur .....	30
4.4.5 Pembebanan total portal tanpa pengekang tipe I .....	31
4.4.6 Pembebanan total portal dengan pengekang tipe I .....	33
4.5 Berat Bangunan Total .....	36
4.5.1 Berat struktur portal tanpa pengekang tipe I .....	36
4.5.2 Berat struktur portal dengan pengekang tipe I .....	36
4.6 Perhitungan Gaya Geser Dasar Horisontal Akibat Beban Gempa .....	41
4.7 Hasil Simpangan Tingkat Struktur Portal .....	49
<b>BAB V. PEMBAHASAN</b> .....	79
5.1 Momen Kolom .....	79
5.2 Simpangan puncak .....	83
5.3 Gaya Geser Dasar .....	89
5.4 Momen Guling .....	89
<b>BAB VI. KESIMPULAN dan SARAN</b> .....	91
6.1 Kesimpulan .....	91
6.2 Saran .....	91

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

3.1 Portal rangka penahan momen .....	10
3.2 Portal baja dengan sistem pengekang konsentrik .....	11
3.3 Portal baja dengan sistem pengekang eksentrik .....	12
3.4 Momen lentur sekunder akibat PA pada portal .....	13
3.5 Perbandingan antara portal tak bergoyang dan bergoyang .....	14
3.6 Tegangan lentur ijin batang .....	17
3.7 Kurva momen ganda dan kurva momen tunggal .....	20
3.8 Kurva momen tunggal .....	20
3.9 Kurva momen tunggal .....	20
3.10 Hubungan antara momen guling dan gaya geser dasar .....	23
4.1 Model struktur rangka baja penahan momen .....	25
4.2 Model struktur portal baja rangka diperkaku konsentrik .....	26
4.3 Model struktur portal baja rangka diperkaku eksentrik .....	27
4.4 Denah pembebanan dengan metode amplop .....	28
4.5 Distribusi pembebanan portal melintang dengan metode amplop .....	29
4.6 Distribusi pembebanan portal membujur dengan metode amplop .....	30
4.7 Denah penempatan dinding .....	31
4.8 Panjang pengekang pada portal tipe I .....	38
4.9 Grafik daerah wilayah gempa 3 pada tanah keras .....	43
5.1 Grafik momen kolom bawah eksentrik .....	81
5.2 Grafik momen kolom atas eksentrik .....	81



5.3 Grafik momen kolom bawah konsentrik .....	82
5.4 Grafik momen kolom atas konsentrik .....	82
5.5 Grafik momen kolom bawah tanpa pengekang .....	83
5.6 Grafik momen kolom atas tanpa pengekang .....	83
5.7 Grafik simpangan maksimum arah x pengekang eksentrik .....	86
5.8 Grafik simpangan maksimum arah y pengekang eksentrik .....	86
5.9 Grafik simpangan maksimum arah x pengekang konsentrik .....	87
5.10 Grafik simpangan maksimum arah y pengekang konsentrik .....	87
5.11 Grafik simpangan maksimum arah x tanpa pengekang .....	88
5.12 Grafik simpangan maksimum arah y tanpa pengekang .....	88

## DAFTAR TABEL

4.1 Distribusi pembebanan tiap lantai pada portal tipe 1 (bentang 5m) .....	40
4.2 Distribusi pembebanan tiap lantai pada portal tipe 2 (bentang 6m) .....	40
4.3 Distribusi pembebanan tiap lantai pada portal tipe 3 (bentang 7m) .....	41
4.4 Distribusi gaya geser horisontal akibat gempa tipe 1 tanpa pengekang.....	46
4.5 Distribusi gaya geser horisontal akibat gempa tipe 1 dengan pengekang.....	47
4.6 Distribusi gaya geser horisontal akibat gempa tipe 2 tanpa pengekang.....	47
4.7 Distribusi gaya geser horisontal akibat gempa tipe 2 dengan pengekang.....	48
4.8 Distribusi gaya geser horisontal akibat gempa tipe 3 tanpa pengekang.....	48
4.9 Distribusi gaya geser horisontal akibat gempa tipe 3 dengan pengekang.....	49
4.10 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe I eksentrik .....	49
4.11 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe I eksentrik .....	50
4.12 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe I konsentrik .....	50
4.13 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe I konsentrik .....	51
4.14 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe I tanpa pengekang .....	51
4.15 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe I tanpa pengekang .....	52
4.16 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe II eksentrik .....	52
4.17 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe II eksentrik .....	53

4.18 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe II konsentrik .....	53
4.19 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe II konsentrik .....	54
4.20 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe II tanpa pengekang .....	54
4.21 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe II tanpa pengekang .....	55
4.22 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe III eksentrik .....	55
4.23 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe III eksentrik .....	56
4.24 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe III konsentrik .....	56
4.25 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe III konsentrik .....	57
4.26 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe III tanpa pengekang .....	57
4.27 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe III tanpa pengekang .....	58
4.28 Dimensi profil struktur portal tipe I .....	58
4.29 Dimensi profil struktur portal tipe II .....	59
4.30 Dimensi profil struktur portal tipe III .....	59
4.31 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe I eksentrik .....	60
4.32 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe I eksentrik .....	61
4.33 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe I konsentrik .....	61
4.34 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe I konsentrik .....	62
4.35 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe I tanpa pengekang .....	62
4.36 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe I tanpa pengekang .....	63
4.37 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe II eksentrik .....	63
4.38 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe II eksentrik .....	64
4.39 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe II konsentrik .....	64
4.40 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe II konsentrik .....	65
4.41 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe II tanpa pengekang .....	65

4.42 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe II tanpa pengekang .....	66
4.43 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe III eksentrik .....	66
4.44 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe III eksentrik .....	67
4.45 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe III konsentrik .....	67
4.46 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe III konsentrik .....	68
4.47 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe III tanpa pengekang .....	68
4.48 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe III tanpa pengekang .....	69
4.49 Momen kolom bawah eksentrik .....	69
4.50 Momen kolom atas eksentrik .....	70
4.51 Momen kolom bawah konsentrik .....	70
4.52 Momen kolom atas konsentrik .....	71
4.53 Momen kolom bawah tanpa pengekang .....	71
4.54 Momen kolom atas tanpa pengekang .....	72
4.55 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipe II .....	72
4.56 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipe II .....	73
4.57 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipe II .....	73
4.58 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipe II .....	74
4.59 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipe II .....	74
4.60 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipe II .....	75
4.61 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipe II .....	75
4.62 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipe II .....	76
4.63 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipe II .....	76
4.64 Hasil simulasi model struktur tipe I .....	77
4.65 Hasil simulasi model struktur tipe II .....	77

4.66 Hasil simulasi model struktur tipe III .....	78
---	----

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I : Lembar Konsultasi
- Lampiran II : Gambar Model Struktur
- Lampiran III : Data Input SAP'90
- Lampiran IV : Data Output SAP'90
- Lampiran V : Contoh Hitungan Elemen Portal

## DAFTAR NOTASI

$A_f$	= luas bruto sebuah flens
$A_g$	= luas bruto penampang lintang
$A_n$	= luas bersih; luas bersih melalui lobang-lobang pada batang tarik
$A_w$	= luas badan
$b_f$	= lebar flens
$C_b$	= faktor untuk menghitung gradien momen kekuatan balok
$C_c$	= rasio kerampingan $Kl/r$ yang memisahkan antara kolom panjang dan pendek menurut ASD
$C_c, C_{mx}, C_{my}$	= faktor dalam pembesaran momen yang berkaitan dengan gradien momen dan kekangan ujung dengan memperhitungkan lenturan terhadap sumbu x atau y
$d$	= kedalaman/tinggi keseluruhan penampang baja
$e$	= eksentrisitas beban
$E$	= modulus elastisitas tarik-tekan
$E_c$	= modulus elastisitas beton
$E_s$	= modulus elastisitas baja, 29000 Ksi
$f_a$	= tegangan tarik aksial beban layanan; $T/A_g$ atau $T/A_e$
$f_b$	= tegangan lentur beban layanan; $M/S$

$f_{bx}, f_{by}$	= tegangan fleksural beban layanan berdasarkan momen primer, terhadap sumbu $x = M/S_x$ , terhadap sumbu $y = M/S_y$
$F_a$	= tegangan aksial beban layanan yang diijinkan dalam ASD
$F_b, F_{bx}, F_{by}$	= tegangan lentur yang diijinkan M/S dalam ASD pada beban layanan, lentur menurut sumbu $x$ atau $y$
$F_S$	= faktor keamanan
$F_u$	= kekuatan tarik baja struktur
$F_y$	= tegangan leleh baja
$I, I_x, I_y$	= momen inersia, masing-masing menurut sumbu $x, y$ , atau $z$
$K, K_x, K_y, K_z$	= faktor panjang efektif, masing-masing menurut sumbu $x, y$ , atau $z$
$L$	= panjang/bentangan
$L_b$	= panjang tanpa penopang lateral
$L_c$	= ASD; panjang tanpa penopang lateral maksimum untuk penggunaan $F_b$
$L_u$	= ASD; panjang maksimum tanpa penopang lateral untuk digunakan pada tegangan ijin $F_b = 0,6F_y$ bila $C_b = 1$
$M$	= momen lentur; momen beban layanan (tak terfaktor) untuk ASD
$M_1, M_2$	= momen kecil ( $M_1$ ) dan momen besar ( $M_2$ ) pada ujung-ujung segmen yang tak berpenopang lateral



$M_n$	= kekuatan momen nominal
$P$	= beban layanan aksial
$P_{cr}$	= beban tekuk kritis; gaya tekan pada tekuk
$r$	= radius girasi = $\sqrt{I/A_g}$ ; jarak radial dari sentroid ke pusat tegangan
$r_f$	= radius girasi sebuah penampang yang mencakup flens tekan, plus sepertiga luas badan tekan yang diambil menurut sebuah dalam bidang badan
$r_x, r_y, r_z$	= radius girasi, masing-masing menurut x,y,z
$S_x, S_y$	= modulus penampang elastis I/y, menurut sumbu x atau y
$t_f$	= tebal flens
$t_w$	= tebal badan
$T$	= gaya tarik; gaya tarik beban layanan
$\alpha$	= $P/P_e$ untuk ASD
$\delta$	= defleksi; defleksi tekukan goyangan samping
$\delta_0$	= defleksi tingkat pertama balok-kolom
$\Delta$	= defleksi lateral ( <i>drift</i> )
$\psi$	= faktor dalam Cm

## ABSTRAK

Indonesia termasuk daerah rawan gempa, terutama didaerah-daerah tertentu. Pada penulisan tugas akhir ini membahas suatu bangunan struktur portal baja dengan pengekang ("bracing") dan struktur portal baja tanpa pengekang ("unbracing") ketika menerima beban lateral yang berupa beban gempa. Kedua struktur portal baja tersebut mempunyai perilaku yang berbeda dalam menerima beban lateral. Jika suatu portal menerima beban lateral, maka akan mengalami simpangan. Besarnya simpangan tergantung dari besarnya gaya lateral dan kekakuan strukturnya. Besarnya simpangan dapat diatasi dengan memperkaku sistem struktur atau memberikan batang diagonal ditengah-tengah bentang portal yang biasanya disebut "bracing". Untuk menganalisa besarnya simpangan, gaya geser dan momennya maka dibuat suatu model banding 3 dimensi dengan menggunakan gedung tingkat 10 dengan variasi panjang bentang pada portal yang berpengekang dengan bentang 5m, 6m dan 7m. Model struktur portal baja yang digunakan adalah, struktur portal penahan momen, struktur portal diperkaku konsentrik dan struktur portal diperkaku eksentrik. Perencanaan struktur menggunakan cara analisa beban statik ekuivalen dan mengacu pada buku Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung (PPTGUG, 1983). Perhitungan menggunakan SAP90, lalu hasil perhitungan disajikan dalam bentuk tabel, grafik simpangan tingkat dan grafik momen kolom. Hasil tersebut kemudian dibandingkan seberapa besar pengaruh pemakaian pengekang pada 9 model struktur yang berbeda. Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa struktur portal berpengekang memiliki kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan struktur yang tak berpengekang dalam menahan simpangan puncak dan momen kolom antar tingkat mengalami kenaikan sesuai dengan pertambahan bentang.

**ANALISIS PENGARUH PENGEKANG (*BRACING*)  
PADA STRUKTUR BAJA 3D DENGAN VARIASI  
PANJANG BENTANG**

Oleh:

Nama : Siswoyo  
No. Mhs : 95 310 039  
NIRM : 950051013114120038

Nama : Andi Wibowo  
No. Mhs : 95 310 161  
NIRM : 950051013114120159


Telah diperiksa dan disetujui oleh:

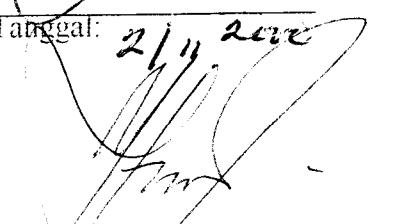
Ir. H. Susastrawan, MS

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Ilman Noor, MSCE

Dosen Pembimbing II

  
Tanggal: 2/11/2010

  
Tanggal: 8/11/2010

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Gempa bumi merupakan suatu kejadian alam yang sangat merugikan bagi kehidupan manusia. Banyak sekali kerugian-kerugian yang diderita oleh manusia baik material seperti kerusakan sarana dan prasarana berupa bangunan, jalan, jembatan, maupun korban jiwa

Untuk daerah gempa aktif seperti di Indonesia, sering sekali beban gempa, angin maupun besar massa gedung menjadi penentu dalam perancangan bangunan gedung, terutama untuk gedung bertingkat tinggi. Pengaruh beban-beban tersebut dapat menimbulkan perpindahan lateral cukup besar, sehingga akan menyebabkan keruntuhan pada struktur gedung.

Dalam kaitannya dengan rekayasa dan rancang bangun konstruksi gedung bertingkat banyak, komponen beton dan baja merupakan alternatif yang saling memberikan kelengkapan. Struktur baja mempunyai kelebihan untuk mengatasi permasalahan-permasalahan diatas dibandingkan dengan struktur beton.

Struktur baja mempunyai keunggulan dalam hal rasio antara berat sendiri dengan daya dukung beban yang dapat dipikul, yaitu cukup kecil jika dibandingkan dengan struktur bangunan beton. Sifat lainnya adalah struktur baja mempunyai sifat "daktail" (liat), sehingga mampu mengalami deformasi atau lendutan plastis yang

besar setelah batas kekuatan elastisnya terlampaui. Ini tidak terjadi pada beton karena beton merupakan bahan yang "brittle" (getas) karena beton mudah retak atau pecah pada deformasi yang kecil saja (Merati, 1990)

Pada portal struktur baja untuk mengurangi perpindahan lateral agar diperoleh kestabilan struktur, maka portal dilengkapi dengan pengekang (*bracing*). Pada portal terbuka (*open frame*) kekuatan dan kekakuan portal dalam menahan beban lateral serta kestabilannya sangat tergantung pada kemampuan dari masing-masing elemen.

Untuk memperkaku struktur portal dapat dilakukan dengan menyisipkan satu atau dua batang pada diagonal portal. Pada bentuk ini portal dapat menahan gaya lateral lebih besar daripada struktur portal tanpa pengekang, karena beban lateral ditahan oleh batang diagonal. Pada struktur portal ini biasa disebut "braced frame".

## 1.2 Permasalahan

Keunggulan struktur baja dalam hal rasio antara berat sendiri dengan daya dukung beban yang dapat dipikulnya, mempunyai dampak kerugian struktur menjadi sangat langsing, sehingga menjadi kurang menguntungkan perilaku responnya ketika menerima beban lateral yang bekerja pada arah horisontal.

Pada struktur portal baja tingkat tinggi akan mengalami lendutan akibat menerima beban lateral, yang disebut dengan efek P delta. Akibat dari efek P delta ini portal akan mengalami simpangan ("drift") yang dapat mengakibatkan kehancuran struktur bila simpangan tersebut melebihi batas kekuatan plastisnya. Simpangan ini dapat diantisipasi dengan memperkaku portal, sehingga simpangan portal dapat

diperkecil. Semakin kaku portal tersebut maka simpangan yang terjadi akan semakin kecil.

Sistem pengekang yang dikembangkan untuk memperkaku struktur akibat pengaruh gaya horisontal dan vertikal, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Portal penahan momen (*moment resisting frame*),
2. Portal diperkaku konsentrik (*concentrically braced frame*),
3. Portal diperkaku eksentrik (*eccentrically braced frame*).

Dari ketiga sistem di atas masing-masing sistem pengekang mempunyai kelebihan dan kekurangan baik dalam hal perilaku struktur maupun arsitekturnya.

### **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk meneliti pengaruh pengekang pada struktur portal baja tingkat tinggi dengan variasi panjang bentang terhadap simpangan puncak, momen kolom dan gaya geser antara sistem pengekang konsentrik, eksentrik dan portal penahan momen pada struktur tersebut.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari studi penelitian ini adalah untuk mendapatkan suatu struktur baja yang dapat menahan beban lateral dengan konstruksi yang ekonomis, terutama pada daerah yang sering dilanda angin atau gempa.

### 1.5 Batasan Masalah

Pada analisis pengekang ini diadakan pembatasan masalah dan anggapan sebagai berikut :

1. Struktur yang digunakan sebagai model adalah struktur portal baja,
2. Portal dianggap baja murni yang terdiri dari 10 lantai dengan tinggi lantai pertama 4 m dan selanjutnya 3,5 m,
3. Struktur yang ditinjau terdiri atas variasi bentang yang terdiri dari 5, 6, dan 7 m pada bentang yang berpengekang,
4. Struktur portal yang dianalisis menggunakan sistem pengekang tipe Z,
5. Balok dianggap sangat kaku dan tidak mengalami lendutan dalam menentukan simpangan lateral yang terjadi akibat beban gempa,
6. Beban lateral yang dipakai adalah beban gempa dengan analisis beban statik ekuivalen,
7. Mutu material dan elemen portal yang digunakan adalah:
  - modulus elastisitas baja,  $E_s = 2,1 \cdot 10^8 \text{ KN/m}^2$ ,
  - tegangan leleh baja,  $F_y = 2,5 \cdot 10^5 \text{ KN/m}^2$ ,
  - berat jenis beton,  $W_c = 23 \text{ KN/m}^3$ ,
  - berat jenis baja,  $W_s = 78,5 \text{ KN/m}^3$ ,
8. Dimensi portal menggunakan asumsi awal,
9. Bangunan diasumsikan terletak di atas tanah keras pada wilayah gempa III,
10. Perencanaan pembebanan gempa berdasarkan PPTGIUG 1983,
11. Untuk analisis struktur digunakan program bantu SAP90,
12. Untuk perencanaan ini beban angin tidak diperhitungkan.

13. Perletakan pada dasar pondasi diasumsikan sebagai jepit dan titik buhul diasumsikan sebagai jepit elastis, sedangkan ujung-ujung bracing dianggap sendi.
14. Perencanaan dimensi profil menggunakan Allowable Stress Design (ASD),

#### **1.6. Metodologi Penelitian**

Secara garis besar metode penelitian yang akan kami laksanakan adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan dan mempelajari dari beberapa literatur/buku,
2. Menentukan tipe portal yang akan diteliti,
3. Melakukan analisis dengan menggunakan program SAP90,
4. Membuat tabel dari hasil perhitungan program SAP90,
5. Membuat perbandingan dari masing-masing model struktur.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Dalam merencanakan atau mendesain suatu struktur diperlukan penguasaan akan sifat dan perilaku struktur tersebut secara menyeluruh, baik mengenai analisis struktur, perencanaan struktur, dan semua hal yang berhubungan dengan struktur tersebut. Portal adalah rangka struktur bangunan gedung yang dapat menahan beban-beban yang bekerja, baik itu beban mati, beban hidup, dan beban-beban sementara. Portal dengan sistem pengekang dipergunakan untuk mengurangi perpindahan perpindahan lateral dan untuk memperoleh stabilitas struktur. Dengan menggunakan sistem pengekang diharapkan dapat meningkatkan kekakuan portal secara keseluruhan sehingga simpangan yang disebabkan oleh beban gempa maupun angin dapat dibatasi. Penelitian mengenai pengaruh pemakaian pengekang pada bangunan bertingkat banyak telah dilakukan sehingga dapat digunakan sebagai bahan acuan yang akan membantu dalam penelitian ini. Oleh karena itu maka dalam penelitian ini digunakan tinjauan pustaka penelitian sebagai berikut :

1. Penelitian Dwi Satio Permono dan Julia Krisna (1997)

Kedua peneliti ini mengambil topik *Efektifitas Pengekang (Bracing) Pada Struktur Baja Gedung Bertingkat Banyak*. Pada penelitian ini dibandingkan seberapa besar pengaruh pemakaian pengekang terhadap struktur bangunan bertingkat banyak dengan variasi perletakan yang berbeda. Kesimpulan yang dihasilkan adalah pada perletakan bracing dengan sistem eksentris menghasilkan kekakuan struktur yang lebih besar dan dapat menurunkan perpindahan puncak (simpangan) hingga 90%.

## 2. Penelitian Yustriawan dan Said Khairiansyah (1999)

Penelitian yang dilakukan mengambil topik *Analisis Pengekang (Bracing) Terhadap Kekakuan Portal Dengan Variasi Tingkat Pada Struktur Baja*. Pada penelitian ini juga dibandingkan pengaruh pengekang terhadap kestabilan struktur dalam menahan beban lateral antara struktur portal yang menggunakan bracing dan struktur portal tanpa bracing. Dari penelitian ini dapat diambil suatu kesimpulan bahwa struktur yang menggunakan bracing akan lebih kaku dan lebih ekonomis jika dibandingkan dengan struktur tanpa pengekang.

## 3. Penelitian G. Widiadnyana Merati (1990)

Peneliti mengambil topik *Studi Struktur Pengaku (Bracing) Pada Portal Baja*. Studi ini meliputi penelaahan struktur pengaku (*bracing*) yang digunakan pada portal baja dua dimensi bertingkat 10 dan 20. Portal tersebut diberi struktur pengaku eksentrik dan konsentrik untuk dapat diketahui tentang perilaku elastiknya ketika menerima beban gempa. Dari hasil penelitian tersebut peneliti berkesimpulan bahwa peranan rangka pengaku pada bangunan tinggi sangat besar, dalam mencapai

kekakuan struktur yang memadai. Walaupun demikian, perlu dikaji lebih jauh mengenai besar kecilnya efek pengkakuan tersebut sehingga sesuai dengan beban gempa yang harus dialaminya

## **2.2 Pembahasan**

Dari hasil-hasil penelitian diatas dapat disimpulkan keterbatasan – keterbatasan yang masih ada, yaitu:

1. Pada penelitian sebelumnya hanya terbatas pada analisis struktur dengan bentang yang seragam.
2. Belum diteliti seberapa besar pengaruh pemakaian pengekang konsentrik dan eksentrik pada struktur portal dengan bentang yang beragam pada model struktur 3 dimensi.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

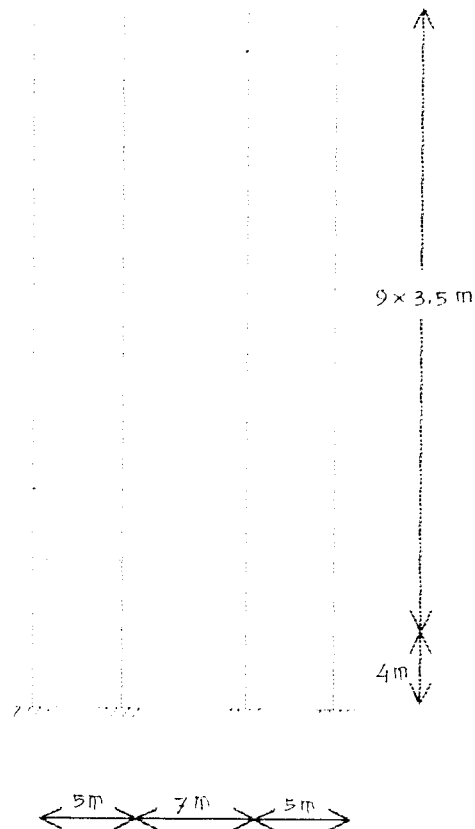
#### **3.1 Umum**

Sesuai dengan fungsinya, portal adalah suatu rangka struktur yang harus mampu menahan beban-beban yang bekerja. Portal dengan sistem pengekang dipergunakan untuk mengurangi perpindahan lateral dan untuk memperoleh stabilitas struktur. Dengan menggunakan sistem pengekang diharapkan dapat meningkatkan kekakuan portal secara keseluruhan sehingga lendutan yang disebabkan oleh beban gempa maupun angin dapat dibatasi.

#### **3.2 Struktur Portal Tanpa Bracing.**

Sistem portal penahan momen (*momen resisting frame*) seperti Gambar 3.1 haruslah bersifat kaku, sehingga tetap kuat, stabil dan aman selama umur pemakaian. Pada struktur portal ini kekuatan, kekakuan dan kestabilan portal dalam menahan beban lateral tergantung pada masing-masing elemennya. Sambungan titik buhul masing-masing elemen harus kaku, sehingga kemampuan portal dalam menahan beban lateral akan meningkat. Sistem pengekang ini untuk ketinggian tertentu sudah

tidak ekonomis lagi (Merati 1990), karena simpangan yang terjadi cukup besar sehingga dimensi profil jadi cukup besar, maka sistem pengekang ini akan lebih mahal dari sistem pengekang lainnya

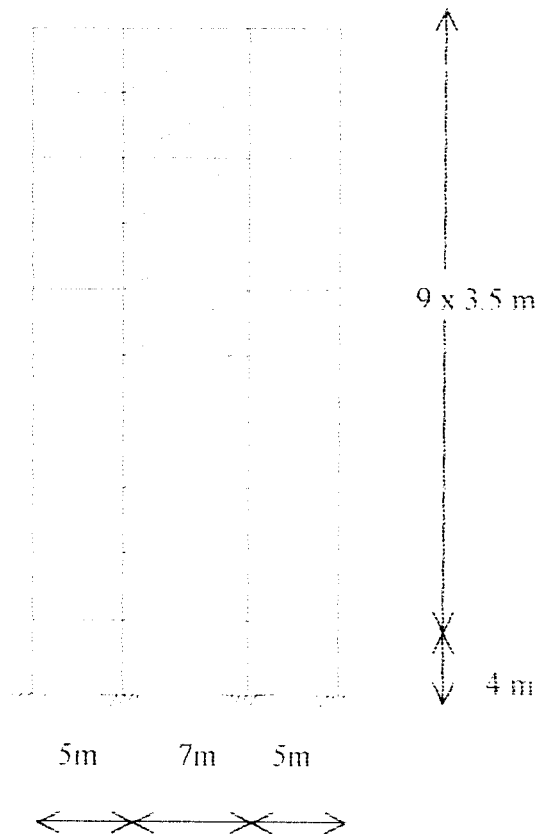


Gambar 3.1 Portal rangka penahan momen

### 3.3 Portal Dengan Sistem Pengekang Konsentrik

Portal diperkaku konsentrik (*concentrically braced frame*), yaitu struktur portal yang mempunyai sistem pengekang yang terletak pada diagonal setiap petak rangkanya. Rangka pengekang dengan batang-batang diagonal ini mempunyai tiga tipe, yaitu pengekang tipe Z, X dan V. Penempatan elemen pengekang diagonal ini

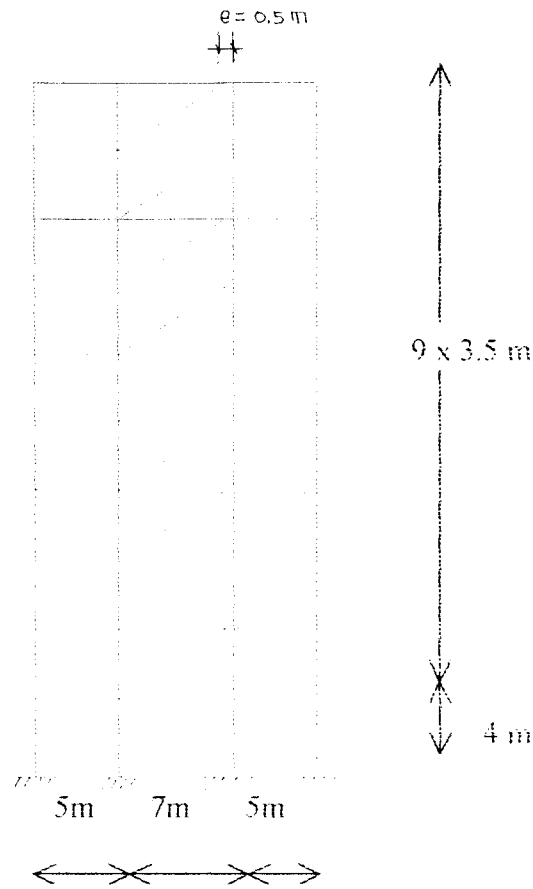
tidak hanya berada pada satu bentang (*bav*) saja, tetapi dapat pula dipasang pada beberapa bentang sejauh masih dipertimbangkan (Wahyudi.I.,1992). Pada sistem pengebang konsentrik tipe Z, batang-batang diagonal dapat berfungsi sebagai batang tarik atau batang tekan tergantung pada pembebanannya seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Portal baja dengan sistem pengebang konsentrik

### 3.4 Portal Dengan Sistem Pengebang Eksentrik

Portal diperkaku eksentrik adalah sistem pengebang yang diletakkan diagonal, akan tetapi salah satu atau kedua ujung batang pengebang akan terletak pada suatu jarak (cukup pendek) dari titik pertemuan balok dan kolom, seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Portal baja dengan sistem pengekang eksentrik

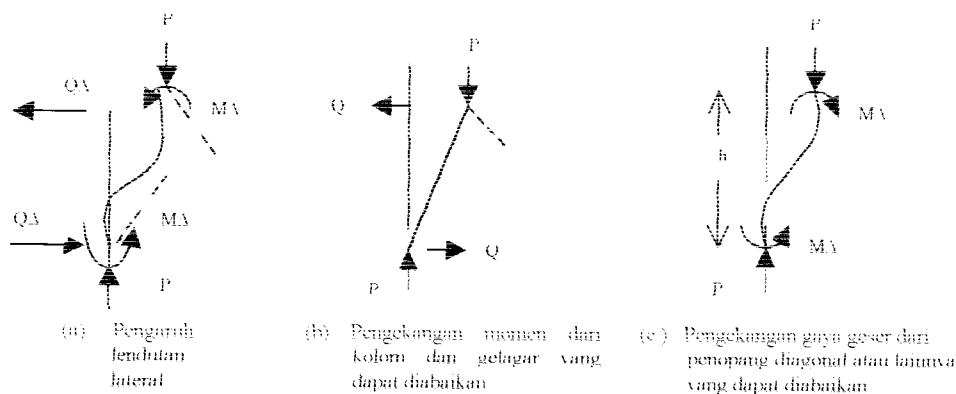
### 3.5 Simpangan Lateral

Suatu portal diasumsikan sebagai suatu kolom akan mengalami lendutan bila menerima beban lateral. Besarnya lendutan itu tergantung dari beban vertikal dan besarnya beban lateral yang terjadi. Pada gambar 3.4 memperlihatkan gaya-gaya yang timbul pada batang kolom portal akibat lendutan lateral (kearah samping) yang disebabkan oleh gaya horizontal. Momen ( $M\Delta$ ) dan gaya geser ( $Q\Delta$ ) adalah bagian dari momen dan gaya geser yang diperlukan untuk mengimbangi momen  $P\Delta$ . Syarat keseimbangan untuk keadaan pada Gambar 3.4.a adalah:

$$P\Delta = Q\Delta \cdot h + 2M\Delta$$

Pada portal akan terjadi simpangan akibat dari beban lateral tanpa memandang komponen-komponen batangnya. Namun cara mempertahankan keseimbangan terhadap momen  $P\Delta$  berlainan, tergantung pada kondisi pengekangan (*restraint*). Gedung dengan rangka batang vertical yang bertitik tumpu sendi, pada pembebanan lateral tersebut tidak memiliki kontinuitas di tumpuannya sehingga momen tidak terjadi, lihat Gambar 3.4.b, sedangkan batang diagonal dan horizontal harus memikul semua gaya geser  $Q\Delta$ . Keseimbangan itu adalah:

$$Q\Delta = \frac{P\Delta}{h}$$



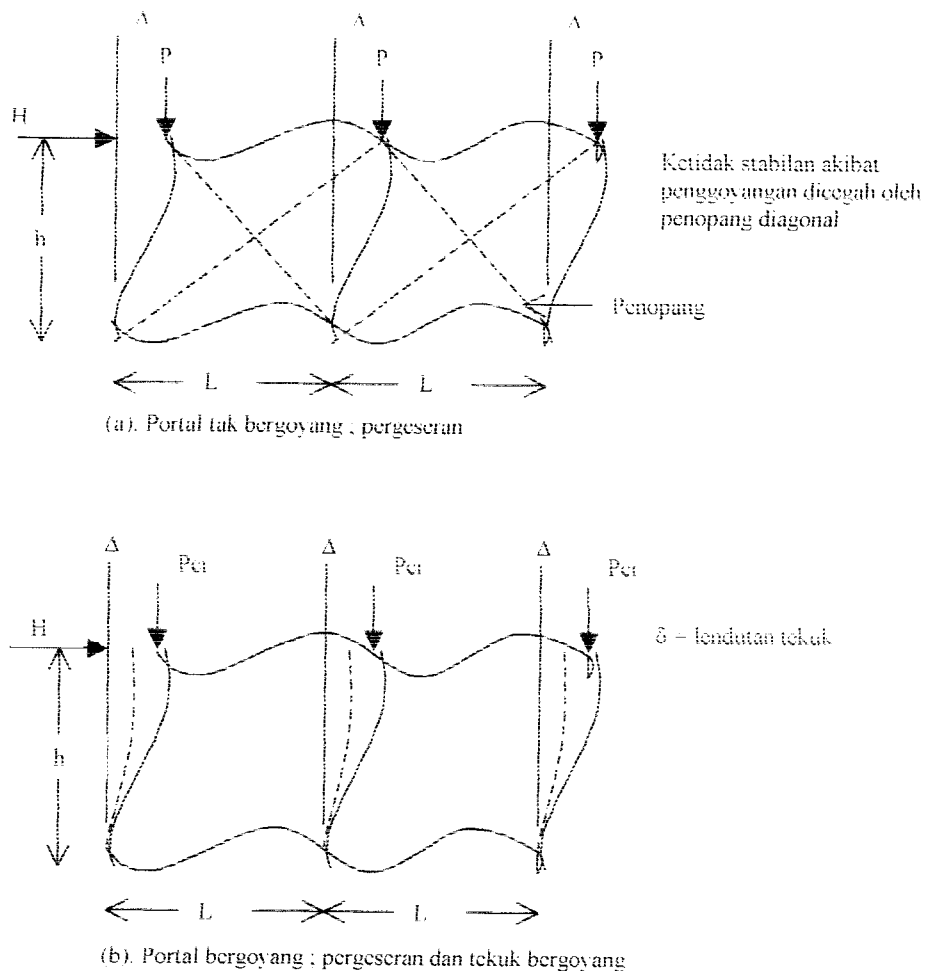
Gambar 3.4 Momen lentur sekunder akibat  $P\Delta$  pada portal

Sebaliknya, jika batang-batang disambung secara kaku tanpa batang diagonal, daya tahan terhadap gaya geser akan sangat kecil. Dengan mengabaikan daya tahan geser (*shear resistance*),

$$M\Delta = \frac{P\Delta}{2}$$

Lihat, Gambar 3.4.c. Dalam hal ini gelagar dan kolom harus memikul momen  $M\Delta$ .





