

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI LITERATUR**  
**EFEKTIFITAS PENGAKU (“BRACING”) PADA**  
**STRUKTUR BAJA GEDUNG BERTINGKAT**  
**BANYAK**



Oleh :

**DWI SATIO PERMONO**  
No. Mhs : 89 310 123  
Nirm : 89005103114120117

**JULIA KRISNA**  
No. Mhs : 90 310 153  
Nirm : 90005103114120153

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL dan PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**1997**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**STUDI LITERATUR  
EFEKTIFITAS PENGAKU (“BRACING”) PADA  
STRUKTUR BAJA GEDUNG BERTINGKAT  
BANYAK**

**Disusun Oleh :**


**DWI SATIO PERMONO  
No. Mhs : 89 310 123  
Nirm : 89005103114120117**

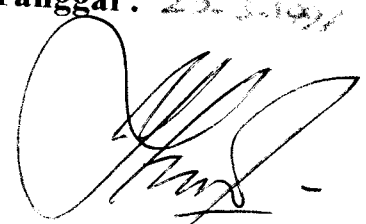
**JULIA KRISNA  
No. Mhs : 90 310 153  
Nirm : 90005103114120153**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**IR. MOCH. TEGUH, MSCE  
Dosen Pembimbing I**

**IR. ILMAN NOOR, MSCE  
Dosen Pembimbing II**

  
**Tanggal : 22-3-1997**

  
**Tanggal : 22-3-1997**

**Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk :**

**Ibunda tercinta, Om dan Tante Pramono,**

**serta kakak dan adik-adikku**

**Almarhum Ayahanda tercinta, telah**

**kupenuhi janjiku padamu .....**

## PRAKATA

Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan judul Efektifitas Pengaku ("Bracing") pada Struktur Baja Gedung Bertingkat Banyak.

Tugas akhir ini diajukan guna melengkapi persyaratan dalam memperoleh derajat kesarjanaan pada jurusan teknik sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini, mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
3. Bapak Ir. Moch. Teguh MSCE, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir,
4. Bapak Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir,
5. seluruh staf pengajar dan teman-teman mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
6. semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu segala saran dan kritik yang membangun guna kesempurnaan Tugas Akhir ini, akan diterima dengan hati terbuka. Semoga penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Sipil dan pembaca pada umumnya. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, Maret 1997

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	iii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR NOTASI .....	xiv
ABSTRAK .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	4
1.3 Manfaat penelitian .....	5
1.4 Tujuan dan Batasan .....	6
1.5 Metode Penelitian .....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Umum .....	9
2.2 Macam-macam Sistem portal pengaku .....	10
2.2.1 Portal Dengan Sistem Pengaku Penahan Momen .....	10
2.2.2 Portal Dengan Sistem Pengaku Konsentrik.....	11

2.2.3 Portal Dengan Sistem Pengaku Eksentrik .....	12
2.3 Simpangan .....	13
2.4 Beban Lateral .....	15
2.4.1 Beban Angin .....	15
2.4.2 Beban Gempa .....	16
2.5 Program Komputer .....	17
2.6 Pendimensionian Profil Baja .....	18
2.6.1 Rumus Untuk Mendimensi Balok .....	18
2.6.2 Rumus Untuk Mendimensi Kolom .....	20
<b>BAB III ANALISA STRUKTUR PORTAL 3 DIMENSI.....</b>	<b>23</b>
3.2 Model Stuktur Portal Baja .....	23
3.2.1 Model Struktur Portal Baja Penahan Momen .....	24
3.2.2 Model Struktur Portal Baja Rangka Diperkaku Konsentrik .....	24
3.2.3 Model Stuktur Portal Baja Rangka Diperkaku Eksentrik .....	26
3.3 Beban Angin .....	28
3.4 Beban Gempa .....	28
3.5 Pembebanan Konstruksi .....	30
3.5.1 Beban Mati .....	30
3.5.2 Beban Hidup .....	30
3.5.3 Beban Mati Atap .....	30
3.6 Data Struktur .....	30
3.7 Pendimensionian Profil .....	31

3.7.1 Mendimensi Balok .....	31
3.7.2 Mendimensi Kolom .....	33
BAB VI PEMBAHASAN .....	42
4.1 Simpangan Puncak .....	42
4.1.1 Bangunan Dengan Beban Angin .....	42
4.1.2 Bangunan Dengan Beban Gempa .....	44
4.2 Gaya Geser .....	47
4.3 Momen Dasar .....	48
4.4 Puntir .....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1 Kesimpulan .....	61
5.2 Saran-saran .....	61
DAFTAR PUSTAKA .....	63



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Hasil-hasil simulasi model gedung 15 lantai akibat beban angin .....	35
Tabel 3.2 Hasil-hasil simulasi model gedung 25 lantai akibat beban angin .....	35
Tabel 3.3 Hasil-hasil simulasi model gedung 15 lantai akibat beban gempa .....	36
Tabel 3.4 Hasil-hasil simulasi model gedung 25 lantai akibat beban gempa .....	37
Tabel 3.5 Simpangan maksimum arah Y gedung 15 lantai akibat beban angin .....	38
Tabel 3.6 Simpangan maksimum arah Y gedung 25 lantai akibat beban angin .....	38
Tabel 3.7 Simpangan maksimum arah X gedung 15 lantai akibat beban gempa .....	38
Tabel 3.8 Simpangan maksimum arah Y gedung 15 lantai akibat beban gempa .....	38
Tabel 3.9 Simpangan maksimum arah X gedung 25 lantai akibat beban gempa .....	39
Tabel 3.10 Simpangan maksimum arah Y gedung 25 lantai akibat beban gempa .....	39
Tabel 3.11 Gaya geser arah X gedung 15 lantai akibat beban gempa .....	39
Tabel 3.12 Gaya geser arah Y gedung 15 lantai akibat beban gempa .....	39
Tabel 3.13 Gaya geser arah X gedung 15 lantai akibat beban angin .....	40
Tabel 3.14 Gaya geser arah Y gedung 15 lantai akibat beban angin.....	40

Tabel 3.15 Gaya geser arah X gedung 25 lantai akibat beban angin .....	41
Tabel 3.16 Gaya geser arah Y gedung 25 lantai akibat beban angin .....	41

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Portal baja dengan sistem rangka penahan momen .....	11
Gambar 2.2 Portal dengan sistem rangka diperkaku kosentrik dengan berbagai berbagai macam tipe .....	12
Gambar 2.3 Portal dengan sitem rangka diperkaku eksentrik .....	13
Gambar 2.4 Momen lentur sekunder akibat $P\Delta$ pada portal .....	14
Gambar 2.5 Perbandingan antara portal tak bergoyang dan bergoyang .....	15
Gambar 3.1 Portal penahan momen 2 dimensi dan 3 dimensi 15 lantai dan 25 lantai .....	24
Gambar 3.2 Portal diperkaku konsentrik dengan satu batang diagonal 2 dimensi dan 3 dimensi 15 lantai dan 25 lantai .....	25
Gambar 3.3 Portal diperkaku konsentrik dengan dua batang diagonal 2 dimensi dan 3 dimensi 15 lantai dan 25 lantai .....	26
Gambar 3.4 Portal diperkaku eksentrik dengan satu batang diagonal .....	27
Gambar 3.5 Portal diperkaku eksentrik dengan dua batang diagonal .....	27
Gambar 3.6 Grafik gempa El Centro 1940 .....	29
Gambar 3.7 Portal K15SA1 dan K15SA2 dengan beban angin .....	29
Gambar 4.1 Grafik simpangan puncak portal M15G .....	44
Gambar 4.2 Grafik simpangan puncak portal K15SG .....	45
Gambar 4.3 Grafik simpangan puncak portal K15DG .....	45
Gambar 4.4 Grafik simpangan puncak portal E15SG .....	46