Gambar 3.5 Perbandingan antara portal tak bergoyang dan bergoyang

### 3.6 Analisa Beban Gempa

Pada perencanaan struktur bangunan tahan gempa harus diperhitungkan beban lateral akibat beban gempa. Pada penelitian numeris ini, metode analisis beban gempa menggunakan analisis beban gempa statik ekuivalen yang sesuai dengan PPTGIIUG (1983) sebagai berikut ini :

### 3.6.1 Gaya geser dasar (V)

Gaya geser dasar merupakan gaya geser horisontal total yang besarnya dihitung dengan persamaan berikut ini,

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

dengan :  $C$  = koefisien gempa dasar

$I$  = factor keutamaan gedung

$K$  = factor jenis gedung

$W_t$  = berat total struktur

### 3.6.2 Koefisien gempa dasar (C)

Koefisien gempa dasar ditentukan sesuai dengan wilayah gempa dimana bangunan berada, dengan memakai waktu getar alami struktur. Untuk struktur portal baja, rumus untuk mencari waktu getar alami adalah sebagai berikut:

Untuk struktur tanpa pengekang:

$$T = 0.085 \cdot H^{0.75} \quad (3.2)$$

Untuk struktur dengan pengekang:

$$T = \frac{0.09H}{\sqrt{B}} \quad (3.3)$$

dengan :  $T$  = waktu getar (detik),

$H$  = tinggi total struktur (m).

$B$  = lebar struktur (m).

### 3.6.3 Distribusi gaya geser horisontal (Fi)

Beban geser akibat gempa ( $V$ ) harus dibagikan sepanjang tinggi gedung menjadi beban – beban horisontal terpusat yang menangkap pada masing-masing tingkat menurut rumus berikut ini:

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

Untuk  $H/B < 3$ ,

dengan :  $F_i$  – beban gempa horizontal yang terpusat pada lantai  $i$  (kg),

$h_i$  – tinggi lantai  $i$  dari titik penjepitan tanah (m).

$W_i$  = beban vertikal yang disumbangkan pada lantai  $i$  (kg).

### 3.6.4 Waktu getar alami (T)

Waktu getar alami struktur gedung setelah direncanakan dengan pasti harus dicek dengan rumus Reyleigh:

$$T = 0,3 \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot \delta_i^2}{g \sum F_i \cdot \delta_i}} \quad (3.5)$$

dengan :  $W_i$  = beban vertikal pada lantai  $i$  yang digunakan dalam perhitungan beban gempa (kg),

$\delta_i$  = lendutan horisontal lantai,

$F_i$  = beban horizontal pada lantai  $i$  (kg),

$g$  = percepatan gravitasi (mm/dt).

Apabila waktu getar alami yang dihitung dengan rumus (3.5) ini lebih kecil 80% dari waktu getar hitungan pertama (3.2) untuk stuktur tanpa pengekang, atau (3.3) untuk struktur dengan pengekang, maka beban gempa harus dihitung dengan menggunakan waktu getar yang baru pada rumus (3.5).

### 3.7 Pendimensian Profil Baja

Sebelum portal tersebut diteliti, selanjutnya adalah mendimensi profil yang aman terhadap kombinasi beban mati, beban hidup dan beban gempa. Profil yang

didimensi adalah profil untuk balok, kolom dan pengekangnya. Hitungan mendimensi menggunakan rumus AISC dengan metode elastis dan menggunakan tabel profil AISC. Rumus-rumus AISC yang digunakan adalah :

### 3.7.1 Rumus untuk mendimensi komponen struktur profil baja

#### 1. Komponen struktur batang tarik

➤ Untuk batang yang tidak bersambungan sendi :

Pada daerah tidak ada lubang :

$$T = 0,6F_u A_g \quad (3.6)$$

Pada daerah yang ada lubangnya :

$$T = 0,5F_u A_e \quad (3.7)$$

$$A_e = \mu A_n, \text{ dengan } \mu = 0,75 - 1$$

➤ Untuk batang yang bersambungan sendi :

$$T = 0,45F_y A_n \quad (3.8)$$

#### 2. Komponen struktur batang tekan

Jika :

$$\frac{kL}{r \min} \leq Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \quad (3.9)$$

Tegangan ijin tekan dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$F_u = \frac{F_y}{F_s} \left[ 1 - \frac{\left( \frac{kL}{r} \right)^2}{2Cc^2} \right] ; \text{ dengan } F_s : \quad (3.10)$$

$$F_s = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{\frac{kL}{r}}{Cc} - \frac{1}{8} \frac{\left( \frac{kL}{r} \right)^2}{Cc^2} \quad (3.11)$$

$$T = F_{cr} A_g \tag{3.12}$$

Jika

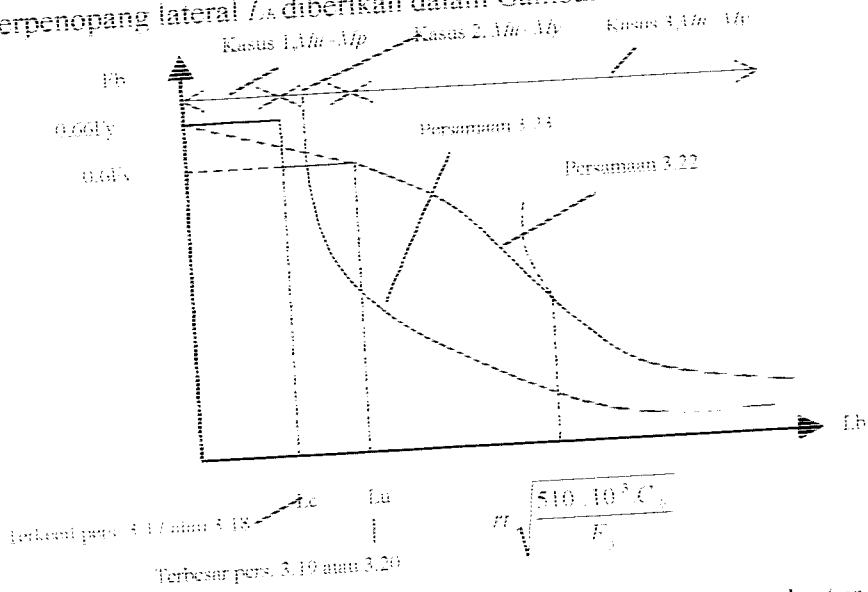
$$\frac{kL}{r \min} \geq C_c \tag{3.13}$$

$$F_{cr} = \frac{12 \pi^2 E}{23 \left( \frac{kL}{r} \right)^2} \tag{3.14}$$

### 3. Komponen struktur batang lentur

Suatu ringkasan dari hubungan tegangan lentur ijin ASD lawan panjang tak

berpenopang lateral  $L_A$  diberikan dalam Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Ringkasan kriteria ASD untuk tegangan lentur ijin untuk batang yang memiliki sumbu simetri dalam, dan dibebani dalam bidang plat badan.

Tegangan ijin lentur penampang kompak merupakan fungsi dari gradien momen dan jarak antar dukungan lateral. Jika balok dengan penambahan lateral dipasang pada jarak tertentu maka,

a. Kasus 1, jika  $L_b = L_c$  maka,

Untuk batang kompak,  $F_{bx} = 0,66.F_y$ , sedangkan batang tidak kompak  $F_{bx} = 0,6F_y$

Cek batang kompak :

$$\text{a. Sayap : } \frac{b_f}{2.t_f} \leq \frac{65}{\sqrt{F_y}} \quad (3.15)$$

$$\text{b. Badan : } \frac{d}{t_w} \leq \frac{640}{\sqrt{F_y}} \quad (3.16)$$

$L_c$  = nilai terkecil dari :

$$L_{c1} = \frac{76.b_f}{\sqrt{F_y}} \quad (3.17)$$

$$L_{c2} = \frac{20.000}{d} \cdot \frac{1}{F_y} \cdot A_f \quad (3.18)$$

b. Kasus 2,  $L_c < L_b < L_u$  maka,

$$F_{bx} = 0,60.F_y$$

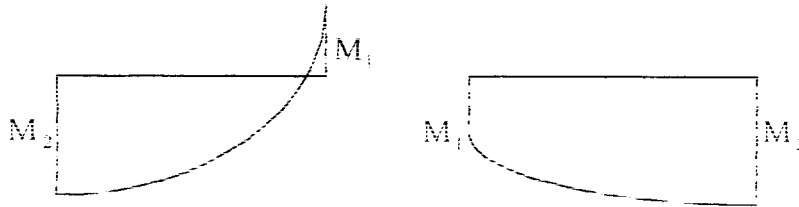
$L_u$  = nilai terbesar dari :

$$L_{u1} = \frac{20000.C_b}{F_y \cdot \frac{d}{A_f}} \quad (3.19)$$

$$L_{u2} = rt \cdot \sqrt{\frac{102.000.C_b}{F_y}} \quad (3.20)$$

Koefisien  $C_b$  dihitung berdasarkan diagram momen batang :

$$\bullet \quad C_b = 1,75 + 1,05 \left( \pm \frac{M_1}{M_2} \right) + 0,30 \left( \pm \frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3, \quad M_1 \leq M_2 \quad (3.21)$$

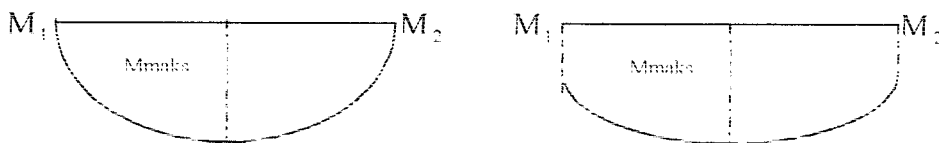


Gambar 3.7 Kurva momen ganda dan kurva momen tunggal

$\frac{M_1}{M_2}$  = positif, jika momen dengan kurva ganda

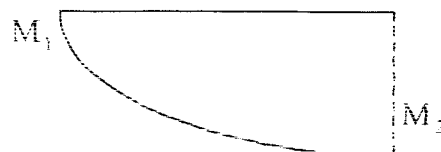
$\frac{M_1}{M_2}$  = negatif, jika momen dengan kurva tunggal

- Nilai  $C_b = 1$ , untuk diagram momen dengan  $M_1 = M_2$  :



Gambar 3 8 Kurva momen tunggal

- Nilai  $C_b = 1,75$ , untuk diagram momen :



Gambar 3 9 Kurva momen tunggal

c. Kasus 3, jika  $L_b > L_u$

- $\frac{L_b}{r_i} \leq \sqrt{\frac{510.000 \cdot C_b}{F_y}}$ , maka  $F_b$  diambil nilai terbesar dari :

$$F_b = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y \left( \frac{L_b}{rt} \right)^2}{1530 \cdot 10^3 \cdot C_b} \right] F_y \leq 0,6 F_y \quad (3.22)$$

$$F_b = \frac{12.000 \cdot C_b}{L_b \cdot \frac{d}{A_f}} \leq 0,6 F_y \quad (3.23)$$

▪  $\frac{L_b}{rt} > \sqrt{\frac{510.000 \cdot C_b}{F_y}}$ , maka  $F_b$  diambil nilai terbesar dari :

$$F_b = \frac{170.000 \cdot C_b}{\left( \frac{L_b}{rt} \right)^2} \leq 0,6 F_y \quad (3.24)$$

$$F_b = \frac{12.000 \cdot C_b}{L_b \cdot \frac{d}{A_f}} \leq 0,6 F_y \quad (3.25)$$

#### 4. Komponen struktur yang menerima beban desak dan lentur/momen

Pada satu elemen konstruksi adakalanya menerima kombinasi beban lentur dan desak. Elemen konstruksi yang mengalami beban seperti tersebut sering juga disebut *beam coloms*.

AISC memberikan beberapa persyaratan bagi elemen *beam coloms* :

Jika  $\frac{f_a}{F_a} \geq 0,15$ , (beban aksial dominan) maka :



$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} \cdot f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{cx}}\right) \cdot F_{bx}} + \frac{C_{my} \cdot f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{cy}}\right) \cdot F_{by}} \leq 1 \quad (3.26)$$

$$\frac{f_a}{0,6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (3.27)$$

$$F_{cx} = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \left( \frac{k_x \cdot I_x}{r_x} \right)^2} \quad (3.28)$$

$$F_{cy} = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \left( \frac{k_y \cdot I_y}{r_y} \right)^2} \quad (3.29)$$

Nilai  $C_m$  dipengaruhi oleh bentuk bidang momen. Nilai  $C_m$  dapat dikelompokkan seperti dibawah ini :

a. Pada portal bergoyang, dimana memungkinkan terjadinya pergeseran pada titik tumpuan. Untuk konstruksi ini  $C_m = 0,85$ .

b. Pada portal tidak bergoyang, konstruksi tidak mengalami pergeseran maupun gaya diantara perletakan/ujung-ujung batang, maka  $C_m = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0,4$ .

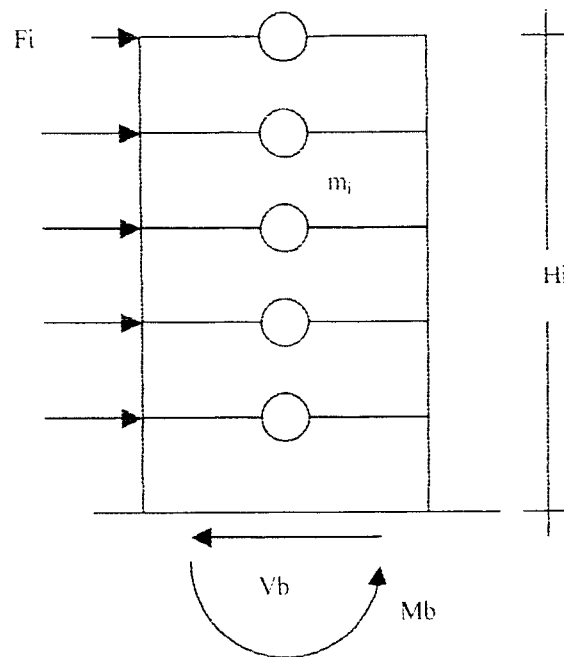
c. Pada portal tidak bergoyang, dimana ada gaya diantara ujung-ujung batang serta pada sambungan/ujung-ujung batang ditahan rotasinya,  $C_m = 0,85$ . Tetapi jika pada sambungan/ujung-ujung batang tidak ditahan rotasinya, maka  $C_m = 1$ .

Jika perbandingan desak yang terjadi dengan tegangan desak yang diijinkan lebih kecil dari 0,15 (momen dominan) atau  $\left( \frac{f_a}{F_a} \leq 0,15 \right)$  maka rumus (3.26) diganti oleh rumus (3.30).

$$\frac{f_u}{F_u} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (3.30)$$

### 3.8 Momen guling

Momen guling yang terjadi pada struktur bertingkat banyak dipengaruhi oleh massa dan tinggi gedung, seperti yang terlihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Hubungan antara momen guling dan gaya geser dasar

Rumus yang digunakan adalah:

$$M_b = \sum_{i=1}^N F_i h_i \quad (3.31)$$

dengan,  $M_b$  = momen guling dasar

$V_b$  = gaya geser dasar

$F_i$  = gaya horisontal tingkat ke-i

$h_i$  = tinggi tingkat ke-i

$N$  = jumlah lantai

## **BAB IV**

### **ANALISIS STRUKTUR PORTAL 3 DIMENSI**

#### **4.1 Umum**

Penelitian tugas akhir ini merupakan studi literatur mengenai suatu struktur portal baja dalam menerima beban lateral yang berupa beban gempa. Studi yang dilaksanakan menggunakan struktur portal baja dengan pengekang (*bracing*) dan struktur portal tanpa pengekang (*unbracing*).

Dari berbagai jenis sistem pengekang yang telah banyak dikembangkan selama ini adalah sistem portal penahan momen (*moment resisting frame*), sistem portal diperkaku konsentrik (*concentrically braced frame*), dan sistem pengekang portal diperkaku eksentrik (*eccentrically brace frame*), masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan terhadap perilaku strukturnya dalam menerima beban lateral.

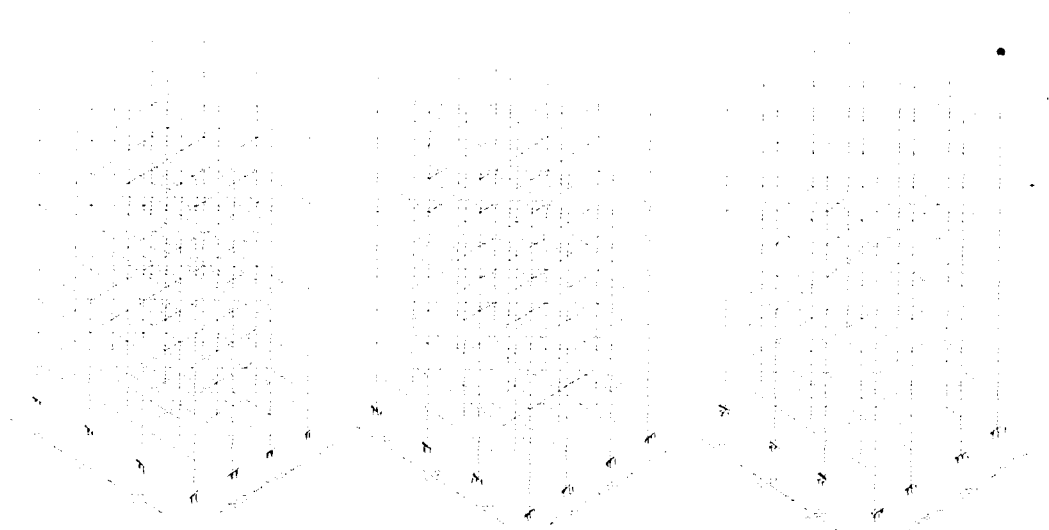
Untuk mengetahui perilaku ketiga jenis pengekang tersebut, maka dibuat model-model struktur portal baja 3 dimensi yang diberi pengekang dengan bentuk Z. Tinggi portal maksimum 35,5 meter dan memiliki 3 bentang serta pengekang ditempatkan pada tengah-tengah portal dengan bentang yang berbeda.

## 4.2 Model Struktur Portal Baja

Untuk mengetahui perilaku struktur portal baja dengan sistem pengekang maupun tanpa pengekang dalam menerima beban lateral, dipilih model-model struktur portal sebagai berikut:

### 4.2.1 Model struktur portal baja rangka penahan momen

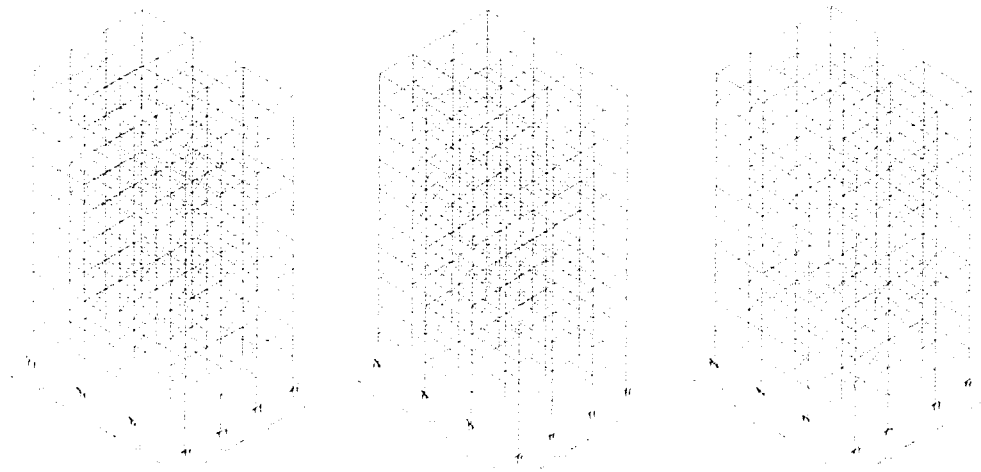
Portal model ini tidak menggunakan pengekang, tetapi dalam perencanaan pada titik-titik buhul portal direncanakan sangat kaku, sehingga titik buhul tersebut diharapkan mampu menahan beban lateral yang terjadi, lihat gambar 4.1.



Gambar 4.1 . Model struktur rangka baja penahan momen.

### 4.2.2 Model struktur portal baja rangka diperkaku konsentrik.

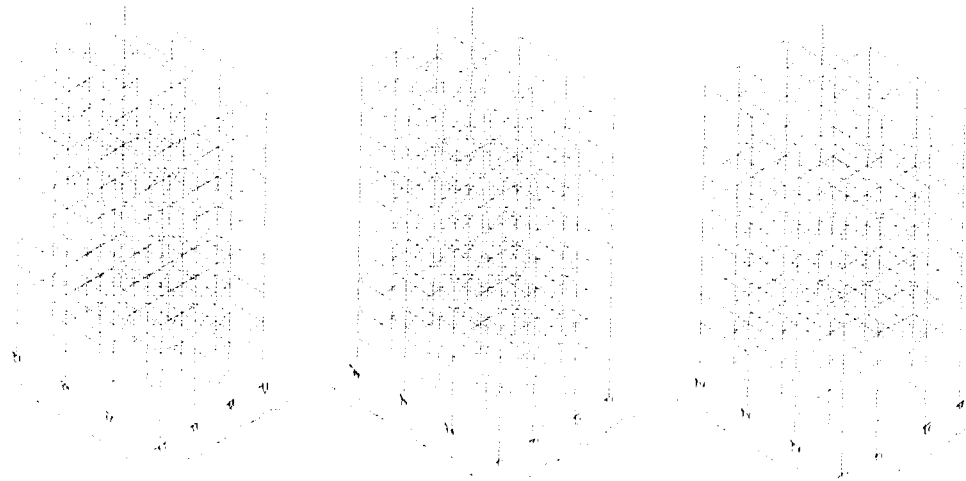
Model struktur baja yang digunakan pada penelitian ini memakai sistem pengekang tipe Z, dimana pengekang tersebut terdapat ditengah-tengah portal pada setiap tingkat dan menghubungkan titik buhulnya, lihat gambar 4.2.



Gambar 4.2. Model struktur portal baja rangka diperkaku konsentrik.

#### 4.2.3. Model struktur portal baja rangka diperkaku eksentrik

Model struktur portal baja ini hampir sama dengan struktur portal baja konsentrik tipe Z, tetapi pada rangka diperkaku eksentrik batang –batang diperkaku diletakkan pada arah diagonal , dimana salah satu atau kedua ujung batang pengegang terletak pada suatu jarak tertentu pada pertemuan antara balok dan kolom. Eksentrisitas antara batang pengegang diambil dengan perbandingan  $e/I$ , adalah lebih besar dari 5% (K. David, 1988). Untuk sistem pengegang ini diambil eksentrisitas sebesar 0.5 meter ( $e = 0.5m$ ), lihat gambar 4.3.



Gambar 4.3. Model struktur portal baja rangka diperkaku eksentrik.

#### 4.3 Pendimensionian Profil.

Pendimensionian profil dari struktur portal yang hendak ditinjau dalam studi literature ini dilakukan dengan cara coba-coba (*trial and error*) yaitu dengan mencoba-coba dimensi profil dari masing-masing elemen struktur seperti elemen balok, kolom dan pengekang. Pendimensionian profil menggunakan program SAP90 yang nantinya menghasilkan cek interaksi atau cek tegangan dari elemen-elemen struktur.

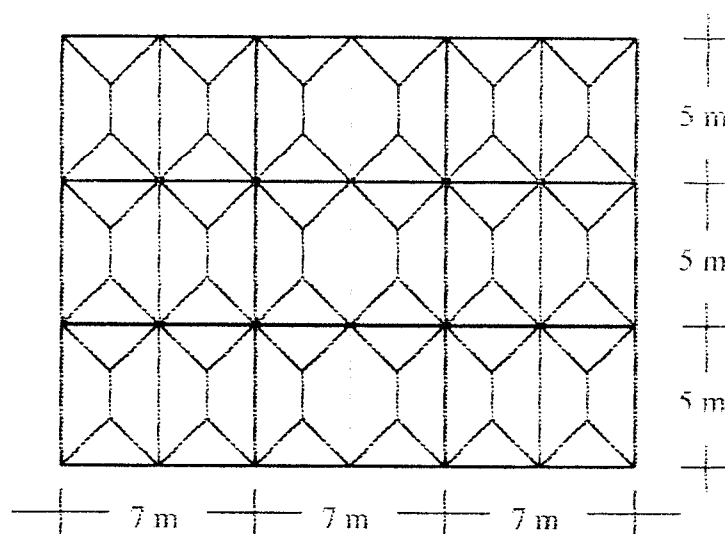
Langkah-langkah penghitungan pendimensionian profil adalah sebagai berikut:

1. Menghitung dimensi struktur rangka penahan momen dengan beban gravitasi dan beban gempa,
2. Menghitung dimensi struktur rangka diperkaku konsentrik dengan beban gravitasi dan beban gempa,
3. menghitung dimensi struktur rangka diperkaku eksentrik dengan beban gravitasi dan beban gempa.