Gambar 4.5 Batang diagonal mengalami tekan .....	48
Gambar 4.6 Batang diagonal mengalami tarik .....	48
Gambar 4.7 Grafik simpangan maksimum arah Y gedung 15 lantai akibat beban angin .....	49
Gambar 4.8 Grafik simpangan maksimum arah Y gedung 25 lantai akibat beban angin .....	50
Gambar 4.9 Grafik simpangan maksimum arah X gedung 15 lantai akibat beban gempa .....	51
Gambar 4.10 Grafik simpangan maksimum arah Y gedung 15 lantai akibat beban gempa .....	52
Gambar 4.11 Grafik simpangan maksimum arah X gedung 25 lantai akibat beban gempa .....	53
Gambar 4.12 Grafik simpangan maksimum arah Y gedung 25 lantai akibat beban gempa .....	54
Gambar 4.13 Grafik gaya geser maksimum arah X gedung 15 lantai akibat beban gempa .....	55
Gambar 4.14 Grafik gaya geser maksimum arah Y gedung 15 lantai akibat beban gempa .....	56
Gambar 4.15 Grafik gaya geser maksimum arah X gedung 15 lantai akibat beban angin .....	57
Gambar 4.16 Grafik gaya geser maksimum arah Y gedung 15 lantai akibat beban angin .....	58

Gambar 4.17 Grafik gaya geser maksimum arah X gedung 25 lantai akibat beban angin .....	59
Gambar 4.18 Grafik gaya geser maksimum arah Y gedung 25 lantai akibat beban angin .....	60

## DAFTAR ISI

$V$  = Gaya geser (kN)

$M$  = Momen (kN-m)

$F_y$  = Tegangan luluh baja (Ksi)

$F_b$  = Tegangan ijin profil (Ksi)

$L$  = Jarak bentang (m)

$L_c$  = Jarak bentang dengan pertambahan lateral (m)

$L_u$  = Jarak bentang tanpa pertambahan lateral (m)

$r_t$  = Jari-jari kelembaman

$C_b$  = Koefisien banding

$b_f$  = Lebar sayap (cm)

$t_f$  = Tebal sayap (cm)

$d$  = Tinggi badan (cm)

$t_w$  = Tebal badan (cm)

$f_a$  = Tegangan yang terjadi (Ksi)

$C_m$  = Faktor reduksi

$G$  = Grafitasi ( $m/dt^2$ )

$K$  = Eksentrik

$D$  = Dua

$S$  = Satu

$A$  = Angin

## **Abstrak**

*Pada penulisan tugas akhir ini membahas suatu bangunan struktur baja bertingkat banyak yang diberi pengaku ("bracing") dan tanpa pengaku jika menerima beban lateral. Jika suatu portal terbuka menerima beban lateral akan mengalami simpangan. Besarnya simpangan tergantung dari besarnya gaya lateral dan kekakuan titik buhulnya. Besarnya simpangan dapat diatasi dengan memperkaku titik buhulnya 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 15 lantai dan 25 lantai. Kemudian masing-masing model divariasikan batang pengakunya. Model struktur baja yang digunakan adalah, struktur rangka penahan momen (struktur tanpa pengaku), struktur rangka diperkaku konsentrik dan struktur rangka diperkaku eksentrik. Model hanya didimensi berdasarkan beban mati dan beban hidup saja, kemudian dibebani beban lateral. Beban lateral yang digunakan adalah beban angin dan beban gempa. Beban gempa yang digunakan adalah beban dinamis El Centro 1940. Perhitungan menggunakan program SAP 90, kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik besar perpindahan puncak, gaya geser dasar, gaya geser tiap lantai dan besar momennya. Dari hasil yang didapat kemudian dibandingkan untuk masing-masing model dan tingkat. Dari analisa yang didapat ternyata struktur yang menggunakan pengaku dapat mengurangi simpangan hingga 90 % dari struktur yang tanpa menggunakan pengaku.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Bencana alam yang sering menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan sulit diperkirakan seberapa besar kekuatan merusaknya dan kapan terjadinya. Macam bencana alam yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan antara lain gempa bumi, tanah longsor, banjir dan angin topan.