4. Cek rasio profil terhadap beban melalui diagram interaksi tegangan beban dan profil.

#### 4.4 Pembebanan Konstruksi.

Pembebanan pada konstruksi dibuat berdasarkan peraturan pembebanan gedung Indonesia (PPGI, 1983), yang berupa beban mati dan beban hidup data pembebanan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.4 Denah pembagian pembebanan menurut metode amplop

##### 4.4.1 Beban mati

- a. Beban mati atap

1. berat plat (10 cm) =  $0,1 \cdot (23 \text{ KN/m}^3) = 2,3 \text{ KN/m}^2$
  2. berat plafon =  $0,11 \text{ KN/m}^2$
  3. berat finishing =  $0,17 \text{ KN/m}^2 +$
- total =  $2,58 \text{ KN/m}^2$

b. Beban Mati Lantai

1. berat plat (12 cm) = 0,12 . (23 KN/m <sup>3</sup> )	= 2,76 KN/m <sup>2</sup>
2. berat spesi (2 cm) = 0,02 . (21 KN/m <sup>3</sup> )	= 0,42 KN/m <sup>2</sup>
3. berat ubin (1 cm) = 0,01 . (23 KN/m <sup>3</sup> )	= 0,23 KN/m <sup>2</sup>
4. berat pasir (1 cm) = 0,01 . (16 KN/m <sup>3</sup> )	= 0,16 KN/m <sup>2</sup>
5. berat plafon	= 0,11 KN/m <sup>2</sup> +
total	= 3,68 KN/m <sup>2</sup>

#### 4.4.2 Beban hidup

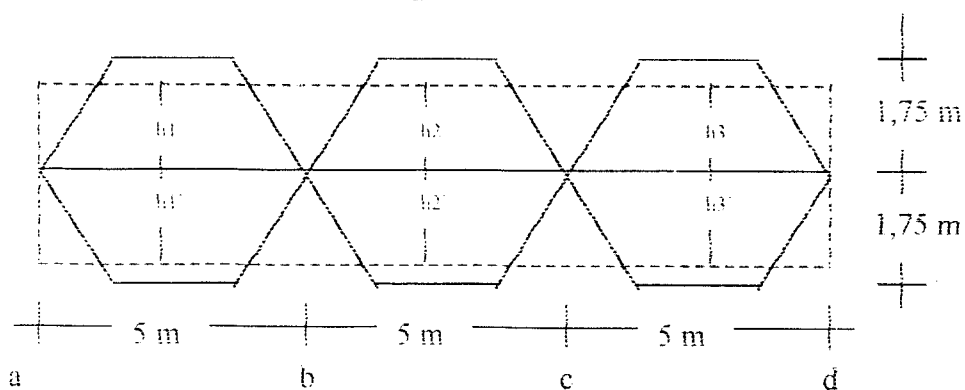
a. Beban hidup atap

1. beban hidup orang	= 1 KN/m <sup>2</sup>
2. beban air hujan (5 cm) = 0,05 . 10KN/m <sup>3</sup>	= 0,5 kn/m <sup>2</sup> +
total	= 1,5 KN/m <sup>2</sup>

b. beban hidup lantai

1. beban hidup perkantoran	= 2,5 KN/m <sup>2</sup>
----------------------------	-------------------------

#### 4.4.3 Pembebanan portal melintang



Gambar 4.5 Distribusi pembebanan portal melintang dengan metode amplop

$$h1 = h1' = h3 = h3' = h2 = h2' = 1,75 - 4/3 \left( \frac{1,75^2}{5} \right) = 1,464 \text{ m}$$



## ➤ Atap

$$\text{Beban hidup (ql)} = 1,5 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Beban mati (qd)} = 2,58 \text{ KN/m}^2$$

Balok a-b = balok b-c = balok c-d :

$$ql = (h1 + h1') \cdot ql = (1,464 + 1,464) \cdot 1,5 = 4,392 \text{ KN/m}$$

$$qd = (h1 + h1') \cdot qd = (1,464 + 1,464) \cdot 2,58 = 7,554 \text{ KN/m}$$

## ➤ Lantai

$$\text{Beban hidup (ql)} = 2,5 \text{ KN/m}^2$$

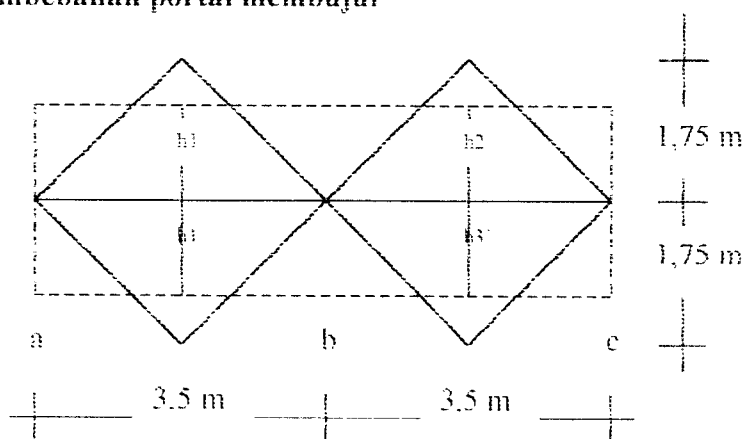
$$\text{Beban mati (qd)} = 3,68 \text{ KN/m}^2$$

Balok a-b = b-c = c-d

$$Ql = (1,464 + 1,464) \cdot 2,5 = 7,32 \text{ KN/m}$$

$$Qd = (1,464 + 1,464) \cdot 3,68 = 10,775 \text{ KN/m}$$

#### 4.4.4 Pembebanan portal membujur



Gambar 4.6 Distribusi pembebanan portal membujur dengan metode amplop

$$h1 = h1' = h2 = h2' = 1,75 \cdot \frac{4}{3} \left( \frac{1,75^3}{3,5^3} \right) = 1,167 \text{ m}$$

## ➤ Atap

Balok a-b = b-c :

$$Ql = (1,167 + 1,167) \cdot 1,5 = 3,501 \text{ KN/m}$$

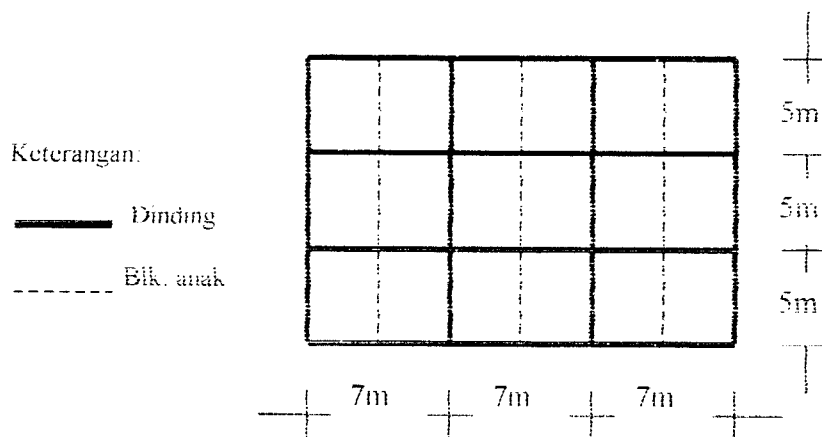
$$Qd = (1,167 + 1,167) \cdot 2,58 = 6,022 \text{ KN/m}$$

## ➤ Lantai

Balok a-b = b-c = c-d

$$Ql = (1,167 + 1,167) \cdot 2,5 = 5,835 \text{ KN/m}$$

$$Qd = (1,167 + 1,167) \cdot 3,68 = 8,589 \text{ KN/m}$$

**4.4.5 Pembebanan total portal tanpa pengekang tipe I (bentang 5 m)****4.4.5.1 Portal melintang**

Gambar 4.7 Denah penempatan dinding

## ➤ Atap

Balok a-b = b-c = c-d

$$\text{Beban hidup (ql)} = 4,392 \text{ KN/m}$$

$$\text{Beban mati (qd)} = 7,554 \text{ KN/m}$$

$$\text{Dinding} = 2,5 \cdot (3,5 + 0,5) = 4,375 \text{ KN/m} +$$

$$\text{Total} = 11,929 \text{ KN/m}$$

## ➤ Lantai 3 s/d 9

Balok a-b = b-c = c-d

Beban hidup (ql) = 7,32 KN/m

Beban mati (qd) = 10,775 KN/m

Dinding =  $2,5 \cdot 3,5$  = 8,75 KN/m +

Total = 19,525 KN/m

## ➤ Lantai 2

Balok a-b = b-c = c-d

Beban hidup (ql) = 7,22 KN/m

Beban mati (qd) = 10,775 KN/m

Dinding =  $2,5 \cdot (3,5 \cdot 0,5) + 2,5 \cdot (4 \cdot 0,5)$  = 9,375 KN/m +

Total = 20,15 KN/m

**4.4.5.2 Portal membujur**

## ➤ Atap

Balok a-b = b-c

Beban hidup (ql) = 3,501 KN/m

Beban mati (qd) = 6,022 KN/m

Dinding =  $2,5 \cdot (3,5 \cdot 0,5)$  = 4,375 KN/m +

Total = 10,397 KN/m

## ➤ Lantai 3 s/d 9

Balok a-b = b-c

Beban hidup (ql) = 5,835 KN/m

Beban mati (qd) = 8,589 KN/m

$$\begin{aligned} \text{Dinding} &= 2,5 \cdot 3,5 &= 8,75 \text{ KN/m} + \\ \text{Total} &= 17,339 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

➤ Lantai 2

Balok a-b = b-c

Beban hidup (ql) = 5,835 KN/m

Beban mati (qd) = 8,589 KN/m

$$\begin{aligned} \text{Dinding} &= 2,5 \cdot (3,5 \cdot 0,5) + 2,5 \cdot (4 \cdot 0,5) = 9,375 \text{ KN/m} + \\ \text{Total} &= 17,964 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

#### 4.4.6 Pembebanan total portal dengan pengekang tipe I (bentang 5m)

Pada pembebanan ini diasumsikan berat sendiri pengekang diambil 0,5 KN/m<sup>2</sup>.

##### 4.4.6.1 Portal melintang

➤ Atap

Balok a-b = c-d

Beban hidup (ql) = 4,392 KN/m

Beban mati (qd) = 7,554 KN/m

$$\begin{aligned} \text{Dinding} &= 2,5 \cdot (3,5 \cdot 0,5) &= 4,375 \text{ KN/m} + \\ \text{Total} &= 11,929 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

Balok b-c

Beban hidup (ql) = 4,392 KN/m

Beban mati (qd) = 7,554 KN/m

Dinding = 2,5 · (3,5 · 0,5) = 4,375 KN/m

Bracing = 0,5 KN/m +

$$\text{Total} = 12,429 \text{ KN/m}$$

## ➤ Lantai 3 s/d 9

Balok a-b = c-d

Beban hidup (ql) = 7,32 KN/m

Beban mati (qd) = 10,775 KN/m

Dinding =  $2,5 \cdot 3,5$  = 8,75 KN/m +

Total = 19,525N/m

Balok b-c

Beban hidup (ql) = 7,32 KN/m

Beban mati (qd) = 10,775 KN/m

Dinding =  $2,5 \cdot 3,5$  = 8,75 KN/mBracing = 0,5 KN/m +

Total = 20,025 KN/m

## ➤ Lantai 2

Balok a-b = c-d

Beban hidup (ql) = 7,32 KN/m

Beban mati (qd) = 10,775 KN/m

Dinding =  $2,5 \cdot (3,5 \cdot 0,5) + 2,5 \cdot (4 \cdot 0,5) = 9,375$  KN/m +

Total = 20,15 KN/m

Balok b-c

Beban hidup (ql) = 7,32 KN/m

Beban mati (qd) = 10,775 KN/m

Dinding =  $2,5 \cdot (3,5 \cdot 0,5) + 2,5 \cdot (4 \cdot 0,5) = 9,375$  KN/m

$$\begin{array}{r} \text{Bracing} \\ \hline = 0,5 \text{ KN/m} + \\ \text{Total} = 20,65 \text{ KN/m} \end{array}$$

#### 4.4.6.2 Portal membujur

##### ➤ Atap

Balok a-b = b-c = c-d

Beban hidup (ql) = 3,501 KN/m

Beban mati (qd) = 6,022 KN/m

Dinding =  $2,5 \cdot (3,5 \cdot 0,5)$  = 4,375 KN/m +

Total = 10,397 KN/m

##### ➤ Lantai 3 s/d 9

Balok a-b = b-c = c-d

Beban hidup (ql) = 5,835 KN/m

Beban mati (qd) = 8,589 KN/m

Dinding =  $2,5 \cdot 3,5$  = 8,75 KN/m +

Total = 17,339 KN/m

##### ➤ Lantai 2

Balok a-b = b-c = c-d

Beban hidup (ql) = 5,835 KN/m

Beban mati (qd) = 8,589 KN/m

Dinding =  $2,5 \cdot (3,5 \cdot 0,5) + 2,5 \cdot (4 \cdot 0,5) = 9,375 \text{ KN/m}$  +

Total = 17,964 KN/m

Untuk perhitungan pada Type 2 dan Type 3 (bentang 7 m dan 9 m) tidak ditampilkan disini melainkan langsung dimasukkan dalam perhitungan INPUT SAP90.

#### 4.5 Berat Bangunan Total

##### 4.5.1 Berat struktur portal tanpa pengekang tipe 1 (bentang 5m)

###### A. Berat atap

###### 1. Beban Tetap

- |                     |   |                      |
|---------------------|---|----------------------|
| a. Berat Plat beton | $= 0,1 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 15$              | $= 724,5 \text{ KN}$ |
| b. Berat balok      | $= (21 \cdot 4 + 15 \cdot 4) \cdot 1,5$         | $= 216 \text{ KN}$   |
| c. Berat plafon     | $= 0,11 \cdot 21 \cdot 15$                      | $= 34,65 \text{ KN}$ |
| d. Berat finishing  | $= 0,17 \cdot 21 \cdot 15$                      | $= 53,55 \text{ KN}$ |
| e. Berat dinding    | $= 2,5 \cdot (21,4 + 15,4) \cdot 3,5 \cdot 0,5$ | $= 630 \text{ KN}$   |

###### 2. Beban Hidup

- |                     |                                     |                        |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------|
| a. Beban hidup atap | $= 0,3 \cdot 1 \cdot 21 \cdot 15$   | $= 94,5 \text{ KN}$    |
| b. Beban air hujan  | $= 0,05 \cdot 10 \cdot 21 \cdot 15$ | $= 157,5 \text{ KN} +$ |
| Total               |                                     | $= 1910,7 \text{ KN}$  |

###### B. Berat Lantai 3 s/d 9

###### 1. Beban Tetap

- |                     |   |                      |
|---------------------|---|----------------------|
| a. Berat Plat beton | $= 0,12 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 15$     | $= 869,4 \text{ KN}$ |
| b. Berat balok      | $= (21 \cdot 4 + 15 \cdot 4) \cdot 1,5$ | $= 216 \text{ KN}$   |
| c. Berat plafon     | $= 0,11 \cdot 21 \cdot 15$              | $= 34,65 \text{ KN}$ |
| d. Berat ubin       | $= 0,01 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 15$     | $= 72,45 \text{ KN}$ |

$$\begin{aligned}
 \text{e. Berat spesi} &= 0,02 \cdot 21 \cdot 21 \cdot 15 &= 132,3 \text{ KN} \\
 \text{f. Berat pasir} &= 0,01 \cdot 16 \cdot 21 \cdot 15 &= 50,4 \text{ KN} \\
 \text{g. Berat dinding} &= 2,5 \cdot (21,4 + 15,4) \cdot 3,5 &= 1260 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

## 2. Beban Hidup

$$\begin{aligned}
 \text{a. Beban hidup lantai} &= 0,3 \cdot 2,5 \cdot 21 \cdot 15 &= 236,25 \text{ KN} \\
 \text{Total} & &= 2871,45 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

## C Berat Lantai 2

### 1. Beban Tetap

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat Plat beton} &= 0,12 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 15 &= 869,4 \text{ KN} \\
 \text{b. Berat balok} &= (21,4 + 15,4) \cdot 1,5 &= 216 \text{ KN} \\
 \text{c. Berat plafon} &= 0,11 \cdot 21 \cdot 15 &= 34,65 \text{ KN} \\
 \text{d. Berat ubin} &= 0,01 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 15 &= 72,45 \text{ KN} \\
 \text{e. Berat spesi} &= 0,02 \cdot 21 \cdot 21 \cdot 15 &= 132,3 \text{ KN} \\
 \text{f. Berat pasir} &= 0,01 \cdot 16 \cdot 21 \cdot 15 &= 50,4 \text{ KN} \\
 \text{g. Berat dinding} &= 2,5 \cdot (21,4 + 15,4) \cdot (3,5 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,5) &= 1350 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

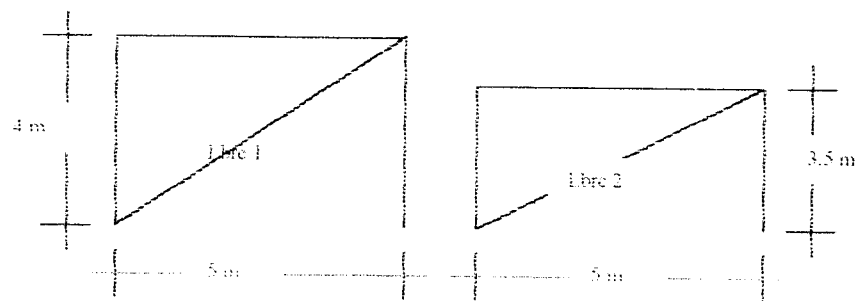
### 2. Beban Hidup

$$\begin{aligned}
 \text{a. Beban hidup atap} &= 0,3 \cdot 2,5 \cdot 21 \cdot 15 &= 236,25 \text{ KN} + \\
 \text{Total} & &= 2961,45 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

#### 4.5.2 Berat struktur portal dengan pengekang tipe 1 (bentang 5m)

Dari model struktur portal yang sama, pengekang konsentrik dianggap mempunyai panjang yang sama dengan pengekang eksentrik, dan berat taksiran pengekang sebesar 0,5 KN/m.





Gambar 4.8 Panjang pengekang pada portal type I

$$\text{Lbr 1} = \sqrt{5^2 + 4^2} = 6,4031 \text{ m}$$

$$\text{Lbr 2} = \sqrt{5^2 + 3,5^2} = 6,1032 \text{ m}$$

#### A. Berat atap

##### 1. Beban Tetap

- a. Berat Plat beton =  $0,1 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 15 = 724,5 \text{ KN}$
- b. Berat balok =  $(21 \cdot 4 + 15 \cdot 4) \cdot 1,5 = 216 \text{ KN}$
- c. Berat plafon =  $0,11 \cdot 21 \cdot 15 = 34,65 \text{ KN}$
- d. Berat finishing =  $0,17 \cdot 21 \cdot 15 = 53,55 \text{ KN}$
- e. Berat dinding =  $2,5 \cdot (21 \cdot 4 + 15 \cdot 4) \cdot 3,5 \cdot 0,5 = 630 \text{ KN}$
- f. Berat pengekang =  $0,5 \cdot 6,1032 \cdot 4 \cdot 0,5 = 6,1032 \text{ KN}$

##### 2. Beban Hidup

- a. Beban hidup atap =  $0,3 \cdot 1 \cdot 21 \cdot 15 = 94,5 \text{ KN}$
- b. Beban air hujan =  $0,05 \cdot 10 \cdot 21 \cdot 15 = 157,5 \text{ KN} +$

---

Total = 1916,8032 KN

#### B. Berat Lantai 3 s/d 9

##### 1. Beban Tetap

- a. Berat Plat beton =  $0,12 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 15 = 869,4 \text{ KN}$

b. Berat balok	$= (21 \cdot 4 + 15 \cdot 4) \cdot 1,5$	$= 216 \text{ KN}$
c. Berat plafon	$= 0,11 \cdot 21 \cdot 15$	$= 34,65 \text{ KN}$
d. Berat ubin	$= 0,01 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 15$	$= 72,45 \text{ KN}$
e. Berat spesi	$= 0,02 \cdot 21 \cdot 21 \cdot 15$	$= 132,3 \text{ KN}$
f. Berat pasir	$= 0,01 \cdot 16 \cdot 21 \cdot 15$	$= 50,4 \text{ KN}$
g. Berat dinding	$= 2,5 \cdot (21 \cdot 4 + 15 \cdot 4) \cdot 3,5$	$= 1260 \text{ KN}$
h. Berat pengejang	$= 0,5 \cdot 6,1032 \cdot 4$	$= 12,2064 \text{ KN}$

## 2. Beban Hidup

a. Beban hidup lantai  $= 0,3 \cdot 2,5 \cdot 21 \cdot 15 = 236,25 \text{ KN}$

Total  $\underline{2883,6564 \text{ KN}}$

## C Berat Lantai 2,

### 1. Beban Tetap

a. Berat Plat beton	$= 0,12 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 15$	$= 869,4 \text{ KN}$
b. Berat balok	$= (21 \cdot 4 + 15 \cdot 4) \cdot 1,5$	$= 216 \text{ KN}$
c. Berat plafon	$= 0,11 \cdot 21 \cdot 15$	$= 34,65 \text{ KN}$
d. Berat ubin	$= 0,01 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 15$	$= 72,45 \text{ KN}$
e. Berat spesi	$= 0,02 \cdot 21 \cdot 21 \cdot 15$	$= 132,3 \text{ KN}$
f. Berat pasir	$= 0,01 \cdot 16 \cdot 21 \cdot 15$	$= 50,4 \text{ KN}$
g. Berat dinding	$= 2,5 \cdot (21 \cdot 4 + 15 \cdot 4) \cdot (3,5 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,5)$	$= 1350 \text{ KN}$
h. Berat pengejang	$= 0,5 \cdot (6,1032 \cdot 4 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 4 \cdot 6,4031)$	$= 12,5063 \text{ KN}$

## 2. Beban Hidup

a. Beban hidup lantai  $= 0,3 \cdot 2,5 \cdot 21 \cdot 15 = 236,25 \text{ KN} + \dots$

Total  $\underline{2973,9563 \text{ KN}}$

Untuk lebih jelasnya distribusi pembebanan tiap lantai dapat dilihat pada tabel

4.1.

Tabel 4.1. Distribusi pembebanan tiap lantai pada portal tipe I (bentang 5 m)

Tingkat	Berat Total Tingkat	Berat Total Tingkat
	Tanpa Bracing (KN)	Dengan Bracing (KN)
Atap	1910.7	1916.8032
10	2871.45	2883.6564
9	2871.45	2883.6564
8	2871.45	2883.6564
7	2871.45	2883.6564
6	2871.45	2883.6564
5	2871.45	2883.6564
4	2871.45	2883.6564
3	2871.45	2883.6564
2	2961.45	2973.9563
Total	27843.75	27960.0107

Selanjutnya pada perhitungan berat portal tipe 2 dan tipe 3 (bentang 6 m dan 7 m), dapat dilihat pada tabel 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.2. Distribusi pembebanan tiap lantai pada portal tipe 2 (bentang 6 m)

Tingkat	Berat Total Tingkat	Berat Total Tingkat
	Tanpa Bracing (KN)	Dengan Bracing (KN)
Atap	2005.18	2012.1262
10	3005.48	3019.3724
9	3005.48	3019.3724
8	3005.48	3019.3724
7	3005.48	3019.3724
6	3005.48	3019.3724
5	3005.48	3019.3724
4	3005.48	3019.3724
3	3005.48	3019.3724
2	3097.98	3112.1372
Total	29147	29279.2426

Tabel 4.3. Distribusi pembebanan tiap lantai pada portal tipe 3 (bentang 7 m)

Tingkat	Berat Total Tingkat	Berat Total Tingkat
	Tanpa Bracing (KN)	Dengan Bracing (KN)
Atap	2099.66	2107.4862
10	3139.51	3155.1624
9	3139.51	3155.1624
8	3139.51	3155.1624
7	3139.51	3155.1624
6	3139.51	3155.1624
5	3139.51	3155.1624
4	3139.51	3155.1624
3	3139.51	3155.1624
2	3234.51	3250.3984
Total	30450.25	30599.1838

### 3.6 Perhitungan Gaya Geser Dasar Horizontal Akibat Beban Gempa

Untuk perhitungan gaya geser dasar horizontal akibat beban gempa, dalam perencanaan gedung dianggap berada di daerah gempa wilayah 3 dan bangunan terletak pada tanah keras. Perhitungan berdasarkan pada Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1983, dan pembebanannya berdasarkan pada perhitungan diatas, maka gaya geser dasar horizontal akibat beban gempa dapat dihitung sebagai berikut:

#### A. Waktu Getar Alami Gedung (T)

##### 1. Tipe 1 (bentang 5m)

Diketahui tinggi total gedung  $H = 35,5$  m, lebar gedung  $B = 15$  m, dan rasio antara tinggi dan lebar gedung  $H/B = 2,36 < 3$ , maka gaya geser dasar horizontal didistribusikan sepanjang tinggi gedung. Perhitungan waktu getar alami gedung adalah sebagai berikut:

##### a. Tanpa pengekang

$$\begin{aligned}
 T &= 0,085 H^{3/4} \\
 &= 0,085 \cdot 35,5^{3/4} \\
 &= 1,2362 \text{ dt}
 \end{aligned}$$

b. Dengan pengekang

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{0,09H}{\sqrt{B}} \\
 &= \frac{0,09 \cdot 35,5}{\sqrt{15}} \\
 &= 0,825 \text{ dt}
 \end{aligned}$$

2. Tipe 2 (bentang 6 m)

Diketahui tinggi total gedung  $H = 35,5$  m, lebar gedung  $B = 16$  m, dan rasio antara tinggi dan lebar gedung  $H/B = 2,219 < 3$ , maka gaya geser dasar horizontal didistribusikan sepanjang tinggi gedung. Perhitungan waktu getar alami gedung adalah sebagai berikut:

a. Tanpa pengekang

$$\begin{aligned}
 T &= 0,085 H^{3/4} \\
 &= 0,085 \cdot 35,5^{3/4} \\
 &= 1,2362 \text{ dt}
 \end{aligned}$$

b. Dengan pengekang

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{0,09H}{\sqrt{B}} \\
 &= \frac{0,09 \cdot 35,5}{\sqrt{16}} = 0,799 \text{ dt}
 \end{aligned}$$

### 3. Tipe 3 (bentang 7 m)

Diketahui tinggi total gedung  $H = 35,5$  m, lebar gedung  $B = 17$  m, dan rasio antara tinggi dan lebar gedung  $H/B = 2,088 < 3$ , maka gaya geser dasar horizontal didistribusikan sepanjang tinggi gedung. Perhitungan waktu getar alami gedung adalah sebagai berikut :

a. Tanpa pengekang

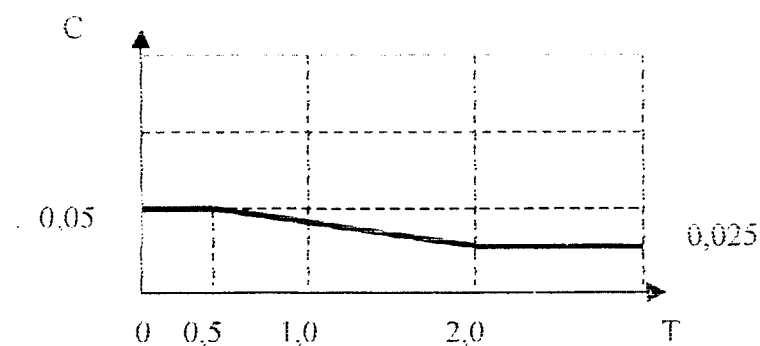
$$\begin{aligned} T &= 0,085 H^{3/4} \\ &= 0,085 \cdot 35,5^{3/4} \\ &= 1,2362 \text{ dt} \end{aligned}$$

b. Dengan pengekang

$$\begin{aligned} T &= \frac{0,09H}{\sqrt{B}} \\ &= \frac{0,09 \cdot 35,5}{\sqrt{17}} \\ &= 0,775 \text{ dt} \end{aligned}$$

### B. Koefisien Gempa Dasar (C)

Perhitungan koefisien gaya gempa dasar didasarkan pada grafik berikut ini, bangunan dianggap berada pada lapis tanah keras, daerah wilayah gempa 3 (lihat gambar 4.7).



Gambar 4.7 Grafik daerah wilayah gempa 3 pada tanah keras

Untuk menentukan koefisien gempa dasar pada setiap model portal dilakukan interpolasi berdasarkan pada grafik 4.7 diatas, yaitu sebagai berikut :

1. Tipe 1 (bentang 5m)

a. tanpa pengekang

$$T = 1,2362 \text{ dt} \longrightarrow C = 0,03773 \text{ (interpolasi)}$$

b. dengan pengekang

$$T = 0,825 \text{ dt} \longrightarrow C = 0,04458$$

2. Tipe 2 (bentang 6m)

a. tanpa pengekang

$$T = 1,2362 \text{ dt} \longrightarrow C = 0,03773 \text{ (interpolasi)}$$

b. dengan pengekang

$$T = 0,799 \text{ dt} \longrightarrow C = 0,045$$

3. Tipe 3 (bentang 7m)

a. tanpa pengekang

$$T = 1,2362 \text{ dt} \longrightarrow C = 0,03773 \text{ (interpolasi)}$$

b. dengan pengekang

$$T = 0,775 \text{ dt} \longrightarrow C = 0,0454$$

C. Gaya Geser Dasar Horizontal Akibat Beban Gempa

Dari tabel 4.1 dan tabel 4.2 pada buku (PPTGIUG 1983 : hal. 14-15), untuk nilai K dan I didapatkan sebagai berikut:

$I = 1,0$  : fungsi untuk gedung perkantoran

$K = 1,0$  : untuk portal baja daktail

Gaya geser dasar horisontal akibat gempa :

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot Wt$$

a. Tipe 1 (bentang 5m)

1. Tanpa pengekang

$$\begin{aligned} V &= C \cdot I \cdot K \cdot Wt \\ &= 0,03773 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 27843,75 \\ &= 1050,5447 \text{ KN} \end{aligned}$$

2. Dengan pengekang

$$\begin{aligned} V &= C \cdot I \cdot K \cdot Wt \\ &= 0,04458 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 27960,0107 \\ &= 1246,457277 \text{ KN} \end{aligned}$$

b. Tipe 2 (bentang 6m)

1. Tanpa pengekang

$$\begin{aligned} V &= C \cdot I \cdot K \cdot Wt \\ &= 0,03773 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 29147 \\ &= 1099,7163 \text{ KN} \end{aligned}$$

2. Dengan pengekang

$$\begin{aligned} V &= C \cdot I \cdot K \cdot Wt \\ &= 0,045 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 29279,2426 \\ &= 1317,565917 \text{ KN} \end{aligned}$$

c. Tipe 3 (bentang 7m)

1. Tanpa pengekang

$$\begin{aligned} V &= C \cdot I \cdot K \cdot Wt \\ &= 0,03773 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 30450,25 \end{aligned}$$





$$= 1148,8879 \text{ KN}$$

2. Dengan pengekang

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_i$$

$$= 0,0454 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 30599,1838$$

$$= 1389,2029 \text{ KN}$$

#### D. Distribusi Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

Beban geser dasar akibat gempa ( $V$ ) harus dibagikan sepanjang tinggi gedung menjadi beban-beban horisontal terpusat yang menangkapi pada masing-masing taraf lantai tingkat menurut rumus berikut:

$$F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_j \cdot H_j} V \quad (\text{Untuk } H/B < 3)$$

Distribusi pembebanan dapat dilihat pada tabel 4.4 sampai 4.9.

1. Tipe I (bentang 5 m)

Tabel 4.4 Distribusi gaya geser horisontal akibat gempa tpe I tanpa pengekang

TINGKAT	V (KN)	$W_j$ (KN)	$H_j$ (m)	$W_j \cdot H_j$	$F_i = \left( \frac{W_j \cdot H_j}{\sum W_j \cdot H_j} \right) V$	$F_x = F_y$
Atap	1050.5447	1910.7	35.5	67829.85	133.6014227	33.40036
10	1050.5447	2871.45	32	91886.4	180.9845166	45.24613
9	1050.5447	2871.45	28.5	81836.33	161.1893351	40.29733
8	1050.5447	2871.45	25	71786.25	141.3941536	35.34854
7	1050.5447	2871.45	21.5	61736.18	121.5989721	30.39974
6	1050.5447	2871.45	18	51686.1	101.8037906	25.45095
5	1050.5447	2871.45	14.5	41636.03	82.0086091	20.50215
4	1050.5447	2871.45	11	31585.95	62.2134276	15.55336
3	1050.5447	2871.45	7.5	21535.88	42.41824609	10.60456
2	1050.5447	2961.45	4	11845.8	23.33214042	5.833035
		27843.75		533364.8	1050.544614	262.6362

Tabel 4.5 Distribusi gaya geser horizontal akibat gempa type I dengan pengekang

TINGKAT	V (KN)	W <sub>i</sub> (KN)	H <sub>i</sub> (m)	W <sub>i</sub> · H <sub>i</sub>	$F_i = \left( \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_j \cdot H_j} \right) V$	F <sub>x</sub> = F <sub>y</sub>
Atap	1246.4572	1916.803	35.5	68046.51	158.3707726	39.59269
10	1246.4572	2883.656	32	92277	214.7645746	53.69114
9	1246.4572	2883.656	28.5	82184.21	191.2746992	47.81867
8	1246.4572	2883.656	25	72091.41	167.7848239	41.94621
7	1246.4572	2883.656	21.5	61998.61	144.2949485	36.07374
6	1246.4572	2883.656	18	51905.82	120.8050732	30.20127
5	1246.4572	2883.656	14.5	41813.02	97.31519785	24.3288
4	1246.4572	2883.656	11	31720.22	73.8253225	18.45633
3	1246.4572	2883.656	7.5	21627.42	50.33544716	12.58386
2	1246.4572	2973.956	4	11895.83	27.68622414	6.921556
		27960.01		535560.1	1246.457084	311.6143

## 2. Tipe 2 (bentang 7 m)

Tabel 4.6 Distribusi gaya geser horizontal akibat gempa tipe 2 tanpa pengekang

TINGKAT	V (KN)	W <sub>i</sub> (KN)	H <sub>i</sub> (m)	W <sub>i</sub> · H <sub>i</sub>	$F_i = \left( \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_j \cdot H_j} \right) V$	F <sub>x</sub> = F <sub>y</sub>
Atap	1099.7163	2005.18	35.5	71183.89	140.1795105	35.04488
10	1099.7163	3005.48	32	96175.36	189.3941857	47.34855
9	1099.7163	3005.48	28.5	85656.18	168.6791967	42.1698
8	1099.7163	3005.48	25	75137	147.9642076	36.99105
7	1099.7163	3005.48	21.5	64617.82	127.2492185	31.8123
6	1099.7163	3005.48	18	54098.64	106.5342295	26.63356
5	1099.7163	3005.48	14.5	43579.48	85.81924041	21.45481
4	1099.7163	3005.48	11	33060.28	65.10425135	16.27606
3	1099.7163	3005.48	7.5	22541.1	44.38926228	11.09732
2	1099.7163	3097.98	4	12391.92	24.40289902	6.100725
		29147		558441.7	1099.716202	274.9291

Tabel 4.7 Distribusi gaya geser horizontal akibat gempa tipe 2 dengan pengekang

TINGKAT	V (KN)	W <sub>j</sub> (KN)	H <sub>j</sub> (m)	W <sub>j</sub> · H <sub>j</sub>	$F_i = \left( \frac{W_j \cdot H_j}{\sum W_j \cdot H_j} \right) V$	F <sub>x</sub> = F <sub>y</sub>
Atap	1317.5659	2012.126	35.5	71430.48	167.7797654	41.94494
10	1317.5659	3019.372	32	96619.92	226.9460733	56.73652
9	1317.5659	3019.372	28.5	86052.11	202.1238465	50.53096
8	1317.5659	3019.372	25	75484.31	177.3016197	44.3254
7	1317.5659	3019.372	21.5	64916.51	152.479393	38.11985
6	1317.5659	3019.372	18	54348.7	127.6571662	31.91429
5	1317.5659	3019.372	14.5	43780.9	102.8349394	25.70873
4	1317.5659	3019.372	11	33213.1	78.01271268	19.50318
3	1317.5659	3019.372	7.5	22645.29	53.19048592	13.29762
2	1317.5659	3112.137	4	12448.55	29.23982302	7.309956
		29279.24		560939.9	1317.565825	329.3915

## 3. Tipe 3 m(bentang 7 m)

Tabel 4.8 Distribusi gaya geser horizontal akibat gempa tipe 3 tanpa pengekang

TINGKAT	V (KN)	W <sub>j</sub> (KN)	H <sub>j</sub> (m)	W <sub>j</sub> · H <sub>j</sub>	$F_i = \left( \frac{W_j \cdot H_j}{\sum W_j \cdot H_j} \right) V$	F <sub>x</sub> = F <sub>y</sub>
Atap	1148.8879	2099.66	35.5	74537.93	146.7574913	36.68937
10	1148.8879	3139.51	32	100464.3	197.8038774	49.45097
9	1148.8879	3139.51	28.5	89476.04	176.1690783	44.04227
8	1148.8879	3139.51	25	78487.75	154.5342792	38.63357
7	1148.8879	3139.51	21.5	67499.47	132.8994801	33.22487
6	1148.8879	3139.51	18	56511.18	111.2646811	27.81617
5	1148.8879	3139.51	14.5	45522.9	89.62988196	22.40747
4	1148.8879	3139.51	11	34534.61	67.99508286	16.99877
3	1148.8879	3139.51	7.5	23546.33	46.36028377	11.59007
2	1148.8879	3234.51	4	12938.04	25.47366546	6.368416
		30450.25		583518.6	1148.887802	287.222

Tabel 4.9 Distribusi gaya geser horizontal akibat gempa tipe 3 dengan pengekang

TINGKAT	V (KN)	W <sub>j</sub> (KN)	H <sub>j</sub> (m)	W <sub>j</sub> · H <sub>j</sub>	$F_j = \left( \frac{W_j \cdot H_j}{\sum W_j \cdot H_j} \right) V$	F <sub>x</sub> = F <sub>y</sub>
Atap	1389.2029	2107.486	35.5	74815.76	177.2615065	44.31538
10	1389.2029	3155.162	32	100965.2	239.2175508	59.80439
9	1389.2029	3155.162	28.5	89922.13	213.0531312	53.26328
8	1389.2029	3155.162	25	78879.06	186.8887115	46.72218
7	1389.2029	3155.162	21.5	67835.99	160.7242919	40.18107
6	1389.2029	3155.162	18	56792.92	134.5598723	33.63997
5	1389.2029	3155.162	14.5	45749.85	108.3954527	27.09886
4	1389.2029	3155.162	11	34706.79	82.23103308	20.55776
3	1389.2029	3155.162	7.5	23663.72	56.06661346	14.01665
2	1389.2029	3250.398	4	13001.59	30.80476714	7.701192
		30599.18		586333	1389.202931	347.3007

### 3.7 Tabel Hasil Simpangan Tingkat Struktur Portal

Hasil simpangan tingkat struktur yang terjadi dapat dilihat pada tabel 4.10 sampai 4.27.