Dari beberapa pengalaman yang telah terjadi kerusakan bangunan gedung akibat terlanda gempa, maka para peneliti menganalisis terjadinya mekanisme gaya-gaya di dalam bagian-bagian struktur gedung. Pengetahuan tentang tingkahlaku bagian-bagian struktur ternyata lebih penting dari pada pengetahuan menghitung beban gempa seperti yang dahulu diperkirakan para ahli bangunan (Kardiyono, 1993).

Massa gedung, ukuran maupun bentuknya, secara sendiri-sendiri mempengaruhi sifat beban gempa dan sifat ketahanan konstruksinya. Besarnya massa merupakan suatu besaran yang tergantung pada massa gedung itu sendiri. Oleh karena itu penambahan besar massa akan mempengaruhi atau memperbesar



beban gempa, sehingga penggunaan struktur yang ringan merupakan salah satu penyelesaian yang disarankan pada bangunan yang sering dilanda gempa.

Wilayah Indonesia sebenarnya bukan termasuk wilayah bencana angin topan, tetapi bukan berarti tidak ada sama sekali. Meskipun demikian perlu diambil langkah persiapan untuk menghindari ataupun menanggulangi bencana yang ditimbulkan oleh angin topan. Untuk itu perencanaan struktur bangunan tinggi perlu diperhatikan kekuatannya terhadap kemungkinan terjadinya tambahan beban akibat tiupan angin topan maupun gempa.

Ketinggian dan massa gedung pada saat terjadinya goyangan akibat gempa mengakibatkan kolom mengalami lendutan. Pengaruh lendutan ini menyebabkan terjadinya momen tambahan. Momen tambahan ini berupa simpangan yang terjadi pada struktur menyebabkan timbulnya efek P-delta yang merupakan bahaya ketidakstabilan konstruksi (Kardiyono, 1993).

Pada suatu perencanaan gedung, analisis gempa maupun angin diperhitungkan bahwa beban yang akan datang dapat lebih besar dari pada beban yang telah ditentukan dalam peraturan (sebenarnya gempa dan angin yang melanda struktur tidak dapat dibatasi oleh peraturan). Walaupun demikian, apabila struktur bersifat daktail tidak akan runtuh saat terlanda beban yang lebih besar tersebut. Hal ini karena pada struktur yang daktail apabila kekuatan batas elastisnya telah terlampaui akan terjadi lendutan platis, ini menyebabkan terjadinya penyerapan energi yang cukup besar sehingga struktur terhindar dari keruntuhan total. Pada struktur tahan gempa sifat daktail struktur menduduki tempat yang

penting sekali karena dapat menyerap energi dan menghindari terjadinya keruntuhan struktur bila terjadi gempa besar maupun angin topan (Benny Puspantoro, 1995).

Dari semua permasalahan di atas ternyata struktur baja mempunyai kelebihan untuk mengatasi permasalahan tersebut. 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 memiliki sifat duktail (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 tidak duktail (getas) karena beton mudah retak atau pecah pada deformasi yang kecil saja (Merati, 1990).

Portal struktur baja gedung bertingkat tinggi jika menerima beban lateral, akan mengalami simpangan searah gaya yang terjadi. Besarnya simpangan ini tergantung dari besarnya beban lateral dan kekuatan profil menerima beban tersebut. Apabila simpangan tersebut melebihi batas tegangannya, konstruksi tersebut akan mengalami kegagalan struktur sehingga mempengaruhi keamanan dan keselamatan pemakai gedung.