Tabel 4.10 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe I eksentrik (bentang 5 m)

TINGKAT	V (KN)	W <sub>j</sub> (KN)	H <sub>j</sub> (m)	W <sub>j</sub> · H <sub>j</sub>	F <sub>j</sub> (KN)	F <sub>x</sub> = F <sub>y</sub>	dx	W <sub>j</sub> · dx <sup>2</sup>	F <sub>j</sub> · dx
Atap	1246.4572	1916.8	35.5	68046.514	158.3707726	39.592693	0.02926	1.641403	1.15860098
10	1246.4572	2883.66	32	92277.005	214.7645746	53.691144	0.02735	2.1570399	1.46845278
9	1246.4572	2883.66	28.5	82184.207	191.2746992	47.818675	0.02486	1.7818694	1.18867662
8	1246.4572	2883.66	25	72091.41	167.7848239	41.946206	0.02191	1.3846729	0.91916721
7	1246.4572	2883.66	21.5	61998.613	144.2949485	36.073737	0.01861	0.9983808	0.67122403
6	1246.4572	2883.66	18	51905.815	120.8050732	30.201268	0.01508	0.6561099	0.45555593
5	1246.4572	2883.66	14.5	41813.018	97.31519785	24.328799	0.01186	0.4056824	0.28856389
4	1246.4572	2883.66	11	31720.22	73.8253225	18.456331	0.00863	0.2149649	0.15935196
3	1246.4572	2883.66	7.5	21627.423	50.33544716	12.583862	0.00545	0.0856518	0.06858205
2	1246.4572	2973.96	4	11895.825	27.68622414	6.921556	0.0024	0.01713	0.01661173
		27960		535560.05	1246.457084	311.61427	0.16542	9.3429049	6.39478718

$$T_{\text{Reyleigh}} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{9,3429049}{9,81 \cdot 6,39478718}}$$

$$= 2,4246 \text{ dt} > 0,825 \text{ dt}$$

Tabel 4.11 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe I eksentrik (bentang 5 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy	Wj.dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	1246.4572	1916.8	35.5	68046.514	158.3707726	39.592693	0.09404	16.951291	3.72329686
10	1246.4572	2883.66	32	92277.005	214.7645746	53.691144	0.0909	23.827105	4.88052496
9	1246.4572	2883.66	28.5	82184.207	191.2746992	47.818675	0.08493	20.800116	4.06124005
8	1246.4572	2883.66	25	72091.41	167.7848239	41.946206	0.07637	16.818571	3.20343175
7	1246.4572	2883.66	21.5	61998.613	144.2949485	36.073737	0.06566	12.432122	2.36860158
6	1246.4572	2883.66	18	51905.815	120.8050732	30.201268	0.04394	5.5675435	1.32704373
5	1246.4572	2883.66	14.5	41813.018	97.31519785	24.328799	0.04332	5.4115342	1.05392359
4	1246.4572	2883.66	11	31720.22	73.8253225	18.456331	0.03195	2.9436437	0.58967976
3	1246.4572	2883.66	7.5	21627.423	50.33544716	12.583862	0.0201	1.165026	0.25293562
2	1246.4572	2973.96	4	11895.825	27.68622414	6.921556	0.00851	0.2153742	0.05890244
		27960		535560.05	1246.457084	311.61427	0.55972	106.13233	21.5195804

$$T_{\text{Reyleigh}} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{106,13233}{9,81 \cdot 21,5195804}}$$

$$= 4,455 \text{ dt} > 0,825 \text{ dt}$$

Tabel 4.12 Simpangan tingkat arah x portal tipe I konsentrik (bentang 5 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx	Wj.dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	1246.4572	1916.8	35.5	68046.514	158.3707726	39.592693	0.02692	1.3890812	1.0658353
10	1246.4572	2883.66	32	92277.005	214.7645746	53.691144	0.02499	1.8009878	1.34179537
9	1246.4572	2883.66	28.5	82184.207	191.2746992	47.818675	0.0226	1.4733778	1.08089333
8	1246.4572	2883.66	25	72091.41	167.7848239	41.946206	0.01985	1.1356532	0.83242246
7	1246.4572	2883.66	21.5	61998.613	144.2949485	36.073737	0.01679	0.8133019	0.60582234
6	1246.4572	2883.66	18	51905.815	120.8050732	30.201268	0.01358	0.5314803	0.41001242
5	1246.4572	2883.66	14.5	41813.018	97.31519785	24.328799	0.01062	0.3249253	0.25825021
4	1246.4572	2883.66	11	31720.22	73.8253225	18.456331	0.00769	0.1705282	0.14192918
3	1246.4572	2883.66	7.5	21627.423	50.33544716	12.583862	0.00484	0.0675514	0.06090589
2	1246.4572	2973.96	4	11895.825	27.68622414	6.921556	0.00214	0.0136195	0.01481213
		27960		535560.05	1246.457084	311.61427	0.150015	7.7205066	5.81267862

$$T_{\text{Reyleigh}} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{7,7205066}{9,81 \cdot 5,81267862}}$$

$$= 2,3119 \text{ dt} > 0,825 \text{ dt}$$

Tabel 4.13 Simpangan tingkat arah y portal tipe I konsentrik (bentang 5 m)

TINGKAT	V (KN)	W <sub>j</sub> (KN)	H <sub>j</sub> (m)	W <sub>j</sub> · H <sub>j</sub>	F <sub>j</sub> (KN)	F <sub>x</sub> = F <sub>y</sub>	dy	W <sub>j</sub> · dx <sup>2</sup>	F <sub>j</sub> · Dx
Atap	1246.4572	1916.8	35.5	68046.514	158.3707726	39.592693	0.09164	16.097102	3.6282744
10	1246.4572	2883.66	32	92277.005	214.7645746	53.691144	0.08878	22.728658	4.76669973
9	1246.4572	2883.66	28.5	82184.207	191.2746992	47.818675	0.08325	19.985361	3.98090468
8	1246.4572	2883.66	25	72091.41	167.7848239	41.946206	0.07506	16.246531	3.14848222
7	1246.4572	2883.66	21.5	61998.613	144.2949485	36.073737	0.06461	12.037686	2.33072416
6	1246.4572	2883.66	18	51905.815	120.8050732	30.201268	0.05292	8.0757559	1.59825112
5	1246.4572	2883.66	14.5	41813.018	97.31519785	24.328799	0.04259	5.2306877	1.03616357
4	1246.4572	2883.66	11	31720.22	73.8253225	18.456331	0.0315	2.8613081	0.58137441
3	1246.4572	2883.66	7.5	21627.423	50.33544716	12.583862	0.0199	1.1419568	0.25041885
2	1246.4572	2973.96	4	11895.825	27.68622414	6.921556	0.0085	0.2148683	0.05883323
		27960		535560.05	1246.457084	311.61427	0.55875	104.61991	21.3801264

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{104,61991}{9,81 \cdot 21,3801264}}$$

$$= 4,4376 \text{ dt} > 0,825 \text{ dt}$$

Tabel 4.14 Simpangan tingkat arah x portal tipe I tanpa pengekang (bentang 5 m)

TINGKAT	V (KN)	W <sub>j</sub> (KN)	H <sub>j</sub> (m)	W <sub>j</sub> · H <sub>j</sub>	F <sub>j</sub> (KN)	F <sub>x</sub> = F <sub>y</sub>	dx	W <sub>j</sub> · dx <sup>2</sup>	F <sub>j</sub> · dx
Atap	1050.5447	1910.7	35.5	67829.85	133.6014227	33.400356	0.07766	11.522389	2.59373802
10	1050.5447	2871.45	32	91886.4	180.9845166	45.246129	0.07477	16.051705	3.38291734
9	1050.5447	2871.45	28.5	81836.325	161.1893351	40.297334	0.06998	14.062468	2.82004772
8	1050.5447	2871.45	25	71786.25	141.3941536	35.348538	0.06318	11.460551	2.23317926
7	1050.5447	2871.45	21.5	61736.175	121.5989721	30.399743	0.0546	8.5615062	1.65994757
6	1050.5447	2871.45	18	51686.1	101.8037906	25.450948	0.04484	5.7736684	1.14124594
5	1050.5447	2871.45	14.5	41636.025	82.0086091	20.502152	0.03516	3.5489524	0.72077367
4	1050.5447	2871.45	11	31585.95	62.2134276	15.553357	0.025	1.7946563	0.38883392
3	1050.5447	2871.45	7.5	21535.875	42.41824609	10.604562	0.0149	0.6374906	0.15800797
2	1050.5447	2961.45	4	11845.8	23.33214042	5.8330351	0.00576	0.0982538	0.03359828
		27843.8		533364.75	1050.544614	262.63615	0.465841	73.511641	15.1322897

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{73,511641}{9,81 \cdot 15,1322897}}$$

$$= 4,4215 \text{ dt} > 1,2362 \text{ dt}$$

Tabel 4.15 Simpangan tingkat arah y portal tipe I tanpa pengekang(bentang 5m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy	Wj.dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	1050.5447	1910.7	35.5	67829.85	133.6014227	33.400356	0.08687	14.418901	2.9014889
10	1050.5447	2871.45	32	91886.4	180.9845166	45.246129	0.08428	20.396249	3.81334377
9	1050.5447	2871.45	28.5	81836.325	161.1893351	40.297334	0.07923	18.02522	3.19275776
8	1050.5447	2871.45	25	71786.25	141.3941536	35.348538	0.07175	14.782404	2.53625763
7	1050.5447	2871.45	21.5	61736.175	121.5989721	30.399743	0.06217	11.098467	1.88995202
6	1050.5447	2871.45	18	51686.1	101.8037906	25.450948	0.0513	7.5567663	1.30563361
5	1050.5447	2871.45	14.5	41636.025	82.0086091	20.502152	0.04142	4.9263067	0.84919915
4	1050.5447	2871.45	11	31585.95	62.2134276	15.553357	0.0308	2.7239723	0.47904339
3	1050.5447	2871.45	7.5	21535.875	42.41824609	10.604562	0.0195	1.0918689	0.20678895
2	1050.5447	2961.45	4	11845.8	23.33214042	5.8330351	0.00849	0.2134616	0.04952247
		27843.8		533364.75	1050.544614	262.63615	0.53581	95.233617	17.2239876

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{95,233617}{9,81 \cdot 17,2239876}}$$

$$= 4,717 \text{ dt} > 1,2362 \text{ dt}$$

Tabel 4.16 Simpangan tingkat arah x pada portal tipe II eksentrik (bentang 6 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx	Wj.dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	1317.5659	2012.13	35.5	71430.48	167.7797654	41.944941	0.02558	1.3161957	1.07278382
10	1317.5659	3019.37	32	96619.917	226.9460733	56.736518	0.02404	1.744525	1.36377569
9	1317.5659	3019.37	28.5	86052.113	202.1238465	50.530962	0.022	1.4615091	1.11173169
8	1317.5659	3019.37	25	75484.31	177.3016197	44.325405	0.01957	1.1561377	0.86735952
7	1317.5659	3019.37	21.5	64916.507	152.479393	38.119848	0.01682	0.8537101	0.64098525
6	1317.5659	3019.37	18	54348.703	127.6571662	31.914292	0.01382	0.5769276	0.44115125
5	1317.5659	3019.37	14.5	43780.9	102.8349394	25.708735	0.01096	0.3625595	0.28171632
4	1317.5659	3019.37	11	33213.096	78.01271268	19.503178	0.00804	0.1949829	0.15672754
3	1317.5659	3019.37	7.5	22645.293	53.19048592	13.297621	0.00511	0.0788422	0.06795085
2	1317.5659	3112.14	4	12448.549	29.23982302	7.3099558	0.00226	0.0158956	0.0165205
		29279.2		560939.87	1317.565825	329.39146	0.148184	7.7612853	6.02070242

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{7,7612853}{9,81 \cdot 6,02070242}}$$

$$= 2,2776 \text{ dt} > 0,799 \text{ dt}$$

Tabel 4.17 Simpangan tingkat arah y pada portal tipe II eksentrik (bentang 6 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy	Wj . dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	1317.5659	2012.13	35.5	71430.48	167.7797654	41.944941	0.09517	18.224489	3.99190007
10	1317.5659	3019.37	32	96619.917	226.9460733	56.736518	0.09224	25.689477	5.23337645
9	1317.5659	3019.37	28.5	86052.113	202.1238465	50.530962	0.08665	22.67012	4.37850782
8	1317.5659	3019.37	25	75484.31	177.3016197	44.325405	0.07838	18.549286	3.47422524
7	1317.5659	3019.37	21.5	64916.507	152.479393	38.119848	0.0678	13.879572	2.58452571
6	1317.5659	3019.37	18	54348.703	127.6571662	31.914292	0.05582	9.4079791	1.78145575
5	1317.5659	3019.37	14.5	43780.9	102.8349394	25.708735	0.0448	6.0600012	1.15175132
4	1317.5659	3019.37	11	33213.096	78.01271268	19.503178	0.03296	3.2801302	0.64282475
3	1317.5659	3019.37	7.5	22645.293	53.19048592	13.297621	0.0206	1.2813009	0.273931
2	1317.5659	3112.14	4	12448.549	29.23982302	7.3099558	0.00865	0.2328579	0.06323112
		29279.2		560939.87	1317.565825	329.39146	0.58307	119.27521	23.5757292

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{119,27521}{9,81 \cdot 23,5757292}}$$

$$= 4,5122 \text{ dt} > 0,799 \text{ dt}$$

Tabel 4.18 Simpangan tingkat arah x portal tipe II konsentrik (bentang 6 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx	Wj . dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	1317.5659	2012.13	35.5	71430.48	167.7797654	41.944941	0.02209	0.9821201	0.92668959
10	1317.5659	3019.37	32	96619.917	226.9460733	56.736518	0.02068	1.2906477	1.17302752
9	1317.5659	3019.37	28.5	86052.113	202.1238465	50.530962	0.01885	1.0727371	0.9524581
8	1317.5659	3019.37	25	75484.31	177.3016197	44.325405	0.01668	0.8399563	0.73930343
7	1317.5659	3019.37	21.5	64916.507	152.479393	38.119848	0.01423	0.6114015	0.54244544
6	1317.5659	3019.37	18	54348.703	127.6571662	31.914292	0.0116	0.406567	0.37033344
5	1317.5659	3019.37	14.5	43780.9	102.8349394	25.708735	0.00915	0.2528447	0.23526063
4	1317.5659	3019.37	11	33213.096	78.01271268	19.503178	0.00669	0.1351353	0.13047626
3	1317.5659	3019.37	7.5	22645.293	53.19048592	13.297621	0.00425	0.0545374	0.05651489
2	1317.5659	3112.14	4	12448.549	29.23982302	7.3099558	0.00189	0.0111169	0.01381582
		29279.2		560939.87	1317.565825	329.39146	0.126111	5.657064	5.14032511

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{5,657064}{9,81 \cdot 5,14032511}}$$

$$= 2,104 \text{ dt} > 0,799 \text{ dt}$$



Tabel 4.19 Simpangan tingkat arah y portal tipe II konsentrik (bentang 6 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy	Wj . dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	1317.5659	2012.13	35.5	71430.48	167.7797654	41.944941	0.09098	16.655094	3.81615076
10	1317.5659	3019.37	32	96619.917	226.9460733	56.736518	0.08819	23.483097	5.00359355
9	1317.5659	3019.37	28.5	86052.113	202.1238465	50.530962	0.08284	20.720339	4.18598486
8	1317.5659	3019.37	25	75484.31	177.3016197	44.325405	0.07492	16.947757	3.32085934
7	1317.5659	3019.37	21.5	64916.507	152.479393	38.119848	0.06479	12.674553	2.46978497
6	1317.5659	3019.37	18	54348.703	127.6571662	31.914292	0.05332	8.5841434	1.70167003
5	1317.5659	3019.37	14.5	43780.9	102.8349394	25.708735	0.04284	5.5413503	1.1013622
4	1317.5659	3019.37	11	33213.096	78.01271268	19.503178	0.0316	3.0150245	0.61630043
3	1317.5659	3019.37	7.5	22645.293	53.19048592	13.297621	0.0198	1.1837148	0.26329291
2	1317.5659	3112.14	4	12448.549	29.23982302	7.3099558	0.00839	0.2190699	0.06133053
		29279.2		560939.87	1317.565825	329.39146	0.55767	109.02414	22.5403296

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{109,02414}{9,81 \cdot 22,5403296}}$$

$$= 4,4119 \text{ dt} > 0,799 \text{ dt}$$

Tabel 4.20 Simpangan tingkat arah x portal tipe II tanpa pengekang (bentang 6 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx	Wj . dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	1099.7163	2005.18	35.5	71183.89	140.1795105	35.044878	0.07616	11.629821	2.66891274
10	1099.7163	3005.48	32	96175.36	189.3941857	47.348546	0.07323	16.118607	3.4674761
9	1099.7163	3005.48	28.5	85656.18	168.6791967	42.169799	0.06853	14.113995	2.889812
8	1099.7163	3005.48	25	75137	147.9642076	36.991052	0.06191	11.519548	2.29011602
7	1099.7163	3005.48	21.5	64617.82	127.2492185	31.812305	0.05362	8.6401019	1.70568034
6	1099.7163	3005.48	18	54098.64	106.5342295	26.633557	0.04421	5.8729544	1.1773364
5	1099.7163	3005.48	14.5	43579.46	85.81924041	21.45481	0.03468	3.6155319	0.74413863
4	1099.7163	3005.48	11	33060.28	65.10425135	16.276063	0.0247	1.8336133	0.40201875
3	1099.7163	3005.48	7.5	22541.1	44.38926228	11.097316	0.0147	0.6494542	0.16313054
2	1099.7163	3097.98	4	12391.92	24.40289902	6.1007248	0.00571	0.1010068	0.03483514
		29147		558441.65	1099.716202	274.92905	0.457444	74.094633	15.5434567

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{74,094633}{9,81 \cdot 15,5434567}}$$

$$= 4,3799 \text{ dt} > 1,2362 \text{ dt}$$

Tabel 4.21 Simpangan tingkat arah yportal tipe II tanpa pengekang (bentang 6m)

INGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy	Wj . dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	1099.7163	2005.18	35.5	71183.89	140.1795105	35.044878	0.08359	14.01077	2.92940132
10	1099.7163	3005.48	32	96175.36	189.3941857	47.348546	0.08108	19.757925	3.83902014
9	1099.7163	3005.48	28.5	85656.18	168.6791967	42.169799	0.07631	17.50156	3.21797737
8	1099.7163	3005.48	25	75137	147.9642076	36.991052	0.06928	14.425458	2.56274008
7	1099.7163	3005.48	21.5	64617.82	127.2492185	31.812305	0.0603	10.928196	1.91828197
6	1099.7163	3005.48	18	54098.64	106.5342295	26.633557	0.05019	7.5709126	1.33673824
5	1099.7163	3005.48	14.5	43579.46	85.81924041	21.45481	0.04054	4.9394811	0.869778
4	1099.7163	3005.48	11	33060.28	65.10425135	16.276063	0.0301	2.7229949	0.48990949
3	1099.7163	3005.48	7.5	22541.1	44.38926228	11.097316	0.0192	1.1079401	0.21306846
2	1099.7163	3097.98	4	12391.92	24.40289902	6.1007248	0.0084	0.2185935	0.05124609
		29147		558441.65	1099.716202	274.92905	0.51899	93.18383	17.4281612

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{93,18383}{9,81 \cdot 17,4281612}}$$

$$= 4,6386 \text{ dt} > 1,2362 \text{ dt}$$

Tabel 4.22 Simpangan tingkat arah x portal tipe III eksentrik (bentang 7 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx	Wj . dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	1389.2029	2107.49	35.5	74815.76	177.2615065	44.315377	0.0229	1.1051868	1.01482212
10	1389.2029	3155.16	32	100965.2	239.2175508	59.804388	0.02166	1.4802621	1.29536304
9	1389.2029	3155.16	28.5	89922.128	213.0531312	53.263283	0.01995	1.2560143	1.06270902
8	1389.2029	3155.16	25	78879.06	186.8887115	46.722178	0.01787	1.0075598	0.83492532
7	1389.2029	3155.16	21.5	67835.992	160.7242919	40.181073	0.01548	0.7563659	0.62212355
6	1389.2029	3155.16	18	56792.923	134.5598723	33.639968	0.01285	0.5208261	0.43220631
5	1389.2029	3155.16	14.5	45749.855	108.3954527	27.098863	0.01025	0.331748	0.27787174
4	1389.2029	3155.16	11	34706.786	82.23103308	20.557758	0.00756	0.180472	0.15547833
3	1389.2029	3155.16	7.5	23663.718	56.06661346	14.016653	0.00483	0.0736065	0.06770044
2	1389.2029	3250.4	4	13001.594	30.80476714	7.7011918	0.00213	0.0147467	0.01640354
		30599.2		586333.01	1389.202931	347.30073	0.13549	6.7267884	5.7796034

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{6,7267884}{9,81 \cdot 5,7796034}}$$

$$= 2,1642 \text{ dt} > 0,775 \text{ dt}$$

Tabel 4.23 Simpangan tingkat arah y portal tipe III eksentrik (bentang 7 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy	Wj . dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	1389.2029	2107.49	35.5	74815.76	177.2615065	44.315377	0.09209	17.87268	4.08100303
10	1389.2029	3155.16	32	100965.2	239.2175508	59.804388	0.08919	25.098863	5.33395334
9	1389.2029	3155.16	28.5	89922.128	213.0531312	53.263283	0.08362	22.061856	4.45387571
8	1389.2029	3155.16	25	78879.06	186.8887115	46.722178	0.07539	17.932845	3.52238499
7	1389.2029	3155.16	21.5	67835.992	160.7242919	40.181073	0.06488	13.281386	2.60694801
6	1389.2029	3155.16	18	56792.923	134.5598723	33.639968	0.05312	8.9030303	1.7869551
5	1389.2029	3155.16	14.5	45749.855	108.3954527	27.098863	0.04261	5.728551	1.15468256
4	1389.2029	3155.16	11	34706.786	82.23103308	20.557758	0.03135	3.1009646	0.64448572
3	1389.2029	3155.16	7.5	23663.718	56.06661346	14.016653	0.0196	1.2120872	0.27472641
2	1389.2029	3250.4	4	13001.594	30.80476714	7.7011918	0.00823	0.2201589	0.06338081
		30599.2		586333.01	1389.202931	347.30073	0.56008	115.41242	23.9223957

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{115,41242}{9,81 \cdot 23,9223957}}$$

$$= 4,4 \text{ dt} > 0,775 \text{ dt}$$

Tabel 4.24 Simpangan tingkat arah x portal tipe III konsentrik (bentang 7 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx	Wj . dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	1389.2029	2107.49	35.5	74815.76	177.2615065	44.315377	0.01968	0.8164004	0.87221524
10	1389.2029	3155.16	32	100965.2	239.2175508	59.804388	0.01864	1.0957895	1.11451457
9	1389.2029	3155.16	28.5	89922.128	213.0531312	53.263283	0.01718	0.9312538	0.9150632
8	1389.2029	3155.16	25	78879.06	186.8887115	46.722178	0.01537	0.7451718	0.71802643
7	1389.2029	3155.16	21.5	67835.992	160.7242919	40.181073	0.01326	0.5545973	0.53272067
6	1389.2029	3155.16	18	56792.923	134.5598723	33.639968	0.01092	0.3764485	0.36744937
5	1389.2029	3155.16	14.5	45749.855	108.3954527	27.098863	0.00869	0.2382656	0.23548912
4	1389.2029	3155.16	11	34706.786	82.23103308	20.557758	0.00641	0.1296396	0.13177523
3	1389.2029	3155.16	7.5	23663.718	56.06661346	14.016653	0.0041	0.0530383	0.05746828
2	1389.2029	3250.4	4	13001.594	30.80476714	7.7011918	0.00182	0.0107666	0.01401617
		30599.2		586333.01	1389.202931	347.30073	0.116067	4.9513713	4.95873828

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{4,9513713}{9,81 \cdot 4,95873828}}$$

$$= 2,0045 \text{ dt} > 0,775 \text{ dt}$$

Tabel 4.25 Simpangan tingkat arah y portal tipe III konsentrik (bentang 7 m)

INGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy	Wj . dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	1389.2029	2107.49	35.5	74815.76	177.2615065	44.315377	0.09154	17.659832	4.05662958
10	1389.2029	3155.16	32	100965.2	239.2175508	59.804388	0.08867	24.807051	5.30285506
9	1389.2029	3155.16	28.5	89922.128	213.0531312	53.263283	0.08318	21.830292	4.43043986
8	1389.2029	3155.16	25	78879.06	186.8887115	46.722178	0.07506	17.776196	3.50696667
7	1389.2029	3155.16	21.5	67835.992	160.7242919	40.181073	0.06471	13.211877	2.60011723
6	1389.2029	3155.16	18	56792.923	134.5598723	33.639968	0.05311	8.8996786	1.7866187
5	1389.2029	3155.16	14.5	45749.855	108.3954527	27.098863	0.04261	5.728551	1.15468256
4	1389.2029	3155.16	11	34706.786	82.23103308	20.557758	0.0313	3.0910811	0.64345783
3	1389.2029	3155.16	7.5	23663.718	56.06661346	14.016653	0.0196	1.2120872	0.27472641
2	1389.2029	3250.4	4	13001.594	30.80476714	7.7011918	0.00823	0.2201589	0.06338081
		30599.2		586333.01	1389.202931	347.30073	0.55801	114.4368	23.8198747

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{114,4368}{9,81 \cdot 23,8198747}}$$

$$= 4,397 \text{ dt} > 0,775 \text{ dt}$$

Tabel 4.26 Simpangan tingkat arah x portal tipe III tanpa pengekang (bentang 7m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx	Wj . dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	1148.8879	2099.66	35.5	74537.93	146.7574913	36.689373	0.075789	12.060389	2.78065088
10	1148.8879	3139.51	32	100464.32	197.8038774	49.450969	0.073007	16.733658	3.61026692
9	1148.8879	3139.51	28.5	89476.035	176.1690783	44.04227	0.068429	14.700844	3.01376847
8	1148.8879	3139.51	25	78487.75	154.5342792	38.63357	0.061946	12.047263	2.39319512
7	1148.8879	3139.51	21.5	67499.465	132.8994801	33.22487	0.053753	9.0712531	1.78593644
6	1148.8879	3139.51	18	56511.18	111.2646811	27.81617	0.044227	6.140968	1.23022576
5	1148.8879	3139.51	14.5	45522.895	89.62988196	22.40747	0.034667	3.7730659	0.77679978
4	1148.8879	3139.51	11	34534.61	67.99508286	16.998771	0.0247	1.9153837	0.41986964
3	1148.8879	3139.51	7.5	23546.325	46.36028377	11.590071	0.0147	0.6784167	0.17037404
2	1148.8879	3234.51	4	12938.04	25.47366546	6.3684164	0.00564	0.1028885	0.03591787
		30450.3		583518.55	1148.887802	287.22195	0.456858	77.22413	16.2170049

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{77,22413}{9,81 \cdot 16,2170049}}$$

$$= 4,3893 \text{ dt} > 1,2362 \text{ dt}$$

Tabel 4.27 Simpangan tingkat arah y portal tipe III tanpa pengekang (bentang 7m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy	Wj . dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	1148.8879	2099.66	35.5	74537.93	146.7574913	36.689373	0.08309	14.495944	3.04851999
10	1148.8879	3139.51	32	100464.32	197.8038774	49.450969	0.08043	20.309443	3.97734147
9	1148.8879	3139.51	28.5	89476.035	176.1690783	44.04227	0.07532	17.810762	3.31726374
8	1148.8879	3139.51	25	78487.75	154.5342792	38.63357	0.06775	14.410547	2.61742435
7	1148.8879	3139.51	21.5	67499.465	132.8994801	33.22487	0.05814	10.612359	1.93169394
6	1148.8879	3139.51	18	56511.18	111.2646811	27.81617	0.04765	7.1283281	1.32544051
5	1148.8879	3139.51	14.5	45522.895	89.62988196	22.40747	0.03847	4.6462893	0.86201539
4	1148.8879	3139.51	11	34534.61	67.99508286	16.998771	0.0286	2.5679936	0.48616484
3	1148.8879	3139.51	7.5	23546.325	46.36028377	11.590071	0.0183	1.0513905	0.2120983
2	1148.8879	3234.51	4	12938.04	25.47366546	6.3684164	0.00802	0.208045	0.0510747
		30450.3		583518.55	1148.887802	287.22195	0.50577	93.241101	17.8290372

$$T_{\text{Reyleigh}} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{93,241101}{9,81 \cdot 17,8290372}}$$

$$= 4,5876 \text{ dt} > 1,2362 \text{ dt}$$

Karena T Reyleigh lebih besar 20% dari T awal, maka waktu getar alami (T) dihitung ulang dari awal sesuai dengan pembebanan gaya gempa yang baru.

Dimensi profil yang dipakai seperti terlihat dalam tabel 4.28 sampai 4.30.

Tabel 4.28 Dimensi profil struktur portal tipe I (bentang 5m)

Elemen	Tipe11 Profil	Tipe12 Profil	Tipe13 Profil
KBPI	W14X193	W14X193	W14X211
KBTg	W14X311	W14X311	W14X311
KAPi	W14X145	W14X120	W14X132
KATg	W14X145	W14X145	W14X159
BYBPI	W14X61	W14X61	W14X61
BYBTg	W14X74	W14X90	W14X90
BXBPI	W14X34	W14X34	W14X43
BXBTg	W14X38	W14X38	W14X53
BYAPi	W14X61	W14X61	W14X61
BYATg	W14X82	W14X74	W14X74
BXAPi	W14X38	W14X38	W14X43
BXATg	W14X38	W14X38	W14X43
BrB	W12X35	W12X35	
BrA	W12X26	W12X30	

- BYBPi : Balok arah Y bawah tepi,  
 BYBTg : Balok arah Y bawah tengah,  
 BXBPi : Balok arah X bawah tepi,  
 BXBtg : Balok arah X bawah tengah,  
 BYAPi : Balok arah Y atas tepi,  
 BYATg : Balok arah Y atas tengah,  
 BXAPi : Balok arah X atas tepi,  
 BXATg : Balok arah X atas tengah,  
 BrB : Bracing bawah,  
 BrA : Bracing atas.

Selanjutnya tabel simpangan struktur akibat gaya geser gempa pada iterasi kedua dapat dilihat pada tabel 4.31 sampai 4.48.

Tabel 4.31 Simpangan tingkat arah x portal tipe I eksentrik (bentang 5 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx (m)	Wj.dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	699.00027	1916.8	35.5	68046.514	88.8126864	22.203172	0.020023	0.8347169	0.46333578
10	699.00027	2883.66	32	92277.005	120.4377455	30.109436	0.018846	1.1065424	0.58981375
9	699.00027	2883.66	28.5	82184.207	107.2648671	26.816217	0.017245	0.9215795	0.47939351
8	699.00027	2883.66	25	72091.41	94.09198869	23.522997	0.015315	0.7227036	0.37239257
7	699.00027	2883.66	21.5	61998.613	80.91911028	20.229778	0.013112	0.5263253	0.27330429
6	699.00027	2883.66	18	51905.815	67.74623186	16.936558	0.010721	0.3496206	0.18648844
5	699.00027	2883.66	14.5	41813.018	54.57335344	13.643338	0.008521	0.2197215	0.1190927
4	699.00027	2883.66	11	31720.22	41.40047503	10.350119	0.006293	0.1191133	0.06652021
3	699.00027	2883.66	7.5	21627.423	28.22759661	7.0568992	0.00406	0.0491862	0.02914499
2	699.00027	2973.96	4	11895.825	15.52614729	3.8815368	0.00184	0.0103996	0.00725847
		27960		535560.05	699.0002022	174.75005	0.119842	4.8599087	2.58674473

$$T_{\text{Reyleigh}} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{4,8599087}{9,81 \cdot 2,58674473}}$$

$$= 2,7571 \text{ dt} > 2,4246 \text{ dt}$$

Tabel 4.32 Simpangan tingkat arah y portal tipe I eksentrik (bentang 5 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy	Wj.dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	699.00027	1916.8	35.5	68046.514	88.8126864	22.203172	0.06158	7.8365118	1.41967079
10	699.00027	2883.66	32	92277.005	120.4377455	30.109436	0.05956	11.024071	1.86166645
9	699.00027	2883.66	28.5	82184.207	107.2648671	26.816217	0.05575	9.6271688	1.54944101
8	699.00027	2883.66	25	72091.41	94.09198869	23.522997	0.05043	7.8184141	1.22484246
7	699.00027	2883.66	21.5	61998.613	80.91911028	20.229778	0.04382	5.8316209	0.9097331
6	699.00027	2883.66	18	51905.815	67.74623186	16.936558	0.0364	3.9690935	0.6283463
5	699.00027	2883.66	14.5	41813.018	54.57335344	13.643338	0.02925	2.5711246	0.40739008
4	699.00027	2883.66	11	31720.22	41.40047503	10.350119	0.02157	1.4058586	0.22853062
3	699.00027	2883.66	7.5	21627.423	28.22759661	7.0568992	0.0135	0.5571513	0.0980909
2	699.00027	2973.96	4	11895.825	15.52614729	3.8815368	0.00572	0.1059945	0.02317277
		27960		535560.05	699.0002022	174.75005	0.3895	50.747009	8.35088449

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{50,747009}{9,81 \cdot 8,35088449}}$$

$$= 4,9584 \text{ dt} > 4,455 \text{ dt}$$

Tabel 4.33 Simpangan tingkat arah x portal tipe I konsentrik (bentang 5 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx (m)	Wj.dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	699.00027	1916.8	35.5	68046.514	88.8126864	22.203172	0.017532	0.6226324	0.40016776
10	699.00027	2883.66	32	92277.005	120.4377455	30.109436	0.016432	0.8188321	0.50737411
9	699.00027	2883.66	28.5	82184.207	107.2648671	26.816217	0.015005	0.6799856	0.41178982
8	699.00027	2883.66	25	72091.41	94.09198869	23.522997	0.013292	0.5321069	0.31953639
7	699.00027	2883.66	21.5	61998.613	80.91911028	20.229778	0.011337	0.3867547	0.23428105
6	699.00027	2883.66	18	51905.815	67.74623186	16.936558	0.009224	0.2562114	0.159644
5	699.00027	2883.66	14.5	41813.018	54.57335344	13.643338	0.007303	0.159535	0.10147915
4	699.00027	2883.66	11	31720.22	41.40047503	10.350119	0.00538	0.0856518	0.05640815
3	699.00027	2883.66	7.5	21627.423	28.22759661	7.0568992	0.00346	0.0351232	0.02462858
2	699.00027	2973.96	4	11895.825	15.52614729	3.8815368	0.00157	0.0074242	0.00613283
		27960		535560.05	699.0002022	174.75005	0.102779	3.5842572	2.22144185

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{5,5842572}{9,81 \cdot 2,22144185}}$$

$$= 2,555 \text{ dt} > 2,3119 \text{ dt}$$

Tabel 4.34 Simpangan tingkat arah y portal tipe I konsentrik (bentang 5 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy (m)	Wj.dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	699.00027	1916.8	35.5	68046.514	88.8126864	22.203172	0.05428	7.1300864	1.35417144
10	699.00027	2883.66	32	92277.005	120.4377455	30.109436	0.05268	10.143769	1.78579067
9	699.00027	2883.66	28.5	82184.207	107.2648671	26.816217	0.0496	9.0657685	1.50358527
8	699.00027	2883.66	25	72091.41	94.09198869	23.522997	0.04504	7.5829736	1.2062593
7	699.00027	2883.66	21.5	61998.613	80.91911028	20.229778	0.03919	5.860185	0.91195837
6	699.00027	2883.66	18	51905.815	67.74623186	16.936558	0.03246	4.0919918	0.63800014
5	699.00027	2883.66	14.5	41813.018	54.57335344	13.643338	0.02613	2.6474561	0.41339315
4	699.00027	2883.66	11	31720.22	41.40047503	10.350119	0.0193	1.4340135	0.23080765
3	699.00027	2883.66	7.5	21627.423	28.22759661	7.0568992	0.0122	0.5651967	0.09879659
2	699.00027	2973.96	4	11895.825	15.52614729	3.8815368	0.00517	0.1028228	0.02282344
		27960		535560.05	699.0002022	174.75005	0.38288	48.624263	8.16558601

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{48,624263}{9,81 \cdot 8,16558601}}$$

$$= 4,9084 \text{ dt} > 4,4376 \text{ dt}$$

Tabel 4.35 Simpangan tingkat arah x portal tipe I tanpa pengekang (bentang 5m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx (m)	Wj.dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	696.09375	1910.7	35.5	67829.85	88.52466281	22.131166	0.05416	6.3247249	1.27329449
10	696.09375	2871.45	32	91886.4	119.9208286	29.980207	0.05211	8.8062595	1.66027389
9	696.09375	2871.45	28.5	81836.325	106.804488	26.701122	0.04875	7.7223509	1.38469349
8	696.09375	2871.45	25	71786.25	93.68814733	23.422037	0.044	6.3077233	1.09776744
7	696.09375	2871.45	21.5	61736.175	80.5718067	20.142952	0.03801	4.7282882	0.81738084
6	696.09375	2871.45	18	51686.1	67.45546607	16.863867	0.03115	3.1980979	0.56279782
5	696.09375	2871.45	14.5	41636.025	54.33912545	13.584781	0.0243	1.9559106	0.35454921
4	696.09375	2871.45	11	31585.95	41.22278482	10.305696	0.0172	0.9827538	0.19065538
3	696.09375	2871.45	7.5	21535.875	28.1064442	7.026611	0.0101	0.341157	0.07659006
2	696.09375	2961.45	4	11845.8	15.45993913	3.8649848	0.00383	0.0517436	0.01615564
		27843.8		533364.75	696.093693	174.02342	0.345272	40.41901	7.43415825

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{40,41901}{9,81 \cdot 7,43415825}}$$

$$= 4,6901 \text{ dt} > 4,4215 \text{ dt}$$



Tabel 4.36 Simpangan tingkat arah y portal tipe I tanpa pengekang (bentang 5m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy (m)	Wj . dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	696.09375	1910.7	35.5	67829.85	88.52466281	22.131166	0.05559	7.5619164	1.39227163
10	696.09375	2871.45	32	91886.4	119.9208286	29.980207	0.05395	10.751329	1.83448888
9	696.09375	2871.45	28.5	81836.325	106.804488	26.701122	0.05057	9.6096592	1.54465991
8	696.09375	2871.45	25	71786.25	93.68814733	23.422037	0.04604	8.0294196	1.23855731
7	696.09375	2871.45	21.5	61736.175	80.5718067	20.142952	0.03998	6.1981156	0.93584153
6	696.09375	2871.45	18	51686.1	67.45546607	16.863867	0.033	4.3183403	0.65398074
5	696.09375	2871.45	14.5	41636.025	54.33912545	13.584781	0.02661	2.8077409	0.42479611
4	696.09375	2871.45	11	31585.95	41.22278482	10.305696	0.0197	1.5322344	0.23806158
3	696.09375	2871.45	7.5	21535.875	28.1064442	7.026611	0.0125	0.6120783	0.10258852
2	696.09375	2961.45	4	11845.8	15.45993913	3.8649848	0.00536	0.1145738	0.02404021
		27843.8		533364.75	696.093693	174.02342	0.39526	51.535408	8.38928642

$$T_{\text{Reyleigh}} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{51,535408}{9,81 \cdot 8,38928642}}$$

$$= 4,9854 \text{ dt} > 4,717 \text{ dt}$$

Tabel 4.37 Simpangan tingkat arah x portal tipe II eksentrik (bentang 6 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx (m)	Wj . dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	731.981	2012.13	35.5	71430.48	93.21097368	23.302743	0.017908	0.6743565	0.42660332
10	731.981	3019.37	32	96619.917	126.0811422	31.520286	0.016901	0.8991813	0.54394557
9	731.981	3019.37	28.5	86052.113	112.2910173	28.072754	0.015505	0.7558567	0.44416712
8	731.981	3019.37	25	75484.31	98.50089237	24.625223	0.013796	0.5978997	0.34652614
7	731.981	3019.37	21.5	64916.507	84.71076744	21.177692	0.011823	0.4391484	0.25540296
6	731.981	3019.37	18	54348.703	70.92064251	17.730161	0.009681	0.2947342	0.17517399
5	731.981	3019.37	14.5	43780.9	57.13051758	14.282629	0.007731	0.1873434	0.11250427
4	731.981	3019.37	11	33213.096	43.34039264	10.835098	0.005741	0.1028717	0.06324447
3	731.981	3019.37	7.5	22645.293	29.55026771	7.3875669	0.00372	0.042914	0.02785113
2	731.981	3112.14	4	12448.549	16.24434489	4.0610862	0.00169	0.0092069	0.00698507
		29279.2		560939.87	731.9809584	182.99524	0.106602	4.003513	2.40240404

$$T_{\text{Reyleigh}} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{4,003513}{9,81 \cdot 2,40240404}}$$

$$= 2,5966 \text{ dt} > 2,2776 \text{ dt}$$

Tabel 4.38 Simpangan tingkat arah y portal tipe II eksentrik (bentang 6 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy (m)	Wj . dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	731.981	2012.13	35.5	71430.48	93.21097368	23.302743	0.0591	8.3217034	1.49859943
10	731.981	3019.37	32	96619.917	126.0811422	31.520286	0.057367	11.79065	1.96970264
9	731.981	3019.37	28.5	86052.113	112.2910173	28.072754	0.054063	10.517562	1.65685396
8	731.981	3019.37	25	75484.31	98.50089237	24.625223	0.049172	8.7654023	1.32680702
7	731.981	3019.37	21.5	64916.507	84.71076744	21.177692	0.042896	6.7437912	1.00085772
6	731.981	3019.37	18	54348.703	70.92064251	17.730161	0.035646	4.7038226	0.69980944
5	731.981	3019.37	14.5	43780.9	57.13051758	14.282629	0.028658	3.0398827	0.45318783
4	731.981	3019.37	11	33213.096	43.34039264	10.835098	0.021123	1.6490511	0.25321624
3	731.981	3019.37	7.5	22645.293	29.55026771	7.3875669	0.0132	0.6436094	0.10785848
2	731.981	3112.14	4	12448.549	16.24434489	4.0610862	0.00559	0.1177088	0.02497568
		29279.2		560939.87	731.9809584	182.99524	0.40228	56.293183	8.99186844

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{56,293183}{9,81 \cdot 8,99186844}}$$

$$= 5,0328 \text{ dt} > 4,5122 \text{ dt}$$

Tabel 4.39 Simpangan tingkat arah x portal tipe II konsentrik (bentang 6 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx (m)	Wj . dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	731.981	2012.13	35.5	71430.48	93.21097368	23.302743	0.015342	0.4984361	0.36676188
10	731.981	3019.37	32	96619.917	126.0811422	31.520286	0.014502	0.6658396	0.46807624
9	731.981	3019.37	28.5	86052.113	112.2910173	28.072754	0.013328	0.5605182	0.38249128
8	731.981	3019.37	25	75484.31	98.50089237	24.625223	0.011848	0.4420663	0.2979652
7	731.981	3019.37	21.5	64916.507	84.71076744	21.177692	0.010105	0.3214458	0.21851142
6	731.981	3019.37	18	54348.703	70.92064251	17.730161	0.008209	0.212388	0.14870286
5	731.981	3019.37	14.5	43780.9	57.13051758	14.282629	0.006545	0.1342883	0.09525086
4	731.981	3019.37	11	33213.096	43.34039264	10.835098	0.00486	0.0736836	0.05352538
3	731.981	3019.37	7.5	22645.293	29.55026771	7.3875669	0.00315	0.0305331	0.02349246
2	731.981	3112.14	4	12448.549	16.24434489	4.0610862	0.00143	0.0065433	0.00588858
		29279.2		560939.87	731.9809584	182.99524	0.091258	2.9457421	2.06066616

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{2,9457421}{9,81 \cdot 2,06066616}}$$

$$= 2,4048 \text{ dt} > 2,104 \text{ dt}$$

Tabel 4.40 Simpangan tingkat arah y portal tipe II konsentrik (bentang 6 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy (m)	Wj . dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	731.981	2012.13	35.5	71430.48	93.21097368	23.302743	0.055864	7.4650447	1.4193701
10	731.981	3019.37	32	96619.917	126.0611422	31.520286	0.054203	10.567516	1.86474009
9	731.981	3019.37	28.5	86052.113	112.2910173	28.072754	0.05104	9.414722	1.5675826
8	731.981	3019.37	25	75484.31	98.50089237	24.625223	0.04635	7.8256942	1.25367011
7	731.981	3019.37	21.5	64916.507	84.71076744	21.177692	0.04033	5.9952465	0.94367795
6	731.981	3019.37	18	54348.703	70.92064251	17.730161	0.03341	4.158135	0.65796626
5	731.981	3019.37	14.5	43780.9	57.13051758	14.282629	0.02684	2.6831233	0.42576518
4	731.981	3019.37	11	33213.096	43.34039264	10.835098	0.0198	1.4481212	0.23728865
3	731.981	3019.37	7.5	22645.293	29.55026771	7.3875669	0.0124	0.566706	0.10120967
2	731.981	3112.14	4	12448.549	16.24434489	4.0610862	0.00521	0.102895	0.02335125
		29279.2		560939.87	731.9609584	182.99524	0.37965	50.227206	8.49462186

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{50,227206}{9,81 \cdot 8,49462186}}$$

$$= 4,8911 \text{ dt} > 4,4119 \text{ dt}$$

Tabel 4.41 Simpangan tingkat arah x portal tipe II tanpa pengeang (bentang 6m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx (m)	Wj . dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	728.675	2005.18	35.5	71183.89	92.88332344	23.220831	0.048112	5.8655269	1.25589864
10	728.675	3005.48	32	96175.36	125.4931006	31.373275	0.04644	8.1155693	1.63028087
9	728.675	3005.48	28.5	85656.18	111.7672927	27.941823	0.04366	7.0772222	1.35590491
8	728.675	3005.48	25	75137	98.04148486	24.510371	0.0397	5.7340202	1.0705885
7	728.675	3005.48	21.5	64617.82	84.31567698	21.078919	0.034641	4.253775	0.79301002
6	728.675	3005.48	18	54098.64	70.5898691	17.647467	0.02861	2.8553783	0.54394788
5	728.675	3005.48	14.5	43579.46	56.86406122	14.216015	0.0224	1.7464821	0.34269126
4	728.675	3005.48	11	33060.28	43.13825334	10.784563	0.0159	0.8788324	0.18441603
3	728.675	3005.48	7.5	22541.1	29.41244546	7.3531114	0.00939	0.3126901	0.07500174
2	728.675	3097.98	4	12391.92	16.16942701	4.0423568	0.00358	0.0471203	0.01576519
		29147		558441.65	728.6749348	182.16873	0.322004	36.886617	7.26750505

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{36,886617}{9,81 \cdot 7,26750505}}$$

$$= 4,5316 \text{ dt} > 4,3799 \text{ dt}$$

Tabel 4.42 Simpangan tingkat arah y portal tipe II tanpa pengekang (bentang 6 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy (m)	Wj . dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	728.675	2005.18	35.5	71183.89	92.88332344	23.220831	0.05669	7.7926851	1.44665776
10	728.675	3005.48	32	96175.36	125.4931006	31.373275	0.055014	11.01536	1.89933808
9	728.675	3005.48	28.5	85656.18	111.7672927	27.941823	0.051802	9.8231376	1.59743403
8	728.675	3005.48	25	75137	98.04148486	24.510371	0.04705	8.1800417	1.27870607
7	728.675	3005.48	21.5	64617.82	84.31567698	21.078919	0.040943	6.2851587	0.96393898
6	728.675	3005.48	18	54098.64	70.5898691	17.647467	0.033923	4.3811255	0.6737803
5	728.675	3005.48	14.5	43579.46	56.86406122	14.216015	0.027302	2.8418692	0.43714247
4	728.675	3005.48	11	33060.28	43.13825334	10.784563	0.0202	1.5486938	0.24480959
3	728.675	3005.48	7.5	22541.1	29.41244546	7.3531114	0.0127	0.6145906	0.10514949
2	728.675	3097.98	4	12391.92	16.16942701	4.0423568	0.0054	0.1145212	0.02457753
		29147		558441.65	728.6749348	182.16873	0.38992	52.587183	8.6715343

$$T_{\text{Reyleigh}} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{52,587183}{9,81 \cdot 8,6715343}}$$

$$= 4,9533 \text{ dt} > 4,6386 \text{ dt}$$

Tabel 4.43 Simpangan tingkat arah x portal tipe III eksentrik (bentang 7 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx (m)	Wj . dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	764.9796	2107.49	35.5	74815.76	97.6109655	24.402741	0.015267	0.4941156	0.37365478
10	764.9796	3155.16	32	100965.2	131.7277313	32.931933	0.014457	0.6624582	0.47718371
9	764.9796	3155.16	28.5	89922.128	117.3200107	29.330003	0.013312	0.561058	0.39111559
8	764.9796	3155.16	25	78879.06	102.9122901	25.728073	0.011902	0.4481552	0.30662717
7	764.9796	3155.16	21.5	67835.992	88.50456945	22.126142	0.010268	0.3333676	0.22743462
6	764.9796	3155.16	18	56792.923	74.09684884	18.524212	0.008469	0.2267285	0.15702975
5	764.9796	3155.16	14.5	45749.855	59.68912823	14.922282	0.006799	0.1457231	0.10141183
4	764.9796	3155.16	11	34706.786	45.28140763	11.320352	0.005073	0.0807516	0.05726966
3	764.9796	3155.16	7.5	23663.718	30.87368702	7.7184218	0.0033	0.0339445	0.02531642
2	764.9796	3250.4	4	13001.594	16.96297816	4.2407445	0.00151	0.0073134	0.00636112
		30599.2		586333.01	764.9796168	191.2449	0.090446	2.9936158	2.12340463

$$T_{\text{Reyleigh}} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{2,9936158}{9,81 \cdot 2,12340463}}$$

$$= 2,3883 \text{ dt} > 2,1642 \text{ dt}$$

Tabel 4.44 Simpangan tingkat arah y portal tipe III eksentrik (bentang 7 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy (m)	Wj . dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	764.9796	2107.49	35.5	74815.76	97.6109655	24.402741	0.015267	8.3221798	1.53346827
10	764.9796	3155.16	32	100965.2	131.7277313	32.931933	0.014457	11.748059	2.00950654
9	764.9796	3155.16	28.5	89922.128	117.3200107	29.330003	0.013312	10.446274	1.68764835
8	764.9796	3155.16	25	78879.06	102.9122901	25.728073	0.011902	8.6534017	1.34737916
7	764.9796	3155.16	21.5	67835.992	88.50456945	22.126142	0.010268	6.5924093	1.01138597
6	764.9796	3155.16	18	56792.923	74.09684884	18.524212	0.008469	4.5297155	0.7018824
5	764.9796	3155.16	14.5	45749.855	59.68912823	14.922282	0.006799	2.9139569	0.45348815
4	764.9796	3155.16	11	34706.786	45.28140763	11.320352	0.005073	1.5718464	0.25267025
3	764.9796	3155.16	7.5	23663.718	30.87368702	7.7184218	0.0033	0.6096089	0.10728606
2	764.9796	3250.4	4	13001.594	16.96297816	4.2407445	0.00151	0.1085906	0.0245115
		30599.2		586333.01	764.9796168	191.2449	0.38976	55.496043	9.12922666

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{55,496043}{9,81 \cdot 9,12922666}}$$

$$= 4,9593 \text{ dt} > 4,4 \text{ dt}$$

Tabel 4.45 Simpangan tingkat arah x portal tipe III konsentrik (bentang 7 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx (m)	Wj . dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	764.9796	2107.49	35.5	74815.76	97.6109655	24.402741	0.012727	0.3682106	0.32255544
10	764.9796	3155.16	32	100965.2	131.7277313	32.931933	0.01212	0.4982139	0.41382267
9	764.9796	3155.16	28.5	89922.128	117.3200107	29.330003	0.011238	0.4274917	0.34140123
8	764.9796	3155.16	25	78879.06	102.9122901	25.728073	0.010106	0.3456736	0.26929574
7	764.9796	3155.16	21.5	67835.992	88.50456945	22.126142	0.008755	0.2602464	0.20094962
6	764.9796	3155.16	18	56792.923	74.09684884	18.524212	0.00724	0.1789956	0.13952437
5	764.9796	3155.16	14.5	45749.855	59.68912823	14.922282	0.005812	0.1149911	0.09008582
4	764.9796	3155.16	11	34706.786	45.28140763	11.320352	0.00434	0.063892	0.05094158
3	764.9796	3155.16	7.5	23663.718	30.87368702	7.7184218	0.00282	0.0269022	0.02253779
2	764.9796	3250.4	4	13001.594	16.96297816	4.2407445	0.00128	0.0057496	0.00564019
		30599.2		586333.01	764.9796168	191.2449	0.079292	2.2903666	1.85675444

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{2,2903666}{9,81 \cdot 1,85675444}}$$

$$= 2,2338 \text{ dt} > 2,0045 \text{ dt}$$

Tabel 4.46 Simpangan tingkat arah y portal tipe III konsentrik (bentang 7 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy (m)	Wj . dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	764.9796	2107.49	35.5	74815.76	97.6109655	24.402741	0.055823	7.932204	1.49710818
10	764.9796	3155.16	32	100965.2	131.7277313	32.931933	0.0542	11.222691	1.96406047
9	764.9796	3155.16	28.5	89922.128	117.3200107	29.330003	0.051112	10.040005	1.65450545
8	764.9796	3155.16	25	78879.06	102.9122901	25.728073	0.04655	8.4040656	1.32782582
7	764.9796	3155.16	21.5	67835.992	88.50456945	22.126142	0.040674	6.5032945	1.00452686
6	764.9796	3155.16	18	56792.923	74.09684884	18.524212	0.0338	4.5536569	0.70373482
5	764.9796	3155.16	14.5	45749.855	59.68912823	14.922282	0.0271	2.9312418	0.45483116
4	764.9796	3155.16	11	34706.786	45.28140763	11.320352	0.0199	1.5831343	0.25357588
3	764.9796	3155.16	7.5	23663.718	30.87368702	7.7184218	0.0124	0.6096089	0.10728606
2	764.9796	3250.4	4	13001.594	16.96297816	4.2407445	0.00514	0.1082152	0.0244691
		30599.2		586333.01	764.9796168	191.2449	0.38495	53.888116	8.99192381

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{53,888116}{9,81 \cdot 8,99192381}}$$

$$= 4,9241 \text{ dt} > 4,397 \text{ dt}$$

Tabel 4.47 Simpangan tingkat arah x portal tipe III konsentrik (bentang 7 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dx (m)	Wj . dx <sup>2</sup>	Fj . dx
Atap	761.25625	2099.66	35.5	74537.93	97.24191324	24.310478	0.05089	6.1330441	1.31388411
10	761.25625	3139.51	32	100464.32	131.0653876	32.766347	0.04903	8.5186463	1.70679901
9	761.25625	3139.51	28.5	89476.035	116.7301109	29.182528	0.04601	7.5118341	1.42746334
8	761.25625	3139.51	25	78487.75	102.3948341	25.598709	0.041733	6.1946815	1.13709463
7	761.25625	3139.51	21.5	67499.465	88.05955732	22.014889	0.036293	4.7032278	0.85208629
6	761.25625	3139.51	18	56511.18	73.72428055	18.43107	0.02985	3.2008086	0.58850407
5	761.25625	3139.51	14.5	45522.895	59.38900377	14.847251	0.023244	1.9509078	0.37011227
4	761.25625	3139.51	11	34534.61	45.053727	11.263432	0.0164	0.9724946	0.1982364
3	761.25625	3139.51	7.5	23546.325	30.71845023	7.6796126	0.00957	0.3330706	0.07910001
2	761.25625	3234.51	4	12938.04	16.87892008	4.21973	0.00359	0.0494495	0.01649914
		30450.3		583518.55	761.2561848	190.31405	0.326844	39.568165	7.68977928

$$T \text{ Reyleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum F_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{39,568165}{9,81 \cdot 7,68977928}}$$

$$= 4,5627 \text{ dt} > 4,3893 \text{ dt}$$

Tabel 4.48 Simpangan tingkat arah y portal tipe III konsentrik (bentang 7 m)

TINGKAT	V (KN)	Wj (KN)	Hj (m)	Wj . Hj	Fj (KN)	Fx = Fy	dy (m)	Wj . dy <sup>2</sup>	Fj . dy
Atap	761.25625	2099.66	35.5	74537.93	97.24191324	24.310478	0.056931	8.2228069	1.52134973
10	761.25625	3139.51	32	100464.32	131.0653876	32.766347	0.055273	11.620914	1.99350455
9	761.25625	3139.51	28.5	89476.035	116.7301109	29.182528	0.052101	10.383616	1.67828717
8	761.25625	3139.51	25	78487.75	102.3948341	25.598709	0.047402	8.6763652	1.34572411
7	761.25625	3139.51	21.5	67499.465	88.05955732	22.014889	0.041354	6.6952952	1.01664759
6	761.25625	3139.51	18	56511.18	73.72428055	18.43107	0.034282	4.670476	0.71088638
5	761.25625	3139.51	14.5	45522.895	59.38900377	14.847251	0.027534	3.0170691	0.46026478
4	761.25625	3139.51	11	34534.61	45.053727	11.263432	0.0203	1.6320429	0.25680624
3	761.25625	3139.51	7.5	23546.325	30.71845023	7.6796126	0.0127	0.6419984	0.10981846
2	761.25625	3234.51	4	12938.04	16.87892008	4.21973	0.00531	0.1156674	0.02523399
		30450.3		583518.55	761.2561848	190.31405	0.39233	55.676251	9.11852299

$$T_{\text{Reyleigh}} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_j \cdot \delta_j^2}{g \cdot \sum I_j \cdot \delta_j}} = 6,3 \sqrt{\frac{55,676251}{9,81 \cdot 9,11852299}}$$

$$= 4,9703 \text{ dt} > 4,5876 \text{ dt}$$

Pada hasil analisis ini momen kolom yang terjadi dapat dilihat pada tabel 4.49 sampai 4.54.

Tabel 4.49 Momen kolom bawah eksentrik

TINGKAT	TIBE I1	TIBE III1	TIBE III1
1	184.063	182.397	206.776
2	144.261	155.076	160.058
3	121.324	130.626	133.583
4	118.792	128.014	129.348
5	114.977	125.62	126.427
6	105.734	106.487	104.825
7	116.439	105.962	105.751
8	100.776	95.844	99.185
9	91.819	86.075	99.497
10	78.774	80.952	105.481

Tabel 4.50 Momen kolom atas eksentrik

TINGKAT	TIPE II	TIPE III	TIPE IIII
1	87.187	92.786	90.262
2	125.673	134.842	135.808
3	125.522	135.31	137.863
4	124.081	133.217	135.553
5	128.686	139.855	143.396
6	120.365	115.964	117.462
7	121.517	114.649	115.058
8	111.616	108.169	107.224
9	105.015	97.232	97.487
10	94.513	98.976	115.968

Keterangan :

TIPE II : Struktur portal diperkaku eksentrik bentang 5 m.

TIPE III : Struktur portal diperkaku eksentrik bentang 6 m.

TIPE IIII : Struktur portal diperkaku eksentrik bentang 7 m.

Tabel 4.51 Momen kolom bawah konsentrik

TINGKAT	TIPE I2	TIPE II2	TIPE III2
1	173.034	173.193	181.433
2	164.716	176.562	170.972
3	139.929	149.147	142.547
4	137.954	146.984	138.553
5	136.187	145.416	145.707
6	115.379	123.118	114.612
7	116.31	124.548	139.033
8	106.455	114.136	136.418
9	96.792	103.963	136.409
10	92.908	100.638	146.853



Tabel 4.52 Momen kolom atas konsentrik

TINGKAT	TIPE I2	TIPE II2	TIPEIII2
1	101.683	105.526	102.174
2	145.422	153.88	143.958
3	144.671	154.234	147.427
4	142.432	152.237	146.246
5	149.832	161.105	160.896
6	124.613	133.796	131.621
7	124.144	133.714	136.853
8	117.977	127.547	138.136
9	106.636	115.303	132.857
10	112.104	122.957	165.263

Keterangan :

TIPE I2 : Struktur portal diperkaku konsentrik bentang 5 m

TIPE II2 : Struktur portal diperkaku konsentrik bentang 6 m.

TIPE III2 : Struktur portal diperkaku konsentrik bentang 7 m.