Pada portal struktur baja untuk mengurangi perpindahan lateral agar memperoleh kestabilan lateral struktur, maka portal dilengkapi dengan pengaku. Pada portal terbuka ("open frame") kekuatan dan kekakuan portal dalam menahan beban lateral serta kestabilannya sangat tergantung pada kemampuan

dari masing-masing elemen. Agar elemen-elemen portal mampu menahan momen akibat beban lateral, maka portal diberi sambungan kaku pada titik buhulnya ("rigid joint"). Struktur yang demikian disebut rangka penahan momen ("moment resisting joint") (Wahyudi.L,1992). Cara lain dapat dilakukan dengan menyisipkan satu atau dua batang tambahan pada diagonal portal. Pada bentuk ini portal dapat menahan beban lateral lebih besar dari pada menggunakan rigid joint karena beban lateral ditahan oleh batang-batang diagonal. Batang-batang diagonal ini dapat berfungsi sebagai batang tarik dan batang tekan tergantung dari pada pembebanannya. Portal ini biasanya disebut dengan "braced frame".

## 1.2 Permasalahan

Seperti penjelasan di atas bangunan struktur baja mempunyai keunggulan dalam hal rasio antara berat sendiri dengan daya dukung beban yang dapat dipikulnya. Hal ini membawa dampak kerugian di aspek lainnya, yaitu struktur menjadi langsing, sehingga menjadi kurang menguntungkan perilaku responnya, ketika menerima beban lateral, yang pada umumnya bekerja pada arah horisontal.

Pada suatu portal baja bertingkat banyak, akan mengalami lendutan akibat menerima beban lateral. Besarnya lendutan tergantung dari beban vertikal dan besar gaya lateral yang terjadi. Hal ini biasa dikenal dengan efek P delta. Akibat efek P delta tersebut portal akan mengalami simpangan ("drift"), yang dapat mengakibatkan kehancuran struktur bila simpangan tersebut melebihi tegangannya. Semakin tinggi suatu portal jika menerima beban lateral akan semakin besar simpangan yang terjadi. Simpangan ini dapat diantisipasi jika portal

tersebut kaku sehingga beban lateral dapat diperkecil. Semakin kaku portal tersebut maka semakin kecil simpangan yang terjadi.

Untuk mengatasi hal tersebut para ahli mengembangkan berbagai sistem untuk memperkaku struktur baik dari arah horisontal maupun arah vertikal. Terdapat banyak macam sistem pengaku portal yang telah dikembangkan untuk keperluan struktur baja gedung bertingkat banyak, sedangkan yang umum digunakan adalah,

1. rangka penahan momen (“moment resisting frame”)
2. rangka diperkaku konsentrik (“concentrically braced frame”)
3. rangka diperkaku eksentrik (“eccentrically braced frame”)

Dari ketiga sistem di atas masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan baik dari segi perilaku struktur maupun arsitekturnya. Adapun hal yang akan dibahas adalah memeriksa sejauh mana keberhasilan struktur tersebut dapat menerima beban lateral.

### 1.3 Manfaat penelitian

Dari ketiga sistem pengaku yang sering digunakan tersebut, diharapkan mendapat suatu struktur baja yang dapat menahan dengan baik beban lateral pada gedung bertingkat banyak, terutama pada daerah yang sering dilanda angin dan gempa. Sehingga struktur yang direncanakan dapat aman dan nyaman bagi pemakai.

#### 1.4. Tujuan dan Batasan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk meneliti efektivitas kemampuan struktur dengan pengaku dan struktur tanpa pengaku menerima beban lateral.

Batasan-batasan yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini mengenai pengaku dengan tinjauan adalah sebagai berikut ini.

1. Meneliti perilaku portal menahan momen, portal konsentrik dan portal eksentrik apabila menerima beban horisontal berupa beban dinamis (gempa) dan angin, yaitu pada defleksi puncak maksimal ("drift") searah beban, gaya geser dasar (V) dan momen dasar (M).
2. Perhitungan baban lateral menggunakan program SAP90 dengan memberi beban dinamis berupa gempa El-centro 1940 pada arah Utara - Selatan pada sumbu Y dan beban angin diambil beban maksimal menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung 1983 dengan arah angin tegak lurus pada bidang yang ditinjau. Hasil-hasil perhitungan dengan program SAP90 disajikan berupa analisis elastis
3. Untuk mempelajari perilaku struktur pengaku pada konstruksi baja bertingkat banyak digunakan model perbandingan konstruksi tiga dimensi pengaku dengan diberi durasi gempa diambil selama 8 detik dan beban angin sebesar  $40 \text{ kg/m}^2$ .
4. Model konstruksi baja tiga dimensi yang diteliti bertingkat 15 lantai dan 25 lantai, dengan dimensi profil dan dimensi pengaku yang sama pada masing-masing tingkat dan pembebanan. Perhitungan dimensi awal hanya berdasarkan

beban mati dan beban hidup. Dimensi profil menggunakan perhitungan elastis AISC.