Tabel 4.53 Momen kolom bawah tanpa pengeang

TINGKAT	TIPE I3	TIPE II3	TIPEIII3
1	252.884	214.435	240.469
2	161.226	156.537	178.805
3	137.61	133.052	143.979
4	135.452	130.054	136.98
5	134.398	132.39	142.582
6	109.38	107.661	113.385
7	113.216	125.867	135.36
8	103.047	123.509	133.136
9	93.761	123.538	133.409
10	88.583	132.432	142.972

Tabel 4.54 Momen kolom atas tanpa pengekang

TINGKAT	TIPE I3	TIPE II3	TIPE III3
1	102.226	95.288	100.365
2	143.834	137.018	143.489
3	142.217	138.044	145.496
4	138.978	136.058	143.929
5	148.65	145.331	157.111
6	119.107	119.579	128.967
7	119.066	123.956	133.433
8	112.303	124.942	134.748
9	101.78	120.616	130.376
10	103.702	147.884	159.365

Keterangan :

TIPE I3 : Struktur portal tanpa pengekang bentang 5 m

TIPE II3 : Struktur portal tanpa pengekang bentang 6 m.

TIPE III3 : Struktur portal tanpa pengekang bentang 7 m.

Hasil simpangan yang diperoleh dari analisis ini dapat dilihat pada tabel 4.55 hingga 4.63.

Tabel 4.55 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipe I

Tingkat	Simp total		Simp antar tingkat	
	dx	dy	dx	dy
ATAP	0.020023	0.06158	0.001177	0.00202
10	0.018846	0.05956	0.001601	0.00381
9	0.017245	0.05575	0.00193	0.00532
8	0.015315	0.05043	0.002203	0.00661
7	0.013112	0.04382	0.002391	0.00742
6	0.010721	0.0364	0.0022	0.00715
5	0.008521	0.02925	0.002228	0.00768
4	0.006293	0.02157	0.002233	0.00807
3	0.00406	0.0135	0.00222	0.00778
2	0.00184	0.00572	0.00184	0.00572
1	0	0	0	0

Tabel 4.56 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipe12

Tingkat	Simp total		Simp antar tingkat	
	dx	dy	dx	dy
ATAP	0.017532	0.05428	0.0011	0.0016
10	0.016432	0.05268	0.001427	0.00308
9	0.015005	0.0496	0.001713	0.00456
8	0.013292	0.04504	0.001955	0.00585
7	0.011337	0.03919	0.002113	0.00673
6	0.009224	0.03246	0.001921	0.00633
5	0.007303	0.02613	0.001923	0.00683
4	0.00538	0.0193	0.00192	0.0071
3	0.00346	0.0122	0.00189	0.00703
2	0.00157	0.00517	0.00157	0.00517
1	0	0	0	0

Tabel 4.57 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipe13

Tingkat	Simp total		Simp antar tingkat	
	dx	dy	dx	dy
ATAP	0.05416	0.05559	0.00205	0.00164
10	0.05211	0.05395	0.00336	0.00338
9	0.04875	0.05057	0.00475	0.00453
8	0.044	0.04604	0.00599	0.00606
7	0.03801	0.03998	0.00686	0.00698
6	0.03115	0.033	0.00685	0.00639
5	0.0243	0.02661	0.0071	0.00691
4	0.0172	0.0197	0.0071	0.0072
3	0.0101	0.0125	0.00627	0.00714
2	0.00383	0.00536	0.00383	0.00536
1	0	0	0	0

Tabel 4.58 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipeII1

Tingkat	Simp total		Simp antar tingkat	
	dx	dy	dx	dy
ATAP	0.017908	0.0591	0.001007	0.001733
10	0.016901	0.057367	0.001396	0.003304
9	0.015505	0.054063	0.001709	0.004691
8	0.013796	0.049172	0.001973	0.006276
7	0.011623	0.042696	0.002142	0.00725
6	0.009681	0.035646	0.00195	0.006388
5	0.007731	0.028658	0.00199	0.007535
4	0.005741	0.021123	0.002021	0.007923
3	0.00372	0.0132	0.00203	0.00761
2	0.00169	0.00559	0.00169	0.00559
1	0	0	0	0

Tabel 4.59 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipeII2

Tingkat	Simp total		Simp antar tingkat	
	dx	dy	dx	dy
ATAP	0.015342	0.055864	0.00084	0.001661
10	0.014502	0.054203	0.001174	0.003163
9	0.013328	0.05104	0.00148	0.00469
8	0.011848	0.04635	0.001743	0.00602
7	0.010105	0.04033	0.001896	0.00692
6	0.008209	0.03341	0.001664	0.00657
5	0.006545	0.02684	0.001685	0.00704
4	0.00486	0.0198	0.00171	0.0074
3	0.00315	0.0124	0.00172	0.00719
2	0.00143	0.00521	0.00143	0.00521
1	0	0	0	0

Tabel 4.60 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipeII3

Tingkat	Simp total		Simp antar tingkat	
	dx	dy	dx	dy
ATAP	0.048112	0.05669	0.001672	0.001676
10	0.04644	0.055014	0.00278	0.003212
9	0.04366	0.051802	0.00396	0.004752
8	0.0397	0.04705	0.005059	0.006107
7	0.034641	0.040943	0.006031	0.00702
6	0.02861	0.033923	0.00621	0.006621
5	0.0224	0.027302	0.0065	0.007102
4	0.0159	0.0202	0.00651	0.0075
3	0.00939	0.0127	0.00581	0.0073
2	0.00358	0.0054	0.00358	0.0054
1	0	0	0	0

Tabel 4.61 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipeIII1

Tingkat	Simp total		Simp antar tingkat	
	dx	dy	dx	dy
ATAP	0.015267	0.015267	0.00081	0.00081
10	0.014457	0.014457	0.001145	0.001145
9	0.013312	0.013312	0.00141	0.00141
8	0.011902	0.011902	0.001634	0.001634
7	0.010268	0.010268	0.001799	0.001799
6	0.008469	0.008469	0.00167	0.00167
5	0.006799	0.006799	0.001726	0.001726
4	0.005073	0.005073	0.001773	0.001773
3	0.0033	0.0033	0.00179	0.00179
2	0.00151	0.00151	0.00151	0.00151
1	0	0	0	0

Tabel 4.62 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipeIII2

Tingkat	Simp total		Simp antar tingkat	
	dx	dy	dx	dy
ATAP	0.012727	0.055823	0.000607	0.001623
10	0.01212	0.0542	0.000882	0.003088
9	0.011238	0.051112	0.001132	0.004562
8	0.010106	0.04655	0.001351	0.005876
7	0.008755	0.040674	0.001515	0.006874
6	0.00724	0.0338	0.001428	0.0067
5	0.005812	0.0271	0.001472	0.0072
4	0.00434	0.0199	0.00152	0.0075
3	0.00282	0.0124	0.00154	0.00726
2	0.00128	0.00514	0.00128	0.00514
1	0	0	0	0

Tabel 4.63 Simpangan total dan simpangan antar tingkat portal tipeIII3

Tingkat	Simp total		Simp antar tingkat	
	dx	dy	dx	dy
ATAP	0.05089	0.056931	0.00186	0.001658
10	0.04903	0.055273	0.00302	0.003172
9	0.04601	0.052101	0.004277	0.004699
8	0.041733	0.047402	0.00544	0.006048
7	0.036293	0.041354	0.006443	0.007072
6	0.02985	0.034282	0.006606	0.006748
5	0.023244	0.027534	0.006844	0.007234
4	0.0164	0.0203	0.00683	0.0076
3	0.00957	0.0127	0.00598	0.00739
2	0.00359	0.00531	0.00359	0.00531
1	0	0	0	0

Hasil akhir dari analisis struktur terhadap simpangan puncak, gaya geser dasar dan momen dasar dapat dilihat pada tabel 4.64 sampai 4.66.

## **BAB V**

### **PEMBAHASAN**

#### **5.1 Momen Kolom**

Berdasarkan dari hasil analisis pada struktur portal dengan variasi panjang bentang, momen kolom yang terjadi pada tiap tingkat struktur menghasilkan momen kolom yang berbeda-beda.

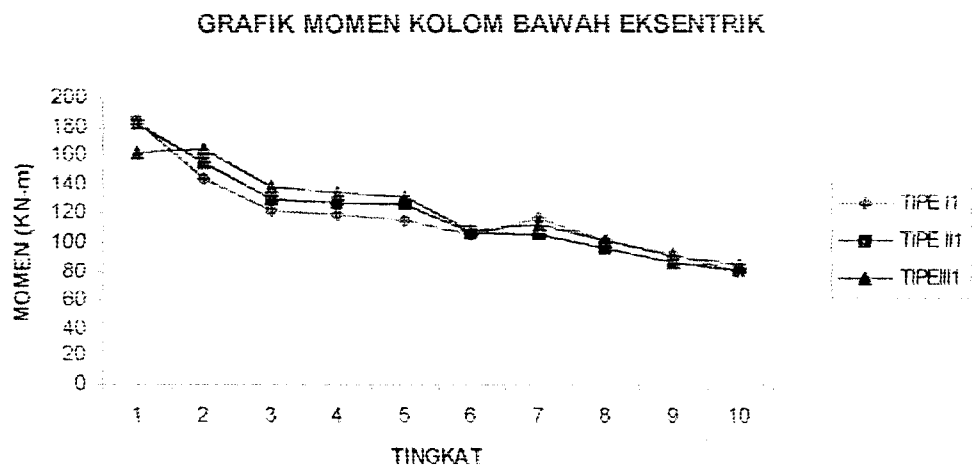
Pada struktur portal dengan pengekang eksentrik momen kolom bawah yang terjadi mengalami penurunan dari lantai 1 – 10. Perubahan momen yang terjadi pada struktur tipe II (bentang 6m) mengalami kenaikan berkisar antara 0,7% - 9,2 % dari tipe I (bentang 5m), kecuali pada lantai 1,7,8, dan 9, momen kolom bawah mengalami penurunan antara 0,9% - 8,9%, sedangkan pada tipe III (bentang 7m) momen yang terjadi relatif mengalami kenaikan antara 2,7 % - 14,9% dibanding tipe I, kecuali pada lantai 1,7,8,9 momen kolom mengalami penurunan 0,045% - 12,28% dari tipe I, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik 5.1. Sedangkan momen kolom atas yang terjadi dapat dilihat seperti dalam grafik 5.2, perubahan momen yang terjadi pada tipe II relatif mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan tipe I, yaitu berkisar antara 4,7 % - 8,6 % kecuali pada lantai 6,7,8 dan lantai 9 momen kolom mengalami penurunan sebesar 3 % - 3,6 % , untuk portal tipe III momen kolom yang terjadi relatif mengalami kenaikan berkisar antara 1,27 % hingga 16,3%, sedangkan

pada lantai 7 dan 9 momen kolom yang terjadi mengalami penurunan sebesar 0,87 % dan 3,38% dibanding tipe I.

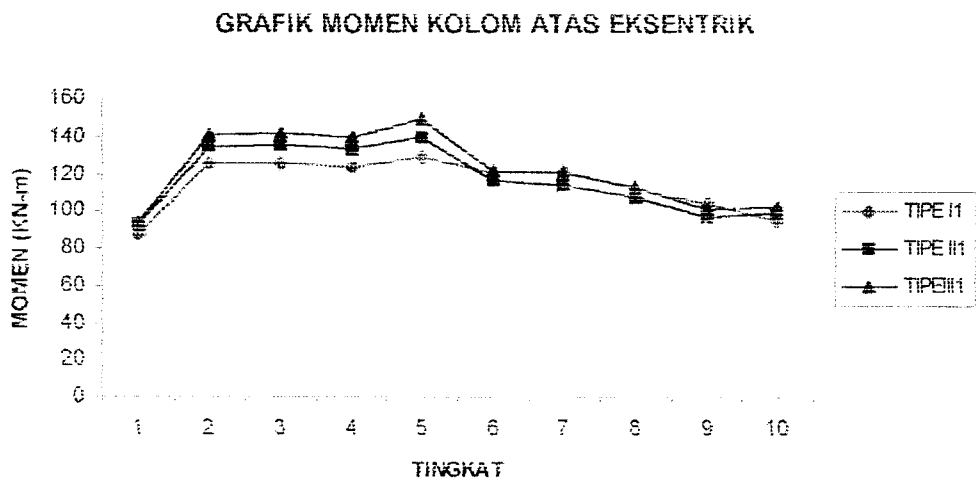
Pada struktur dengan pengekang konsentrik perubahan momen kolom bawah yang terjadi mengalami penurunan dari lantai 1 sampai lantai 10, sedang pada portal tipe II momen kolom bawah mengalami kenaikan antara 0,09 % - 8,3 % dibanding tipe I, untuk momen kolom atas terjadi kenaikan sebesar 3,77 % - 9,68 % dari tipe I. Pada tipe III momen kolom bawah terjadi kenaikan 0,3 % - 15,9 %, dan momen kolom atas mengalami kenaikan momen sebesar 6,8 % - 17,3 % dari tipe I, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik 5.3 dan 5.4.

Untuk struktur tanpa pengekang perubahan momen kolom yang terjadi mengalami penurunan dari lantai 1 - 10, sedangkan perubahan momen kolom bawah yang terjadi pada struktur tipe II relatif mengalami kenaikan dibandingkan dengan tipe I yaitu berkisar antara 6,27 % - 10,27 % , kecuali pada lantai 1 mengalami penurunan 3,64 %, dan pada momen kolom atas terjadi kenaikan sebesar 4,26 % - 13,29 % dari tipe I, sedangkan untuk tipe III momen kolom bawah yang terjadi mengalami kenaikan sebesar 8,65 % - 19,05 % dibanding tipe I, dan untuk momen kolom atas terjadi kenaikan 7,81 % - 22,34 % dari tipe I. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik 5.5 dan 5.6 .

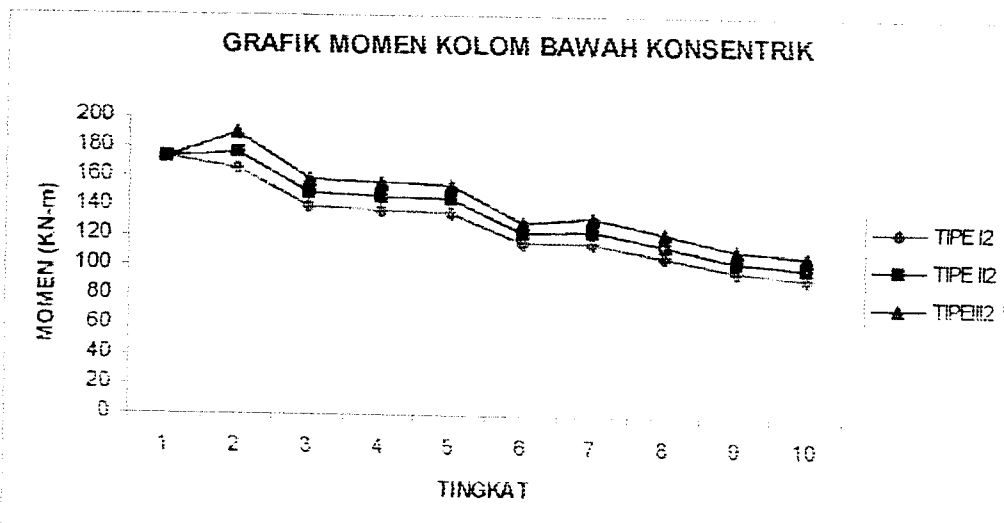




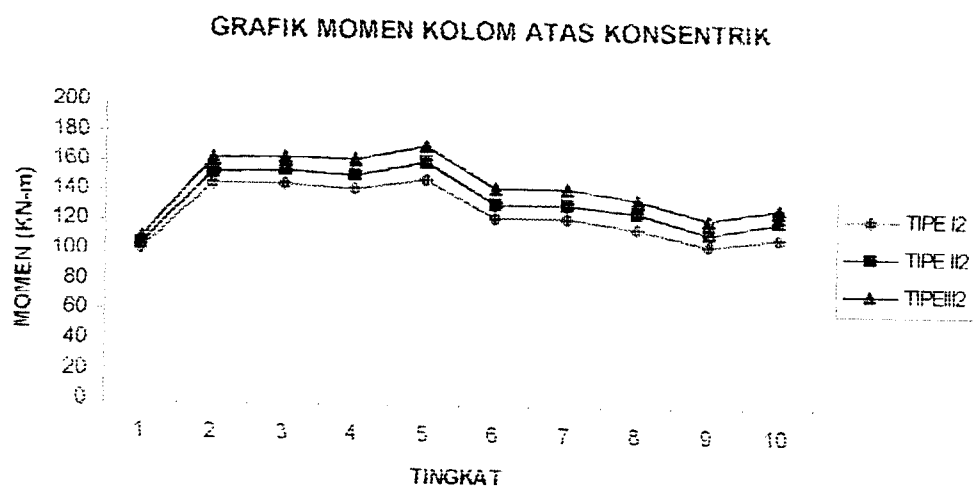
Gambar 5.1 Grafik momen kolom bawah eksentrik



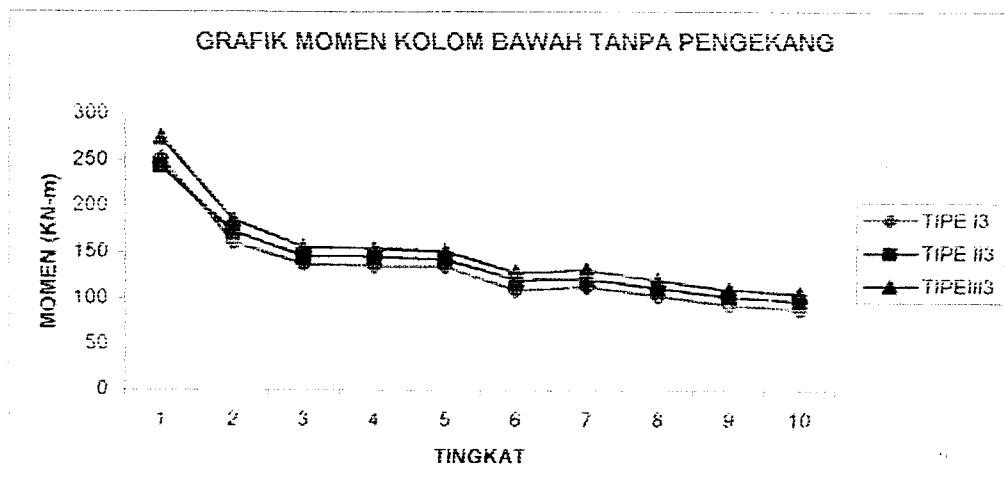
Gambar 5.2 Grafik momen kolom atas eksentrik



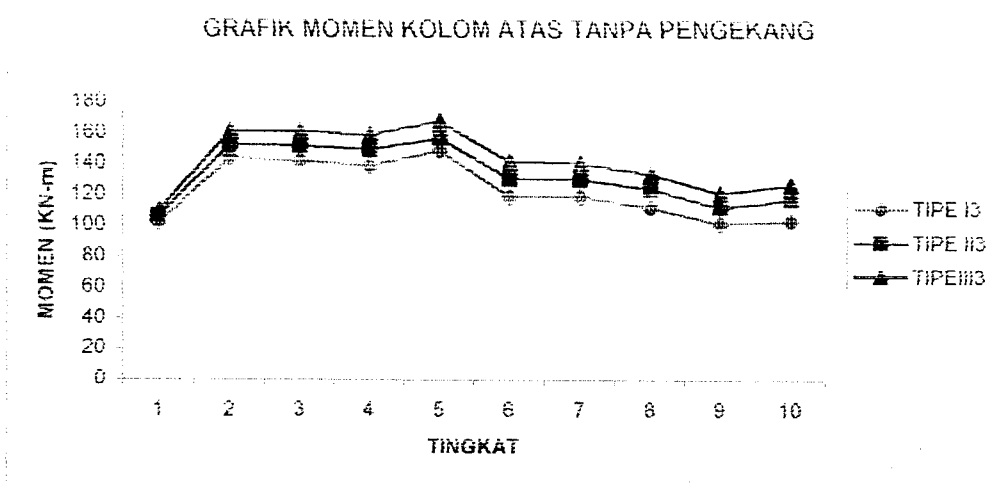
Gambar 5.3 Grafik momen kolom bawah konsentrik



Gambar 5.4 Grafik momen kolom atas konsentrik



Gambar 5.5 Grafik momen kolom bawah tanpa pengekang



Gambar 5.6 Grafik momen kolom atas tanpa pengekang

## 5.2 Simpangan Puncak

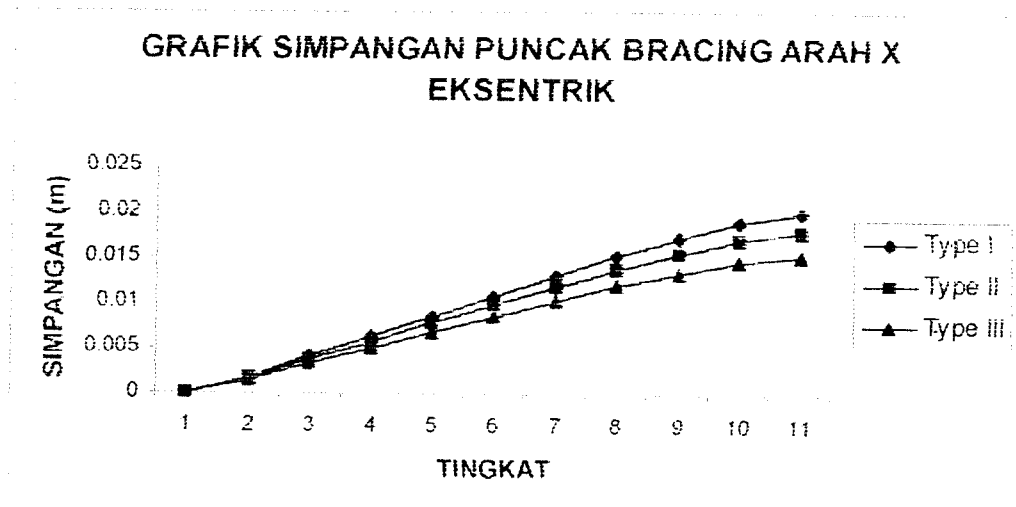
Berdasarkan hasil analisis model struktur portal dapat diketahui seberapa besar pengaruh pemakaian pengekang konsentrik ataupun eksentrik dalam menahan beban lateral dengan variasi panjang bentang yang berbeda.

Pada perhitungan simpangan puncak arah X (sesuai dengan arah penempatan pengekang) yang terjadi, pada struktur portal dengan pengekang eksentrik simpangan yang terjadi untuk bentang 6m lebih kecil berkisar antara 8,15% - 10,56% dibandingkan simpangan yang terjadi pada bentang 5m, sedangkan pada bentang 7m simpangan yang terjadi dapat berkurang antara 17,9 % - 23,7% dari simpangan yang terjadi pada bentang 5m, sedangkan untuk struktur portal dengan pengekang konsentrik simpangan puncak yang terjadi pada struktur dengan bentang 6m berkurang antara 8,9% - 12,5 % dari simpangan yang terjadi pada struktur portal dengan bentang 5m, sedangkan untuk bentang 7m simpangan yang terjadi berkurang antara 18,4% - 27,4% jika dibandingkan dengan simpangan yang terjadi pada struktur dengan bentang 5m Untuk struktur portal tanpa pengekang simpangan yang terjadi antara bentang 6m berkurang antara 6,5 % - 11,16% dibanding simpangan yang terjadi pada bentang 5m, dan untuk bentang 7m simpangan yang terjadi berkurang antara 4,17% - 6,26% dari simpangan yang terjadi pada bentang 5m.

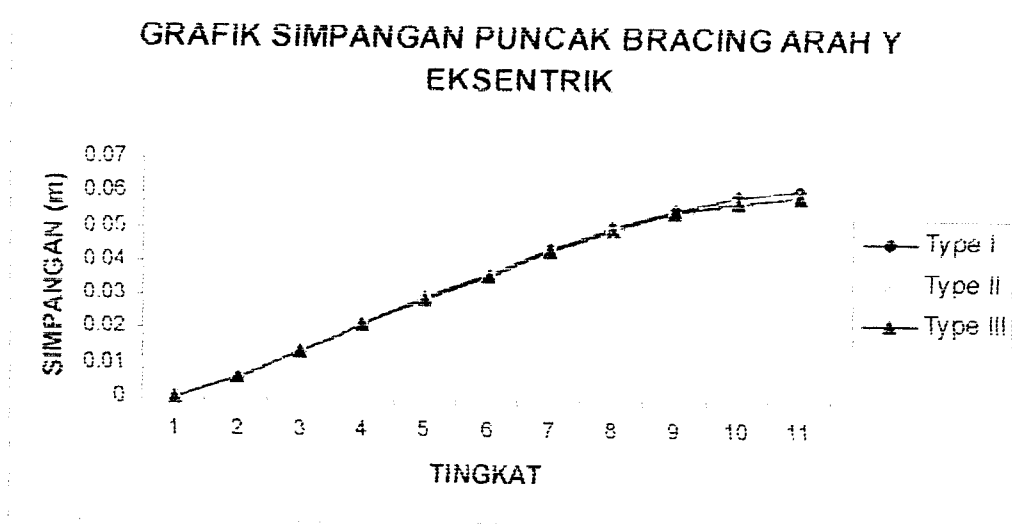
Pada portal berpengekang eksentrik, simpangan arah Y (arah bentang yang tegak lurus dengan bentang berpengekang) lebih kecil berkisar antara 2,2 % - 4 % dibandingkan simpangan yang terjadi pada bentang 5m, sedangkan pada bentang 7m simpangan yang terjadi dapat berkurang antara 0,6 % - 3,6 % dari simpangan yang terjadi pada bentang 5m, sedangkan untuk struktur portal dengan pengekang konsentrik simpangan puncak yang terjadi pada struktur dengan bentang 6m mengalami kenaikan antara 0,7 % - 2,91 % dari simpangan yang terjadi pada struktur portal dengan bentang 5m, sedangkan untuk bentang 7m simpangan yang terjadi naik antara 1,6 % - 4,1 % jika dibandingkan dengan simpangan yang terjadi pada struktur

dengan bentang 5m. Untuk struktur portal tanpa pengekang simpangan yang terjadi antara bentang 6m mengalami kenaikan antara 0,7 % - 2,8 % dibanding simpangan yang terjadi pada bentang 5m, dan untuk bentang 7m simpangan yang terjadi naik antara 1,6 % - 3,8 % dari simpangan yang terjadi pada bentang 5m.

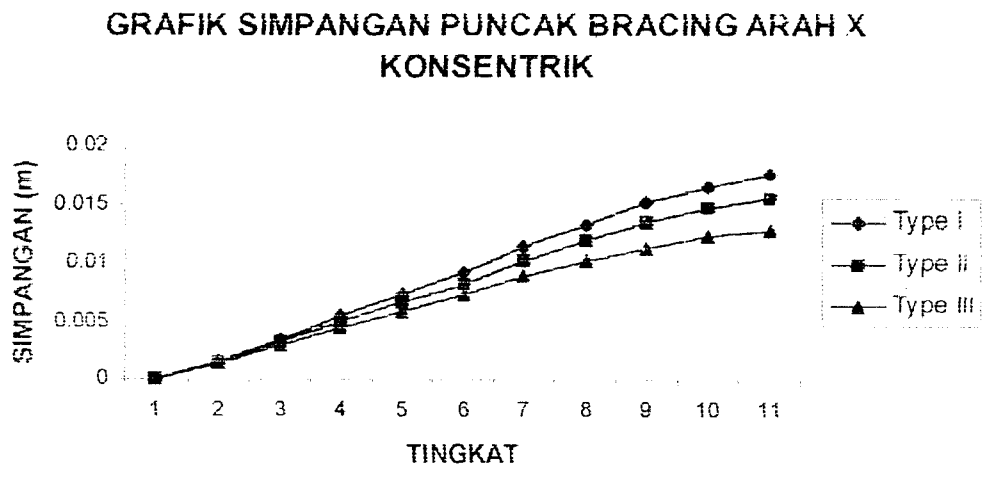
Pada hasil perhitungan struktur portal untuk bentang 5m dapat diketahui bahwa simpangan yang terjadi pada struktur portal arah x dengan pengekang eksentrik dapat berkurang hingga 63,03 % dari struktur portal tanpa pengekang, sedangkan pada struktur portal dengan pengekang konsentrik simpangan struktur arah x yang terjadi dapat berkurang hingga 67,63 % dari simpangan struktur tanpa pengekang, sedang untuk struktur portal dengan bentang 6m simpangan puncak yang terjadi untuk pengekang eksentrik berkurang 62,78 % dibanding struktur tanpa pengekang dan 68,11 % untuk struktur dengan pengekang konsentrik, dan untuk struktur portal dengan bentang 7m simpangan puncak yang terjadi untuk pengekang eksentrik berkurang 70 % dari struktur tanpa pengekang dan 74,99 % untuk pengekang konsentrik jika dibanding dengan struktur yang tak berpengekang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik simpangan berikut ini :



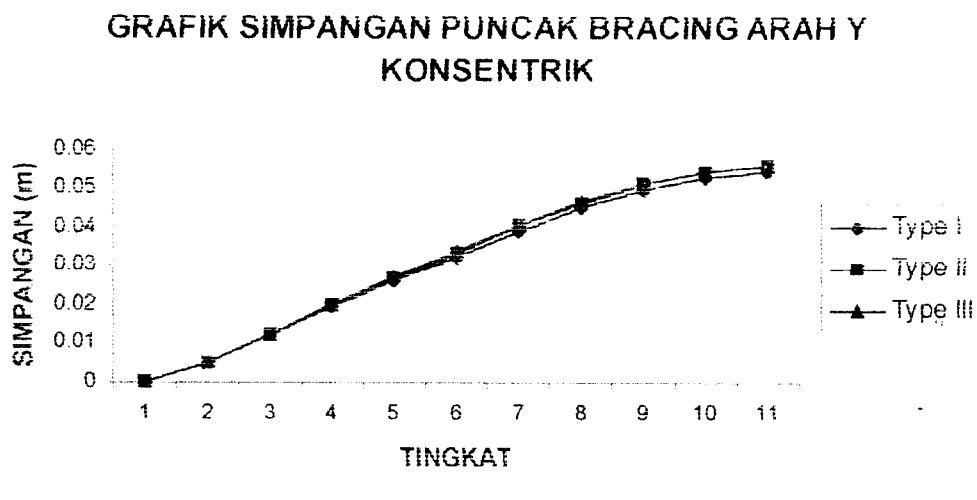
Gambar 5.7 Grafik simpangan maksimum arah x pengegang eksentrik



Gambar 5.8 Grafik simpangan maksimum arah y pengegang eksentrik

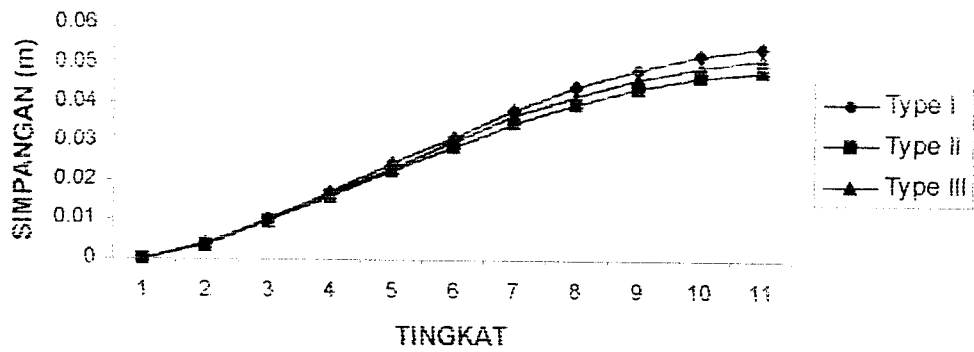


Gambar 5.9 Grafik simpangan maksimum arah x pengekang konsentrik



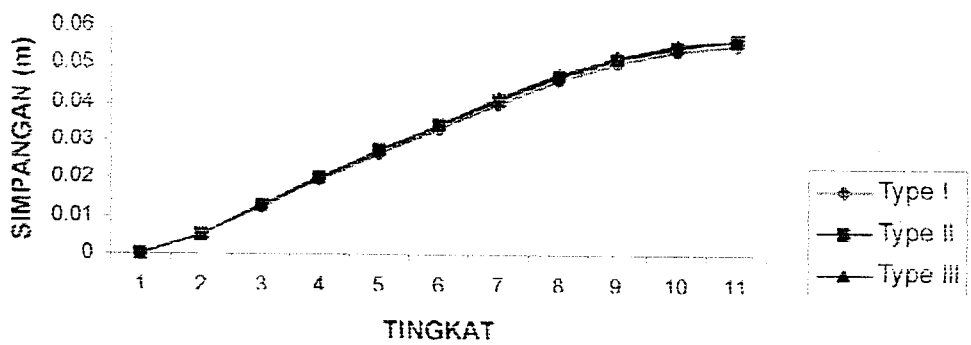
Gambar 5.10 Grafik simpangan maksimum arah y pengekang konsentrik

**GRAFIK SIMPANGAN PUNCAK ARAH X TANPA BRACING**



Gambar 5.11 Grafik simpangan maksimum arah x tanpa pengeang

**GRAFIK SIMPANGAN PUNCAK ARAH Y TANPA BRACING**



Gambar 5.12 Grafik simpangan maksimum arah y tanpa pengeang



### 5.3 Gaya Geser Dasar

Dari hasil analisa perhitungan gaya geser model-model struktur dapat diketahui bahwa gaya geser yang terjadi pada struktur portal tanpa pengekang mengalami kenaikan berkisar antara 4 % hingga 9 %, sedangkan untuk struktur berpengekang gaya geser mengalami kenaikan 0,004 % hingga 0,009 %.