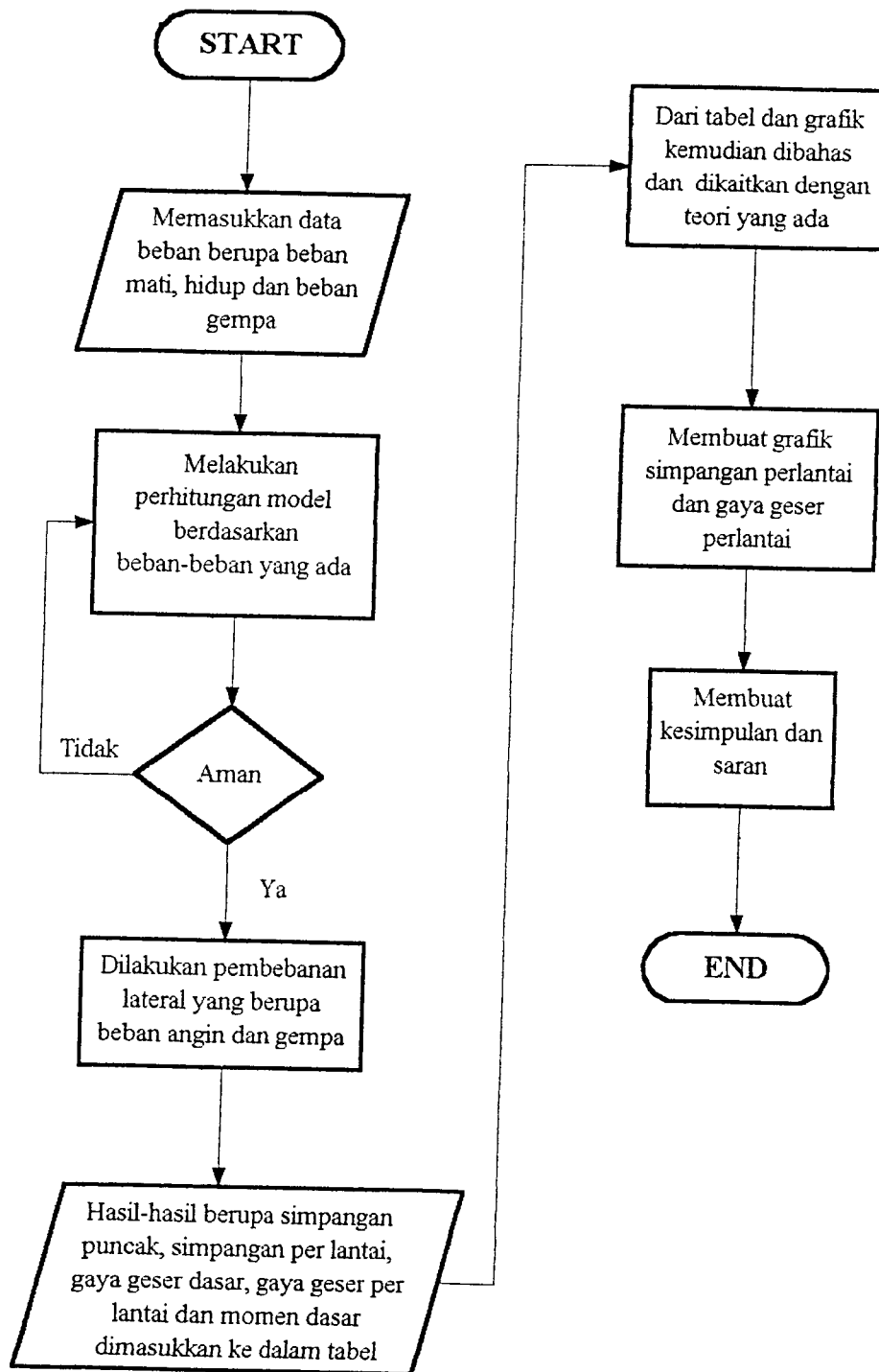
5. Dimensi konstruksi diambil tinggi 4 m dan lebar 6 m untuk semua tingkat, titik dasar pondasi dan titik buhul diasumsikan sebagai jepit-jepit, sedangkan bracing dianggap sendi-sendi diujungnya dan terletak ditengah-tengah konstruksi. Deformasi aksial pada balok diabaikan.

### 1.5 Metode penelitian

Metode study literatur yang akan kami laksanakan nantinya dapat diuraikan secara singkat:

1. Mengumpulkan dan mempelajari dari buku-buku atau jurnal yang terkait dengan topik
2. Melakukan perencanaan untuk mendapatkan hasil hitungan dimensi profil, kemudian dibuat model-model struktur tanpa dengan pengaku ("unbrace") dan struktur dengan pengaku ("bracing"), lalu diberi beban lateral yang berupa beban angin dan beban gempa. Perhitungan selanjutnya menggunakan program SAP90.
3. Membuat tabel dari hasil perhitungan menggunakan program SAP90.
4. Melakukan perbandingan pada masing-masing model pengaku dari hasil perhitungan, kemudian dibuat grafik.

## Diagram Alir Proses Penyusunan Tugas Akhir



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Portal adalah rangka struktur bangunan gedung yang dapat menahan beban-beban yang bekerja, baik itu beban mati, beban hidup, dan beban-beban sementara. Dengan demikian kekuatan bangunan akan tertumpu pada perilaku portal dalam menjalankan fungsinya selama umur yang direncanakan, dalam keadaan aman, fungsional dan tetap memiliki nilai ekonomis dalam pembangunannya (G.W. Merati, 1993).

Sistem pengaku dipergunakan pada portal untuk mengurangi perpindahan lateral atau untuk memperoleh kestabilan lateral struktur. Terutama untuk gedung yang bertingkat agar dapat menahan beban lateral yang berupa beban gempa atau beban angin. Pengetahuan tentang sistem pengaku adalah sangat diperlukan untuk mendisain suatu struktur baja. Disamping itu pengetahuan tentang karakteristik dari angin dan gerakan tanah saat terjadi gempa perlu dipelajari, agar dapat mengetahui sifat dari sistem pengaku ("bracing system") tersebut. Perencanaan suatu pengaku diperlukan perhatian dan ketelitian. Sistem pengaku sangatlah perlu dipahami, khususnya dalam perencanaan gedung bertingkat banyak. Karena sistem pengaku ini memerlukan 1/3 biaya struktur bahkan akan lebih jika sistem pengaku tidak direncanakan dengan baik (Enlekirk.R, 1990). Suatu sistem pengaku yang baik



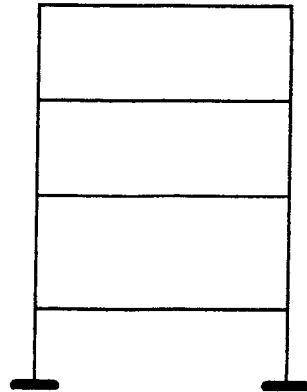
adalah kunci sukses dalam suatu bangunan gedung, terutama dalam perkembangan gedung bertingkat banyak.

## 2.2 Macam-macam sistem portal pengaku

Sistem pengaku pada struktur baja yang banyak dikembangkan selama ini adalah rangka penahan momen, rangka diperkaku konsentrik dan rangka diperkaku eksentrik.