### 5.4 Momen Guling

Hasil pencatatan momen-momen yang terjadi searah sumbu x, pada struktur yang berpengekang eksentrik, momen yang terjadi semakin besar. Pada struktur bentang 6m mengalami kenaikan sebesar 0,91 % dibanding bentang 5m, dan untuk struktur dengan bentang 7m mengalami kenaikan sebesar 11,69 % dibanding bentang 5m. Sedangkan untuk struktur yang berpengekang konsentrik, pada bentang 6m momen yang terjadi mengalami kenaikan sebesar 0,09 % dibanding bentang 5m dan pada bentang 7m mengalami kenaikan sebesar 4,88 % dibanding bentang 5m. Untuk struktur tanpa pengekang momen yang terjadi pada bentang 6m mengalami penurunan sebesar 8,44 % dibanding bentang 5m, dan untuk bentang 7m mengalami kenaikan 33,41 % dibanding bentang 5m.

Sedangkan untuk momen yang terjadi pada arah y pada struktur berpengekang eksentrik dengan bentang 6m mengalami kenaikan sebesar 4,81 % dari bentang 5m, dan untuk bentang 7m mengalami penurunan sebesar 0,07 % dibanding bentang 5m, untuk struktur berpengekang konsentrik pada bentang 6m momen yang terjadi mengalami penurunan sebesar 3,02 % dari bentang 5m dan untuk bentang 7m mengalami penurunan sebesar 14,24 % dari bentang 5m, dan untuk struktur tanpa

pengekang perubahan momen yang terjadi pada bentang 6m mengalami penurunan sebesar 15,2 % dari bentang 5m, dan untuk bentang 7m mengalami penurunan sebesar 4,9 % dari bentang 5m.

## BAB VI

### KESIMPULAN dan SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil analisis perbandingan antara beberapa model struktur dengan variasi panjang bentang maka dapat disimpulkan :

1. Simpangan tingkat yang terjadi dari setiap model struktur portal yang ditinjau telah memenuhi syarat dalam buku PPTGIUG 1983, dimana simpangan antar tingkat tidak lebih besar dari 2 cm,
2. Konstruksi rangka diperkaku konsentrik ternyata mempunyai keunggulan dari pada konstruksi rangka diperkaku eksentrik dalam hal perpindahan puncak,
3. Portal diperkaku konsentrik mempunyai kekakuan yang lebih besar dibanding portal yang diperkaku eksentrik, dilihat dari defleksi yang terjadi ( $K \cdot \frac{P}{A}$ ),
4. Pada model struktur portal yang berpengekang eksentrik maupun konsentrik semakin panjang bentang yang berpengekang, pada bentang 5m, 6m dan 7m maka simpangan puncak yang terjadi akan semakin kecil.
5. Momen kolom antar tingkat yang terjadi akan mengalami kenaikan sesuai dengan penambahan bentang.

## 5.2 Saran

Setelah dilakukan pembahasan pada analisis yang telah tercapai, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian sejenis dengan beban gempa dinamis, sebagai pembandingan lebih lanjut.
2. Sebaiknya dicoba penelitian sejenis dengan panjang bentang  $x$  (bentang berpengekang) lebih besar dari panjang bentang  $y$  (bentang tanpa pengekang).
3. Studi ini dapat dilanjutkan dengan melakukan penelitian, sejauh mana pengaruh pemakain pengekang pada kedua sisi model struktur dengan variasi bentang yang berbeda.
4. Perlu adanya penelitian tentang seberapa besar panjang efektif penggunaan pengekang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Englekirk, R., 1994, **STEEL STRUCTURES CONTROLLING BEHAVIOR THROUGH DESIGN**, John Wiley & Sons Inc, Canada.
- Key, D., 1998, **EARTHQUAKE DESIGN PRACTICE FOR BUILDING**, Thomas Telford
- Kusuma, G. dan Andriano, T., 1993, **DESAIN STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG DI DAERAH RAWAN GEMPA**, Erlangga, Jakarta.
- Merati, W., 1990, **PERILAKU STRUKTUR BAJA MENERIMA BEBAN GEMPA**
- Salmon C. G., Johnson, J.E., 1986, **STRUKTUR BAJA DESAIN DAN PERILAKU**, Jilid I dan II, Erlangga, Jakarta.
- Wahyudi, L. dan S. A. Rahim, 1992, **METODE PLASTIS ANALISIS DAN DESAIN**, PT. GRAMEDIA PUSTAKA UTAMA, Jakarta.
- Widodo, 1998, **Diktat Perkuliahan Teknik Gempa**, UII, Yogyakarta.
- , 1983, **PERATURAN PEMBEBANAN INDONESIA UNTUK GEDUNG (PPIG)**, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- , 1983, **PERATURAN PERENCANAAN TAHAN GEMPA INDONESIA UNTUK GEDUNG**, Yayasan LPMB.
- , 1989, **MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION ALLOWABLE STRESS DESIGN**, Ninth Edition, America of Steel Construction, inc.
- , 1999, **ANALISIS STRUKTUR DENGAN SAP90**, Pangeran Timur Komputer, Yogyakarta.

LAMPIRAN



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

Propose 1be  
 TA 3be

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	ANDI WIBOWO	95 310 161		TSS.
2.	SISWO YO	95 310 039		TSS.

JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS PENGARUH PENGAKU (BRACING)  
 PADA STRUKTUR PORTAL BAJA 3 D.

Dosen Pembimbing I : IR. H. SUSASTRAWAN, MS  
 Dosen Pembimbing II : IR. HILMAN NOOR, MSCE

1



2

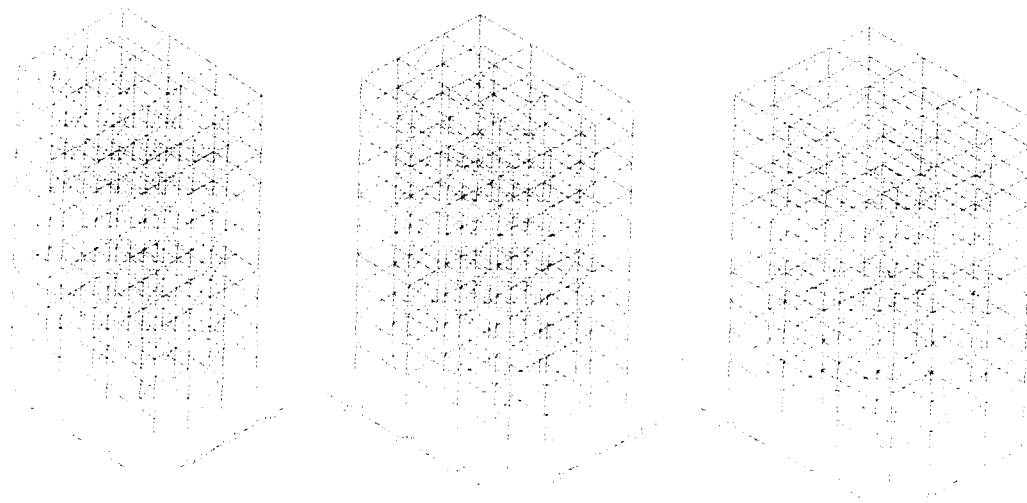


Yogyakarta, 09 Maret 2000  
 Dekan,  
 Ketua Jurusan Teknik Sipil

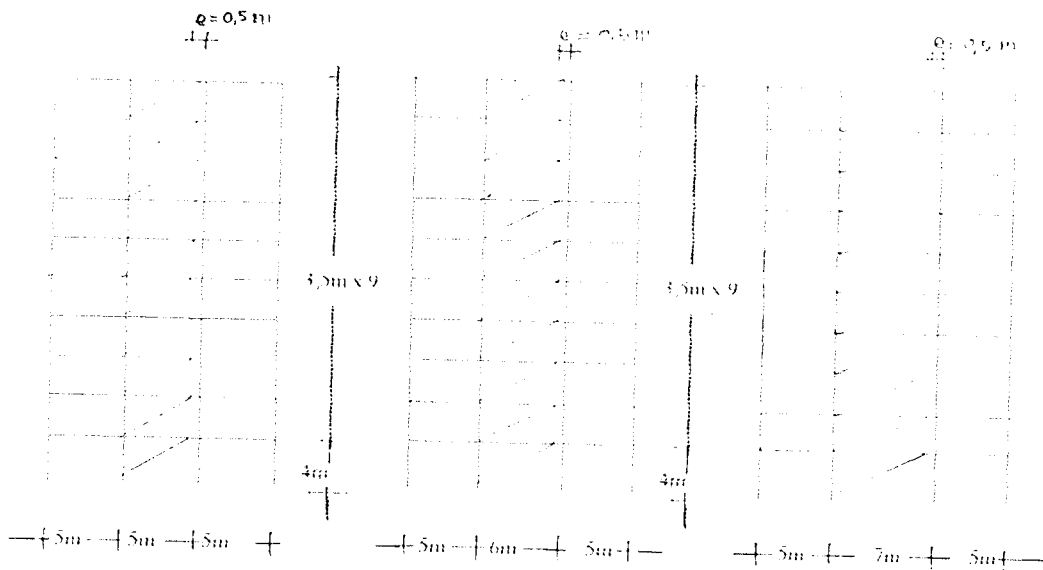
IR. H. T. ADJUDDIN B. M. ARIS, MS

## LAMPIRAN II

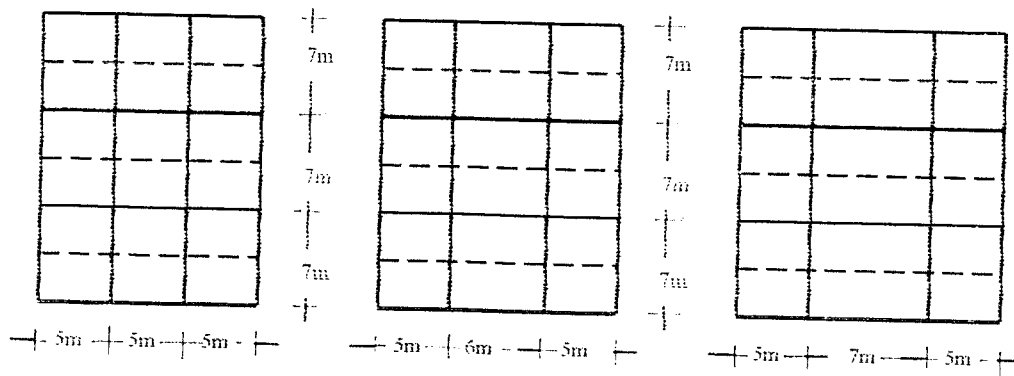




Gambar 4.3 a Struktur portal berpengaku eksentrik 3 dimensi bentang 5 m, 6 m, dan 7 m

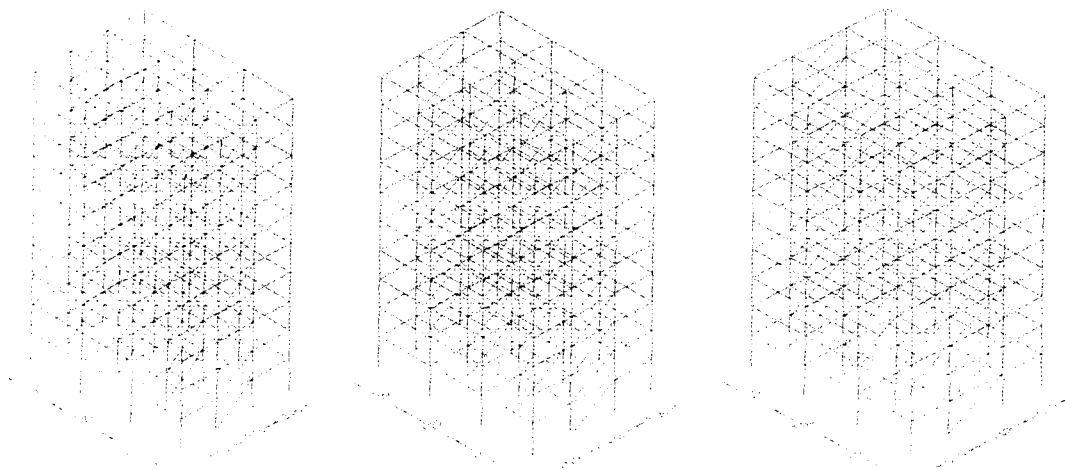


Gambar 4.3.b Struktur portal berpengaku eksentrik 2 dimensi bentang 5 m, 6 m, dan 7 m.

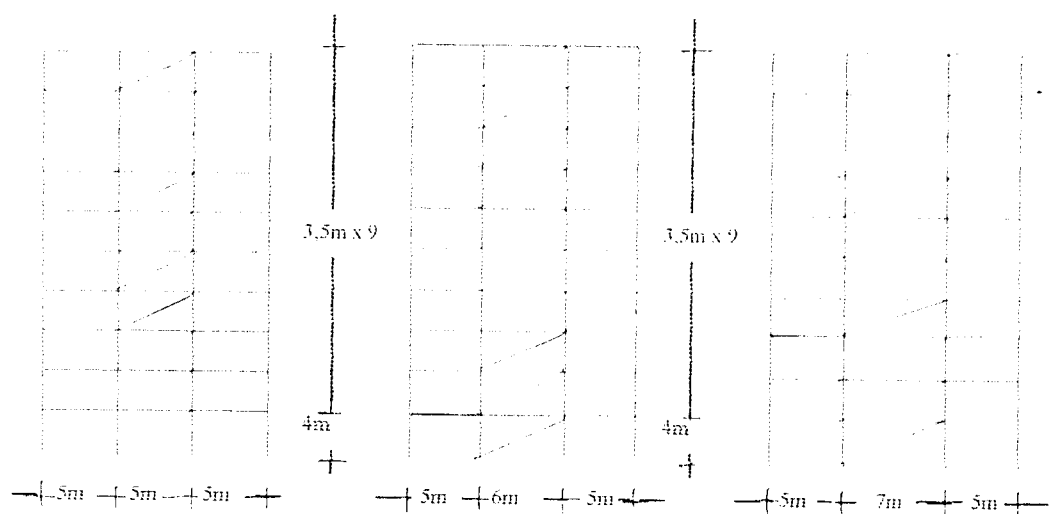


Gambar 4.3.c Denah tampak atas portal berpengaku eksentrik bentang 5 m, 6 m, dan 7 m.

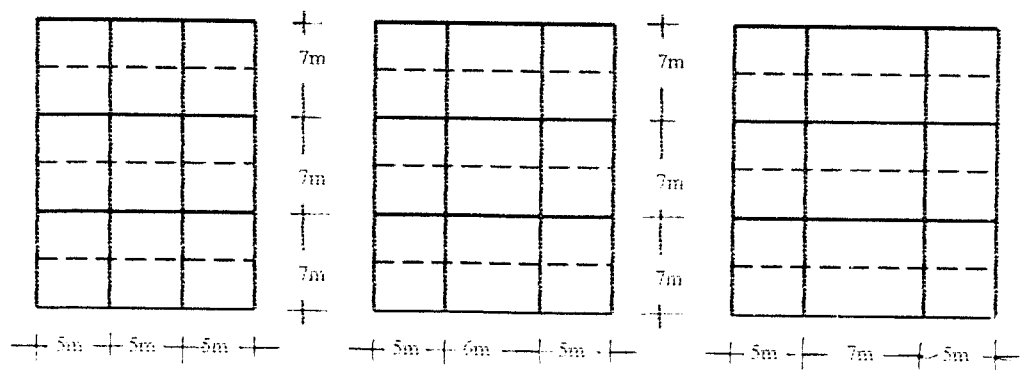
Keterangan :  
 ————— : Balok induk  
 - - - - - : Balok anak



Gambar 4.2 a Struktur portal berpengaku konsentrik 3 dimensi bentang 5 m, 6 m, dan 7 m

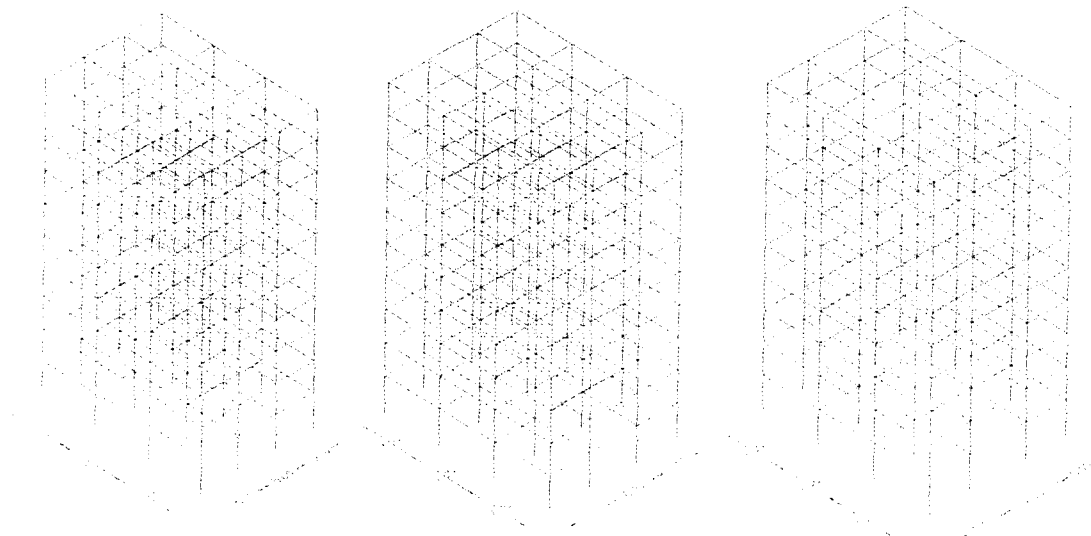


Gambar 4.2 b Struktur portal berpengaku konsentrik 2 dimensi bentang 5 m, 6 m, dan 7 m.

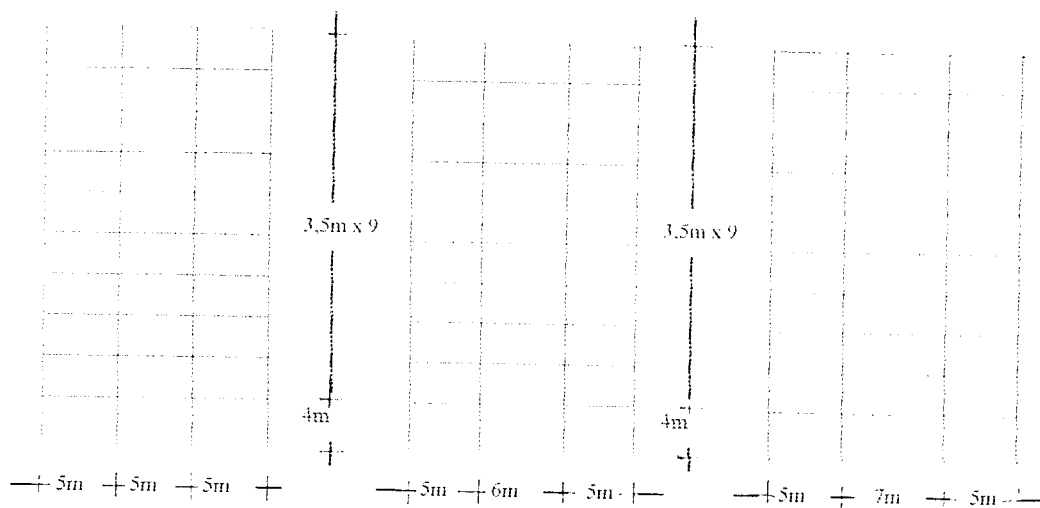


Gambar 4.2 c Denah tampak atas portal berpengaku konsentrik bentang 5 m, 6 m, dan 7 m.

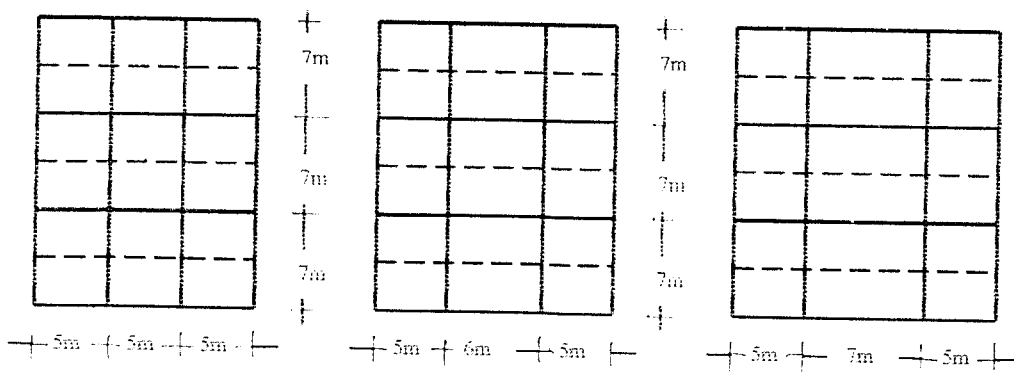
Keterangan :  
 : Balok induk       : Balok anak



Gambar 4.1.a Struktur portal tanpa pengaku 3 dimensi bentang 5 m, 6 m, dan 7 m.



Gambar 4.1.b Struktur portal tanpa pengaku 2 dimensi bentang 5 m, 6 m, dan 7 m.



Gambar 4.1.c Denah tampak atas portal tanpa pengaku bentang 5 m, 6 m, dan 7

Keterangan :  
 ————— : Balok induk      - - - - - : Balok anak

### **LAMPIRAN III**

PERENCANAAN PORTAL BAJA TYPE I TANPA BRACING (KN,M)  
SYSTEM

L=6

JOINTS

1 X=0 Y=0 Z=0  
13 Y=21 G=1,13,4  
2 X=5 Y=0 Z=0  
14 Y=21 G=2,14,4  
3 X=10 Y=0 Z=0  
15 Y=21 G=3,15,4  
4 X=15 Y=0 Z=0  
16 Y=21 G=4,16,4  
17 X=0 Y=0 Z=4  
29 X=0 Y=21 Z=4  
161 X=0 Y=0 Z=35.5  
173 X=0 Y=21 Z=35.5 Q=17,29,161,173,4,16  
18 X=5 Y=0 Z=4  
30 X=5 Y=21 Z=4  
162 X=5 Y=0 Z=35.5  
174 X=5 Y=21 Z=35.5 Q=18,30,162,174,4,16  
19 X=10 Y=0 Z=4  
31 Y=21  
163 Y=0 Z=35.5  
175 Y=21 Q=19,31,163,175,4,16  
20 X=15 Y=0 Z=4  
32 Y=21  
164 Y=0 Z=35.5  
176 Y=21 Q=20,32,164,176,4,16

RESTRAINTS

1 16 1 R=1,1,1,1,1,1  
17 176 1 R=0,0,0,0,0,0

CONSTRAINTS

17 31 1 C=32,32,0,0,0,32  
33 47 1 C=48,48,0,0,0,48  
49 63 1 C=64,64,0,0,0,64  
65 79 1 C=80,80,0,0,0,80  
81 95 1 C=96,96,0,0,0,96  
97 111 1 C=112,112,0,0,0,112  
113 127 1 C=128,128,0,0,0,128  
129 143 1 C=144,144,0,0,0,144  
145 159 1 C=160,160,0,0,0,160  
161 175 1 C=176,176,0,0,0,176

FRAME

NM=12 NL=30 Z=-1

C IDENTIFIKASI JENIS ELEMEN

C KBPI W14X211

1 MN=S SH=I T=.399288,.401320,.039624,.024892,.401320,.039624 E=2.1E8 FY=2.5E5

C KBTG W14X311

2 MN=S SH=I T=.434848,.412242,.057404,.035814,.412242,.057404 E=2.1E8 FY=2.5E5

C KAPI W14X132

3 MN=S SH=I T=.372364,.374015,.026162,.016383,.374015,.026162 E=2.1E8 FY=2.5E5  
C KATG W14X159  
4 MN=S SH=I T=.380492,.395351,.030226,.018923,.395351,.030226 E=2.1E8 FY=2.5E5  
C BYBPI W14X61  
5 MN=S SH=I T=.352806,.253873,.016383,.009525,.253873,.016383 E=2.1E8 FY=2.5E5  
C BYBTG W14X90  
6 MN=S SH=I T=.356108,.368808,.018034,.011176,.368808,.018034 E=2.1E8 FY=2.5E5  
C BXBPI W14X43  
7 MN=S SH=I T=.346964,.203073,.013462,.007747,.203073,.013462 E=2.1E8 FY=2.5E5  
C BXBTG W14X53  
8 MN=S SH=I T=.353568,.204724,.016764,.009398,.204724,.016764 E=2.1E8 FY=2.5E5  
C BYAPI W14X61  
9 MN=S SH=I T=.352806,.253873,.016383,.009525,.253873,.016383 E=2.1E8 FY=2.5E5  
C BYATG W14X74  
10 MN=S SH=I T=.359918,.255778,.019939,.011430,.255778,.019939 E=2.1E8 FY=2.5E5  
C BXAPI W14X43  
11 MN=S SH=I T=.346964,.203073,.013462,.007747,.203073,.013462 E=2.1E8 FY=2.5E5  
C BXATG W14X43  
12 MN=S SH=I T=.346964,.203073,.013462,.007747,.203073,.013462 E=2.1E8 FY=2.5E5  
C IDENTIFIKASI POLA BEBAN  
C BEBAN MATI  
1 WG=0,0,-8.152  
2 WG=0,0,-11.929  
3 WG=0,0,-14.1375  
4 WG=0,0,-19.525  
5 WG=0,0,-14.7625  
6 WG=0,0,-20.15  
7 WG=0,0,-8.152  
8 WG=0,0,-11.929  
9 WG=0,0,-14.1375  
10 WG=0,0,-19.525  
11 WG=0,0,-14.7625  
12 WG=0,0,-20.15  
13 WG=0,0,-7.386 PLD=3.5,-22.635,0  
14 WG=0,0,-10.937 PLD=3.5,-45.27,0  
15 WG=0,0,-13.0445 PLD=3.5,-30.6875,0  
16 WG=0,0,-17.339 PLD=3.5,-61.375,0  
17 WG=0,0,-13.6695 PLD=3.5,-30.6875,0  
18 WG=0,0,-17.964 PLD=3.5,-61.375,0  
C BEBAN HIDUP  
19 WG=0,0,-2.196  
20 WG=0,0,-4.392  
21 WG=0,0,-3.66  
22 WG=0,0,-7.32  
23 WG=0,0,-2.196  
24 WG=0,0,-4.392  
25 WG=0,0,-3.66  
26 WG=0,0,-7.32  
27 WG=0,0,-1.7505 PLD=3.5,-14.73,0  
28 WG=0,0,-3.501 PLD=3.5,-29.46,0

29 WG=0,0,-2.9175 PLD=3.5,-22.05,0

30 WG=0,0,-5.835 PLD=3.5,-44.1,0

C IDENTIFIKASI ELEMEN

C KOLOM BPI

1 1 17 M=1 LP=2 G=3,1,1,1

17 17 33 M=1 LP=2 G=3,1,1,1

33 33 49 M=1 LP=2 G=3,1,1,1

49 49 65 M=1 LP=2 G=3,1,1,1

65 65 81 M=1 LP=2 G=3,1,1,1

13 13 29 M=1 LP=2 G=3,1,1,1

29 29 45 M=1 LP=2 G=3,1,1,1

45 45 61 M=1 LP=2 G=3,1,1,1

61 61 77 M=1 LP=2 G=3,1,1,1

77 77 93 M=1 LP=2 G=3,1,1,1

5 5 21 M=1 LP=2 G=1,4,4,4

21 21 37 M=1 LP=2 G=1,4,4,4

37 37 53 M=1 LP=2 G=1,4,4,4

53 53 69 M=1 LP=2 G=1,4,4,4

69 69 85 M=1 LP=2 G=1,4,4,4

8 8 24 M=1 LP=2 G=1,4,4,4

24 24 40 M=1 LP=2 G=1,4,4,4

40 40 56 M=1 LP=2 G=1,4,4,4

56 56 72 M=1 LP=2 G=1,4,4,4

72 72 88 M=1 LP=2 G=1,4,4,4

C KOLOM BTG

6 6 22 M=2 LP=2 G=1,4,4,4

22 22 38 M=2 LP=2 G=1,4,4,4

38 38 54 M=2 LP=2 G=1,4,4,4

54 54 70 M=2 LP=2 G=1,4,4,4

70 70 86 M=2 LP=2 G=1,4,4,4

7 7 23 M=2 LP=2 G=1,4,4,4

23 23 39 M=2 LP=2 G=1,4,4,4

39 39 55 M=2 LP=2 G=1,4,4,4

55 55 71 M=2 LP=2 G=1,4,4,4

71 71 87 M=2 LP=2 G=1,4,4,4

C KOLOM API

81 81 97 M=3 LP=2 G=3,1,1,1

97 97 113 M=3 LP=2 G=3,1,1,1

113 113 129 M=3 LP=2 G=3,1,1,1

129 129 145 M=3 LP=2 G=3,1,1,1

145 145 161 M=3 LP=2 G=3,1,1,1

93 93 109 M=3 LP=2 G=3,1,1,1

109 109 125 M=3 LP=2 G=3,1,1,1

125 125 141 M=3 LP=2 G=3,1,1,1

141 141 157 M=3 LP=2 G=3,1,1,1

157 157 173 M=3 LP=2 G=3,1,1,1

85 85 101 M=3 LP=2 G=1,4,4,4

101 101 117 M=3 LP=2 G=1,4,4,4

117 117 133 M=3 LP=2 G=1,4,4,4

133 133 149 M=3 LP=2 G=1,4,4,4

149 149 165 M=3 LP=2 G=1,4,4,4  
88 88 104 M=3 LP=2 G=1,4,4,4  
104 104 120 M=3 LP=2 G=1,4,4,4  
120 120 136 M=3 LP=2 G=1,4,4,4  
136 136 152 M=3 LP=2 G=1,4,4,4  
152 152 168 M=3 LP=2 G=1,4,4,4

C KOLOM ATG

86 86 102 M=4 LP=2 G=1,4,4,4  
102 102 118 M=4 LP=2 G=1,4,4,4  
118 118 134 M=4 LP=2 G=1,4,4,4  
134 134 150 M=4 LP=2 G=1,4,4,4  
150 150 166 M=4 LP=2 G=1,4,4,4  
87 87 103 M=4 LP=2 G=1,4,4,4  
103 103 119 M=4 LP=2 G=1,4,4,4  
119 119 135 M=4 LP=2 G=1,4,4,4  
135 135 151 M=4 LP=2 G=1,4,4,4  
151 151 167 M=4 LP=2 G=1,4,4,4

C BALOK ARAH XBPI

161 17 18 M=7 LP=-2 G=1,9,12,12 NSL=5,21  
162 18 19 M=7 LP=-2 G=1,9,12,12 NSL=11,25  
163 19 20 M=7 LP=-2 G=1,9,12,12 NSL=5,21  
173 33 34 M=7 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=3,21  
174 34 35 M=7 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=9,25  
175 35 36 M=7 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=3,21  
182 45 46 M=7 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=3,21  
183 46 47 M=7 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=9,25  
184 47 48 M=7 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=3,21

C BALOK XBTG

164 21 22 M=8 LP=-2 G=1,3,4,4 NSL=6,22  
165 22 23 M=8 LP=-2 G=1,3,4,4 NSL=12,26  
166 23 24 M=8 LP=-2 G=1,3,4,4 NSL=6,22  
176 37 38 M=8 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=4,22  
177 38 39 M=8 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=10,26  
178 39 40 M=8 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=4,22  
179 41 42 M=8 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=4,22  
180 42 43 M=8 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=10,26  
181 43 44 M=6 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=4,22

C BALOK XAPI

221 97 98 M=11 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=3,21  
269 161 162 M=11 LP=-2 NSL=1,19  
222 98 99 M=11 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=9,25  
270 162 163 M=11 LP=-2 NSL=7,23  
223 99 100 M=11 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=3,21  
271 163 164 M=11 LP=-2 NSL=1,19  
230 109 110 M=11 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=3,21  
278 173 174 M=11 LP=-2 NSL=1,19  
231 110 111 M=11 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=9,25  
279 174 175 M=11 LP=-2 NSL=7,23  
232 111 112 M=11 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=3,21  
280 175 176 M=11 LP=-2 NSL=1,19



C BALOK XATG

224 101 102 M=12 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=4,22  
272 165 166 M=12 LP=-2 NSL=2,20  
225 102 103 M=12 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=10,26  
273 166 167 M=12 LP=-2 NSL=8,24  
226 103 104 M=12 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=4,22  
274 167 168 M=12 LP=-2 NSL=2,20  
227 105 106 M=12 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=4,22  
275 169 170 M=12 LP=-2 NSL=2,20  
228 106 107 M=12 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=10,26  
276 170 171 M=12 LP=-2 NSL=8,24  
229 107 108 M=12 LP=-2 G=3,12,16,16 NSL=4,22  
277 171 172 M=12 LP=-2 NSL=2,20

C BALOK ARAH YBPI

281 17 21 M=5 LP=3 G=1,3,3,3 NSL=17,29  
285 21 25 M=5 LP=3 G=1,3,3,3 NSL=17,29  
289 25 29 M=5 LP=3 G=1,3,3,3 NSL=17,29  
293 33 37 M=5 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=15,29  
297 37 41 M=5 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=15,29  
301 41 45 M=5 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=15,29  
296 36 40 M=5 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=15,29  
300 40 44 M=5 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=15,29  
304 44 48 M=5 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=15,29

C BALOK YBTG

282 18 22 M=6 LP=3 G=1,1,1,1 NSL=18,30  
294 34 38 M=6 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=16,30  
295 35 39 M=6 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=16,30  
286 22 26 M=6 LP=3 G=1,1,1,1 NSL=18,30  
298 38 42 M=6 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=16,30  
299 39 43 M=6 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=16,30  
290 26 30 M=6 LP=3 G=1,1,1,1 NSL=18,30  
302 42 46 M=6 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=16,30  
303 43 47 M=6 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=16,30

C BALOK YAPI

341 97 101 M=9 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=15,29  
389 161 165 M=9 LP=3 NSL=13,27  
345 101 105 M=9 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=15,29  
393 165 169 M=9 LP=3 NSL=13,27  
349 105 109 M=9 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=15,29  
397 169 173 M=9 LP=3 NSL=13,27  
344 100 104 M=9 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=15,29  
392 164 168 M=9 LP=3 NSL=13,27  
348 104 108 M=9 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=15,29  
396 168 172 M=9 LP=3 NSL=13,27  
352 108 112 M=9 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=15,29  
400 172 176 M=9 LP=3 NSL=13,27

C BALOK YATG

342 98 102 M=10 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=16,30  
390 162 166 M=10 LP=3 NSL=14,28  
343 99 103 M=10 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=16,30

391 163 167 M=10 LP=3 NSL=14,28  
346 102 106 M=10 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=16,30  
394 166 170 M=10 LP=3 NSL=14,28  
347 103 107 M=10 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=16,30  
395 167 171 M=10 LP=3 NSL=14,28  
350 106 110 M=10 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=16,30  
398 170 174 M=10 LP=3 NSL=14,28  
351 107 111 M=10 LP=3 G=3,12,16,16 NSL=16,30  
399 171 175 M=10 LP=3 NSL=14,28

LOADS

161 173 4 L=3 F=22.13117,0,0  
145 157 4 L=3 F=29.98021,0,0  
129 141 4 L=3 F=26.70112,0,0  
113 125 4 L=3 F=23.42204,0,0  
97 109 4 L=3 F=20.14295,0,0  
81 93 4 L=3 F=16.86387,0,0  
65 75 4 L=3 F=13.58478,0,0  
49 61 4 L=3 F=10.3057,0,0  
33 45 4 L=3 F=7.026611,0,0  
17 29 4 L=3 F=3.864985,0,0  
164 176 4 L=5 F=-22.13117,0,0  
148 160 4 L=5 F=-29.98021,0,0  
132 144 4 L=5 F=-26.70112,0,0  
116 128 4 L=5 F=-23.42204,0,0  
100 112 4 L=5 F=-20.14295,0,0  
84 96 4 L=5 F=-16.86387,0,0  
68 78 4 L=5 F=-13.58478,0,0  
52 64 4 L=5 F=-10.3057,0,0  
36 48 4 L=5 F=-7.026611,0,0  
20 32 4 L=5 F=-3.864985,0,0  
161 164 1 L=4 F=0,22.13117,0  
145 148 1 L=4 F=0,29.98021,0  
129 132 1 L=4 F=0,26.70112,0  
113 116 1 L=4 F=0,23.42204,0  
97 100 1 L=4 F=0,20.14295,0  
81 84 1 L=4 F=0,16.86387,0  
65 68 1 L=4 F=0,13.58478,0  
49 52 1 L=4 F=0,10.3057,0  
33 36 1 L=4 F=0,7.026611,0  
17 20 1 L=4 F=0,3.864985,0  
173 176 1 L=6 F=0,-22.13117,0  
157 160 1 L=6 F=0,-29.98021,0  
141 144 1 L=6 F=0,-26.70112,0  
125 128 1 L=6 F=0,-23.42204,0  
109 112 1 L=6 F=0,-20.14295,0  
93 96 1 L=6 F=0,-16.86387,0  
77 80 1 L=6 F=0,-13.58478,0  
61 64 1 L=6 F=0,-10.3057,0  
45 48 1 L=6 F=0,-7.026611,0  
29 32 1 L=6 F=0,-3.864985,0

COMBO

1 C=1,1

2 C=1,1,1,0,0,0

3 C=1,1,0,1,0,0

4 C=1,1,0,0,1,0

5 C=1,1,0,0,0,1

PERENCANAAN PROFIL TYPE I TANPA BRACING (KN,M)

CONTROL

IT=1 IU=S

SECTIONS

C KBPI

1 MN=S SH=I T=.399288,.401320,.039624,.024892,.401320,.039624 E=2.1E8 FY=2.5E5

C KBTG

2 MN=S SH=I T=.434848,.412242,.057404,.035814,.412242,.057404 E=2.1E8 FY=2.5E5

C KAPI

3 MN=S SH=I T=.372364,.374015,.026162,.016383,.374015,.026162 E=2.1E8 FY=2.5E5

C KATG

4 MN=S SH=I T=.380492,.395351,.030226,.018923,.395351,.030226 E=2.1E8 FY=2.5E5

C BYBPI

5 MN=S SH=I T=.352806,.253873,.016383,.009525,.253873,.016383 E=2.1E8 FY=2.5E5

C BYBTG

6 MN=S SH=I T=.356108,.368808,.018034,.011176,.368808,.018034 E=2.1E8 FY=2.5E5

C BXBPI

7 MN=S SH=I T=.346964,.203073,.013462,.007747,.203073,.013462 E=2.1E8 FY=2.5E5

C BXBTG

8 MN=S SH=I T=.353568,.204724,.016764,.009398,.204724,.016764 E=2.1E8 FY=2.5E5

C BYAPI

9 MN=S SH=I T=.352806,.253873,.016383,.009525,.253873,.016383 E=2.1E8 FY=2.5E5

C BYATG

10 MN=S SH=I T=.359918,.255778,.019939,.011430,.255778,.019939 E=2.1E 8 FY=2.5E5

C BXAPI

11 MN=S SH=I T=.346964,.203073,.013462,.007747,.203073,.013462 E=2.1E 8 FY=2.5E5

C BXATG

12 MN=S SH=I T=.346964,.203073,.013462,.007747,.203073,.013462 E=2.1E 8 FY=2.5E5

FRAME

1 400 1 T=1

## LAMPIRAN IV

R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT ID	LOAD COMB	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE	1-3 PLANE		AX T
			SHEAR	MOMENT		SHEAR	MOMENT	
18 -----								
1	0.000				-1851.582			0.0
	0.000		0.944	-1.367		52.376	-96.497	
	3.500		0.944	1.936		52.376	86.820	
	3.500				-1851.582			0.0
2	0.000				-1849.766			0.0
	0.000		-44.847	103.948		52.371	-96.488	
	3.500		-44.847	-53.015		52.371	86.809	
	3.500				-1849.766			0.0
3	0.000				-1675.151			0.0
	0.000		0.865	-1.242		17.593	-31.769	
	3.500		0.865	1.784		17.593	29.806	
	3.500				-1675.151			0.0

=Help

Line:496 Col:52

4	0.000				-1853.398			0.0
	0.000		46.734	-106.682		52.382	-96.506	
	3.500		46.734	56.887		52.382	86.831	
	3.500				-1853.398			0.0
5	0.000				-1891.760			0.0
	0.000		1.023	-1.492		87.160	-161.226	
	3.500		1.023	2.088		87.160	143.834	
	3.500				-1891.760			0.0
19 -----								
1	0.000				-1851.582			0.0
	0.000		-0.944	1.367		52.376	-96.497	
	3.500		-0.944	-1.936		52.376	86.820	
	3.500				-1851.582			0.0
2	0.000				-1853.398			0.0
	0.000		-46.734	106.682		52.382	-96.506	
	3.500		-46.734	-56.887		52.382	86.831	
	3.500				-1853.398			0.0

:Help

Line:538 Col:52

LT	LOAD	DIST	1-2 PLANE		AXIAL	1-3 PLANE		AXIA
ID	COMB	ENDI	SHEAR	MOMENT	FORCE	SHEAR	MOMENT	TOR
.61								
1		0.000			0.000			-0.00
		0.000	46.653	-39.311		0.000	0.000	
		2.532	0.000	19.761		0.000	0.000	
		5.000	-45.460	-36.328		0.000	0.000	
		5.000			0.000			-0.00
2		0.000			0.000			-0.00
		0.000	24.440	16.965		0.000	0.000	
		1.327	0.000	33.177		0.000	0.000	
		5.000	-67.672	-91.116		0.000	0.000	
		5.000			0.000			-0.00
3		0.000			0.000			-0.00
		0.000	46.573	-39.111		0.000	0.000	
		2.528	0.000	19.758		0.000	0.000	
		5.000	-45.539	-36.527		0.000	0.000	
		5.000			0.000			-0.00

Help

Line:4720 Col:1

4		0.000			0.000			-0.00
		0.000	68.866	-110.587		0.000	0.000	
		3.738	0.000	33.128		0.000	0.000	
		5.000	-23.247	18.460		0.000	0.000	
		5.000			0.000			-0.00
5		0.000			0.000			-0.00
		0.000	46.733	-39.510		0.000	0.000	
		2.537	0.000	19.764		0.000	0.000	
		5.000	-45.380	-36.128		0.000	0.000	
		5.000			0.000			-0.00
162								
1		0.000			0.000			0.00
		0.000	46.056	-38.334		0.000	0.000	
		2.500	0.000	19.237		0.000	0.000	
		5.000	-46.056	-38.334		0.000	0.000	
		5.000			0.000			0.0
2		0.000			0.000			0.0
		0.000	24.351	15.930		0.000	0.000	

=Help

Line:4722 Col:45

R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE	1-3 PLANE		AXI TC
		SHEAR	MOMENT		SHEAR	MOMENT	
441 -----							
1	0.000			-39.362			-0.0
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	6.021	0.000	0.000		0.000	0.000	
	6.021			-39.362			-0.0
2	0.000			96.307			-0.0
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	6.021	0.000	0.000		0.000	0.000	
	6.021			96.307			-0.0
3	0.000			-29.216			-0.0
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	6.021	0.000	0.000		0.000	0.000	
	6.021			-29.216			-0.0

=Help

Line:14299 Col:1

4	0.000			-181.980			-0.0
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	6.021	0.000	0.000		0.000	0.000	
	6.021			-181.980			-0.0
5	0.000			-49.508			0.0
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	6.021	0.000	0.000		0.000	0.000	
	6.021			-49.508			0.0

442 -----							
1	0.000			0.105			0.0
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	5.701	0.000	0.000		0.000	0.000	
	5.701			0.105			0.0
2	0.000			165.324			0.0
	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	
	5.701	0.000	0.000		0.000	0.000	
	5.701			165.324			0.0

=Help

Line:14335 Col:51



SC SPECIFICATIONS, ASD 1989  
 UNIAxIAL LOAD & BIAXIAL MOMENT INTERACTION STRESS CHECK

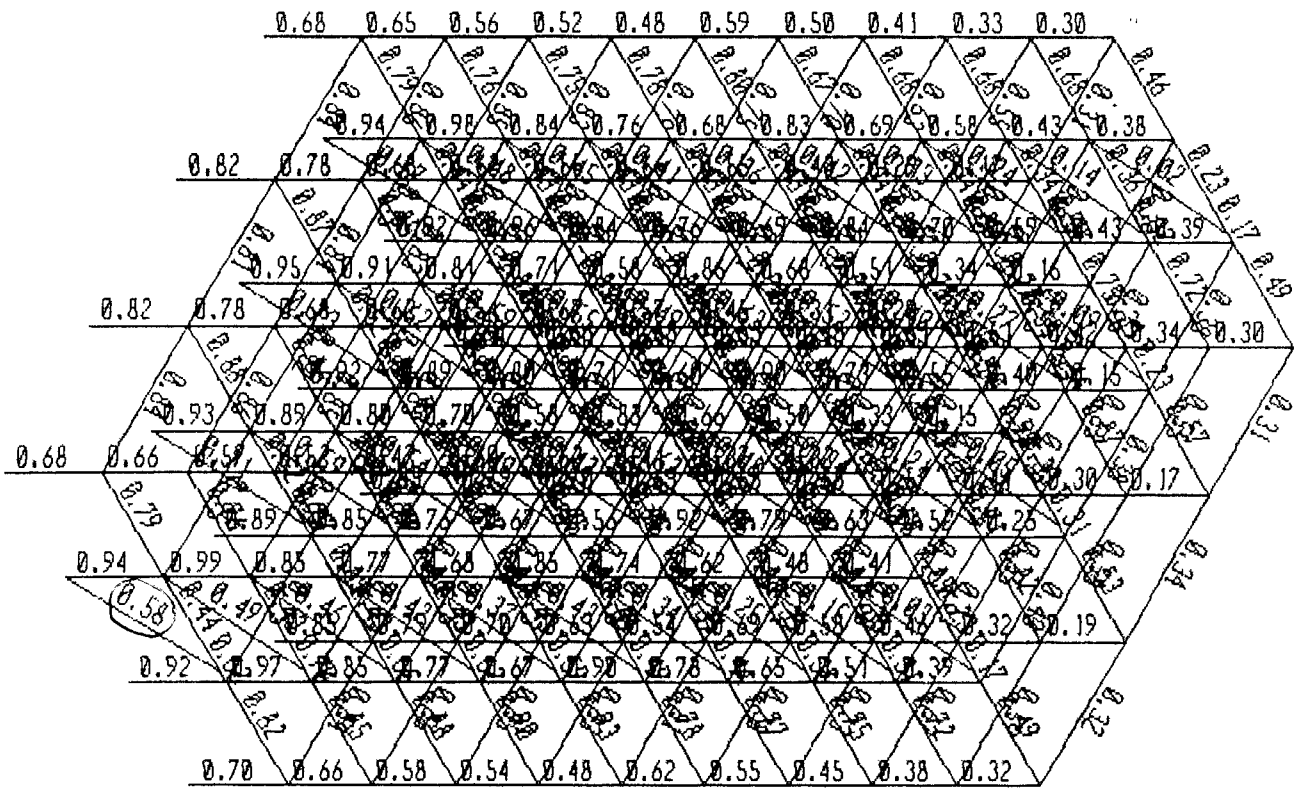
MEM ID	SECTION TYPE	CHK TYPE	STRESS = AXL + B33 + B22 RATIO				STATION LOCATION {m}	COMBO NO	AISC EQUATION	SECTION TYPE
17	I									
		(C)	0.593	0.292	0.022	0.279	0.00	5	(H1-1)	COMPACT
18	I									
		(C)	0.864	0.455	0.002	0.407	0.00	5	(H1-1)	COMPACT
19	I									
		(C)	0.864	0.432	0.001	0.431	0.00	5	(H1-1)	COMPACT
161	I									
		(T)	0.734	0.000	0.734	0.000	0.00	4	(BENDING)	COMPACT
162	I									
		(T)	0.711	0.000	0.711	0.000	0.00	4	(BENDING)	COMPACT
163	I									
		(T)	0.734	0.000	0.734	0.000	5.00	2	(BENDING)	COMPACT
164	I									
		(T)	0.682	0.000	0.682	0.000	5.00	2	(BENDING)	COMPACT

Help | Line:1132 Col:35

SC SPECIFICATIONS, ASD 1989  
 UNIAxIAL LOAD & BIAXIAL MOMENT INTERACTION STRESS CHECK

MEM ID	SECTION TYPE	CHK TYPE	STRESS = AXL + B33 + B22 RATIO				STATION LOCATION {m}	COMBO NO	AISC EQUATION	SECTION TYPE
441	I									
		(C)	0.576	0.576	0.000	0.000	6.02	4	(H1-1)	COMPACT
		(T)	0.097	0.097	0.000	0.000	6.02	2	(H2-1)	
442	I									
		(C)	0.487	0.487	0.000	0.000	5.70	4	(H1-1)	COMPACT
		(T)	0.166	0.166	0.000	0.000	5.70	2	(H2-1)	
443	I									
		(C)	0.456	0.456	0.000	0.000	5.70	4	(H1-1)	COMPACT
		(T)	0.148	0.148	0.000	0.000	5.70	2	(H2-1)	
444	I									
		(C)	0.418	0.418	0.000	0.000	5.70	4	(H1-1)	COMPACT
		(T)	0.132	0.132	0.000	0.000	5.70	2	(H2-1)	
445	I									
		(C)	0.368	0.368	0.000	0.000	5.70	4	(H1-1)	COMPACT

Help | Line:2343 Col:1

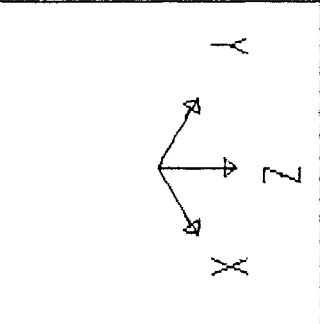


**SAP90**

**LEGEND**

OVER  
 1.0  
 0.9  
 0.7  
 0.5  
 0.0  
 OTHER

type 1c  
 SAPSIL  
 RATIOS





## **LAMPIRAN V**

### Contoh Perhitungan Elemen-elemen Struktur Portal

\*\*\*\*\*

A. Kolom elemen 18 (tipe 13)

$$M_1 = 143,834 \text{ KNm} = 1272,87 \text{ Kip in}$$

$$M_2 = -161,226 \text{ KNm} = -1426,78 \text{ Kip in}$$

$$M_x = 2,008 \text{ KNm} = 18,48 \text{ Kip in}$$

$$P = -1891,76 \text{ KN} = -425,306 \text{ Kips}$$

$$L = 3,5 \text{ m} = 137,795 \text{ in}$$

$$\text{Modulus elastis baja (E_s)} = 2,1 \cdot 10^8 \text{ KN/m}^2 = 29000 \text{ Ksi}$$

$$\text{Tegangan leleh baja (F_y)} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ KN/m}^2 = 36 \text{ Ksi}$$

Profil kolom yang digunakan W14x211

$$\text{Data profil : } A = 62 \text{ in}^2 \quad r_x = 6,55 \text{ in}$$

$$S_x = 338 \text{ in}^3 \quad r_y = 4,07 \text{ in}$$

$$b_f = 15,8 \text{ in} \quad r_t = 4,37 \text{ in}$$

$$t_f = 1,56 \text{ in} \quad d/A_f = 0,64$$

$$b_f/2t_f = 5,1 \quad d/t_w = 16$$

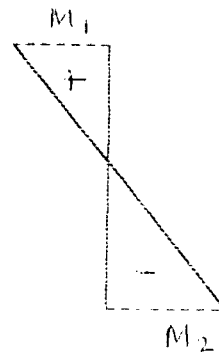
$$L = 3,5 \text{ m} = 137,795 \text{ in}$$

$$L_{c1} = \frac{76 \cdot b_f}{\sqrt{F_y}} = \frac{76 \cdot 15,8}{\sqrt{36}} = 200,1333 \text{ in}$$

$$L_{c2} = \frac{20000}{\frac{d}{A_f} \cdot F_y} = \frac{20000}{0,64 \cdot 36} = 868,0555 \text{ in}$$

Lc diambil 200,1333 in

$$L_b > L_c$$



Cek batang kompak.

$$bf/2tf = 5,1 < \frac{65}{\sqrt{F_y}} = \frac{65}{\sqrt{36}} = 10,82 \text{ in}$$

$$d/tw = 16 < \frac{640}{\sqrt{F_y}} = \frac{640}{\sqrt{36}} = 106,667 \text{ in}$$

$$F_{bc} = 0,66 \cdot F_y = 0,66 \cdot 36 = 23,76 \text{ Ksi}$$

$$f_{bc} = \frac{M}{S_x} = \frac{18,48}{338} = 0,0546 \text{ Ksi}$$

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{425,306}{62} = 6,859 \text{ Ksi}$$

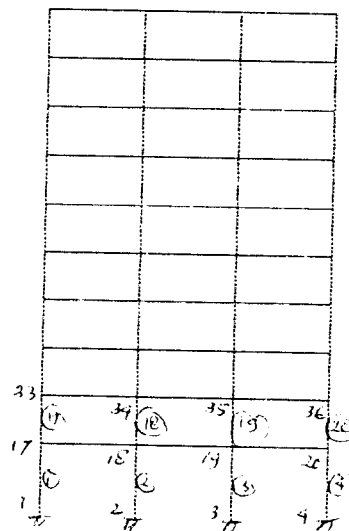
Mencari nilai k,

Batang	Ukuran	I	L	I/L
2	W14x211	2660	157,48	16,891
18	W14x211	2660	137,795	19,304
34	W14x211	2660	137,795	19,304
161	W14x43	428	196,85	2,174
162	W14x43	428	196,85	2,174

Untuk portal bergoyang faktor pengali  $I_y/L_b = 0,67$  (kondisi ujung seberang jepit)

Joint	$(\sum I_y/I_b) / (\sum I_y/I_b)$	G
2	Jepit	1
18	$\frac{16,891 + 19,304}{0,67 \cdot (2,174 + 2,174)}$	12,425
34	$\frac{19,304 + 19,304}{0,67 \cdot (2,174 + 2,174)}$	13,253

Kolom	Ga	Gb	k
2	1	12,425	1,9
18	12,425	13,253	3,3



$$\frac{kl}{r_y} = \frac{3,3 \cdot 137,795}{4,07} = 111,73$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E I_s}{I_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot 29000}{36}} = 126,1 \text{ Ksi}$$

$$\frac{kl}{r_y} < Cc \text{ (in elastic)}$$

$$F_a = \frac{\left[ \frac{1 - 0,5 \left( \frac{kl}{r} \right)^2}{2Cc^2} \right]}{\frac{5}{3} + \frac{3 \left( \frac{kl}{r} \right) - 1 \left( \frac{kl}{r} \right)^3}{8 Cc^3}} \cdot F_y$$

$$= \frac{\left[ \frac{1 - 0,5 \left( 111,73 \right)^2}{2 \cdot 126,1^2} \right]}{\frac{5}{3} + \frac{3 \left( 111,73 \right) - 1 \left( 111,73 \right)^3}{8 \cdot 126,1^3}} \cdot 36 = 15,1324 \text{ Ksi}$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{6,859}{15,1324} = 0,453 > 0,15$$

Cek persamaan interaksi

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{\left[ 1 - \frac{f_a}{F_{cx}} \right] F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{\left[ 1 - \frac{f_a}{F_{cy}} \right] F_{by}} \leq 1$$

$$f_{by} = \frac{M}{S_y} = \frac{1426,786}{130} = 10,975 \text{ Ksi} \quad F_{by} = 0,75 F_y = 0,75 \cdot 36 = 27 \text{ Ksi}$$

$$F_{cx} = 445 \text{ Kips}$$

$$F_{cy} = 172 \text{ Kips}$$

$$\frac{6,859}{15,1324} + \frac{0,85 \cdot 0,0546}{\left[1 - \frac{6,859}{445}\right] \cdot 23,76} + \frac{0,85 \cdot 10,975}{\left[1 - \frac{6,859}{172}\right] \cdot 27} = 0,862 \leq 1 \dots\dots\dots \text{OK}$$



B. Balok elemen 161 (tipe13)

$$M1 = 18,46 \text{ KNm} = 163,393 \text{ Kip in}$$

$$M2 = -110,587 \text{ KNm} = -978,827 \text{ Kip in}$$

$$P = 0$$

$$\text{Panjang bentang (L)} = 5 \text{ m} = 196,85 \text{ in}$$

$$\text{Modulus elastis baja (Es)} = 2,1 \cdot 10^8 \text{ KN/m}^2 = 29000 \text{ Ksi}$$

$$\text{Tegangan leleh baja (Fy)} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ KN/m}^2 = 36 \text{ Ksi}$$

Profil balok yang digunakan W14x43

$$\text{Data profil : } A = 12,6 \text{ in}^2 \quad r_x = 5,82 \text{ in}$$

$$S_x = 62,7 \text{ in}^3 \quad r_y = 1,89 \text{ in}$$

$$b_f = 7,995 \text{ in} \quad r_t = 2,12 \text{ in}$$

$$t_f = 0,53 \text{ in} \quad d/A_f = 3,22$$

$$b_f/2t_f = 7,5 \quad d/t_w = 44,8$$

$$L = 5 \text{ m} = 196,85 \text{ in}$$

$$L_{c1} = \frac{76 \cdot b_f}{\sqrt{F_y}} = \frac{76 \cdot 7,995}{\sqrt{36}} = 101,27 \text{ m}$$

$$L_{c2} = \frac{20000}{\frac{d}{A_f} \cdot F_y} = \frac{20000}{3,22 \cdot 36} = 172,532 \text{ m}$$

Lc diambil 101,27 in

$$L_c < L_b$$

Cek batang kompak.

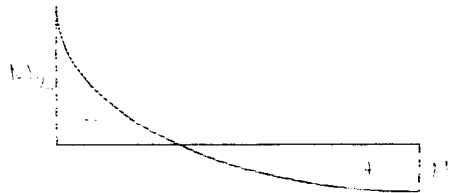
$$b_f/2t_f = 7,5 < \frac{65}{\sqrt{F_y}} = \frac{65}{\sqrt{36}} = 10,82 \text{ m}$$

$$d/tw = 44,8 < \frac{640}{\sqrt{F_y}} = \frac{640}{\sqrt{36}} = 106,667 \text{ in}$$

$$L_{u1} = \frac{20000 \cdot C_b}{A_f \cdot F_y}$$

$$L_{u2} = r_t \sqrt{\frac{102000 \cdot C_b}{F_y}}$$

$M_1 =$  positif, karena kurva momen berupa kurva ganda  
 $M_2 =$



$$C_b = 1,75 + 1,05 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \left( \frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3$$

$$= 1,75 + 1,05 \cdot \left( \frac{163,393}{978,827} \right) + 0,3 \cdot \left( \frac{163,393}{978,827} \right)^2 = 1,934$$

$$L_{u1} = \frac{20000 \cdot 1,934}{3,22 \cdot 36} = 333,68 \text{ m}$$

$$L_{u2} = 2,12 \cdot \sqrt{\frac{102000 \cdot 1,934}{36}} = 156,933 \text{ m}$$

$$L_w = L_y = L_u \longrightarrow 101,27 < 196,85 < 333,68$$

$$F_{bc} = 0,6 F_y = 0,6 \cdot 36 = 21,6 \text{ Ksi}$$

$$f_{bc} = \frac{M}{S_x} = \frac{845,903}{62,7} = 13,4913 \text{ Ksi}$$

$$f_a = \frac{P}{A} = 0$$

=0,

Ujung balok diasumsikan sendi – sendi  $K=1$

$$\frac{kI}{r_y} = \frac{1.196,85}{1,89} = 104,1534$$

$$C_e = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E_s}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 29000}{36}} = 126,1$$

$$\frac{kI}{r_y} < C_e \text{ (in elastic)}$$

$$F_u = \frac{\left[ 1 - 0,5 \frac{(kI/r)^2}{2C_e^2} \right]}{\frac{5}{3} + \frac{3(kI/r)}{8C_e} - \frac{1(kI/r)^3}{8C_e^3}} \cdot F_y$$

$$\frac{\left[ 1 - 0,5 \frac{(104,1534)^2}{2 \cdot 126,1^2} \right]}{\frac{5}{3} + \frac{3(104,1534)}{8 \cdot 126,1} - \frac{1(104,1534)^3}{8 \cdot 126,1^3}} \cdot 36 = 23,21 \text{ Ksi}$$

$$\frac{f_u}{F_u} = \frac{0}{23,21} = 0 < 0,15$$

Cek persamaan interaksi

$$\frac{f_u}{F_u} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} \leq 1$$

$$0 + \frac{15,611}{21,6} \leq 1$$

$$0,723 \leq 1 \text{ .....OK}$$

C. Pengaku elemen 441 (tipe 11)

$$P = -181,98 \text{ KN} = -40,913 \text{ Kips}$$

$$L = -5,701 \text{ m} = 224,4488 \text{ in}$$

$$\text{Modulus elastis baja } (E_s) = 2,1 \cdot 10^8 \text{ KN/m}^2 = 29000 \text{ Ksi}$$

$$\text{Tegangan leleh baja } (F_y) = 2,5 \cdot 10^5 \text{ KN/m}^2 = 36 \text{ Ksi}$$

Profil pengaku yang digunakan W12x35

$$\text{Data profil : } A = 10,3 \text{ in}^2 \quad r_x = 5,25 \text{ in}$$

$$S_x = 45,6 \text{ in}^3 \quad r_y = 1,54 \text{ in}$$

$$b_f = 6,56 \text{ in} \quad t_f = 1,74 \text{ in}$$

$$t_f = 0,52 \text{ in} \quad d/A_f = 3,66$$

$$b_f/2t_f = 6,3 \quad d/t_w = 41,7$$

Ujung pengaku diasumsikan sendi – sendi  $K = 1$

$$\frac{kL}{r_y} = \frac{1 \cdot 224,4488}{1,54} = 145,745$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E_s}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot 29000}{36}} = 126,1 \text{ Ksi}$$

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

$$F'_a = \frac{12\pi^2 E_s}{23 \cdot (kL/r)^2} = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot 29000}{23 \cdot (145,745)^2} = 7,023$$

$$\frac{f_a}{F'_a} \leq 1 \quad \longrightarrow \quad f_a = \frac{P}{A} = \frac{40,913}{10,3}$$

$$= 3,972$$

$$\frac{3,972}{7,023} = 0,566 < 1 \quad \text{OK}$$