### 2.2.1 Portal dengan sistem pengaku penahan momen

Sistem pengaku penahan momen (“moment resisting frame”), seperti pada gambar 2.1, haruslah dapat bersifat kaku, sehingga tetap kuat, stabil dan aman selama umur pemakaian. Pada portal ini kekuatan, kekakuan dan kestabilan portal dalam menahan beban lateral sangat tergantung pada kemampuan dari masing-masing elemennya. Pada sistem pengaku ini sambungan titik buhul dengan masing-masing elemen harus kaku, sehingga kemampuan portal dalam menahan beban lateral akan meningkat. Sistem pengaku ini untuk ketinggian tertentu tidak ekonomis lagi karena simpangan yang cukup besar sehingga dimensi profil menjadi besar, maka sistem pengaku ini akan lebih mahal dari sistem lainnya. Namun keuntungan yang dimiliki sistem pengaku ini adalah lebih fleksibel dari segi arsitekturnya, terutama dalam hal pengaturan lubang-lubang pada dinding (pintu, jendela dan lain-lain) (K. David, 1988).

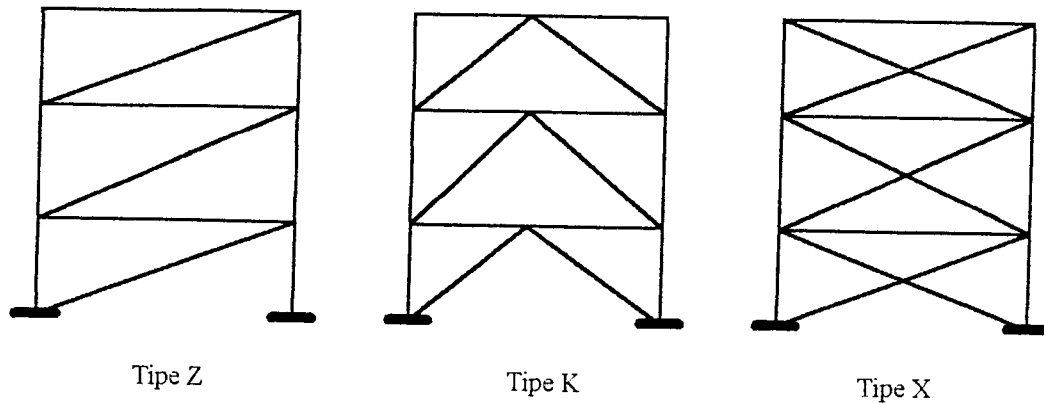


Gambar 2.1. Portal baja dengan sistem rangka penahan momen

### 2.2.2 Portal dengan sistem pengaku konsentrik

Rangka diperkaku konsentrik (“concentrically braced frame”), yaitu rangka struktur yang mempunyai sistem pengaku yang terletak pada diagonal setiap petak rangkanya. Rangka pengaku dengan batang-batang diagonal ini mempunyai tiga tipe, yaitu pengaku tipe Z, X dan K. Penempatan elemen pengaku diagonal ini hanya dapat berada pada satu batang (“bay”) saja, tetapi dapat pula dipasang pada beberapa batang sejauh masing dipertimbangkan seperti pada gambar 2.2 (Wahyudi. L, 1992). Pada sistem pengaku konsentrik tipe Z, batang-batang diagonal dapat berfungsi sebagai batang tarik atau batang tekan tergantung pada pembebanannya. Untuk tipe X terdapat dua buah batang diagonal yang saling bersilangan. Batang-batang tersebut dapat menahan gaya tekan atau gaya tarik. Salah satu kelemahan pengaku tipe X ini adalah batang-batang diagonalnya dapat menghalangi untuk penempatan pintu, jendela dan lain-lain. Sedangkan pengaku tipe K mempunyai beberapa keuntungan, antara lain balok portalnya memiliki tumpuan di tengah-tengah sehingga dimensi balok sering menjadi kecil. Perlu

diketahui bahwa batang diagonal selain mampu menahan beban lateral juga menerima beban vertikal yang mengakibatkan berkurangnya kemampuan untuk menahan beban lateral.

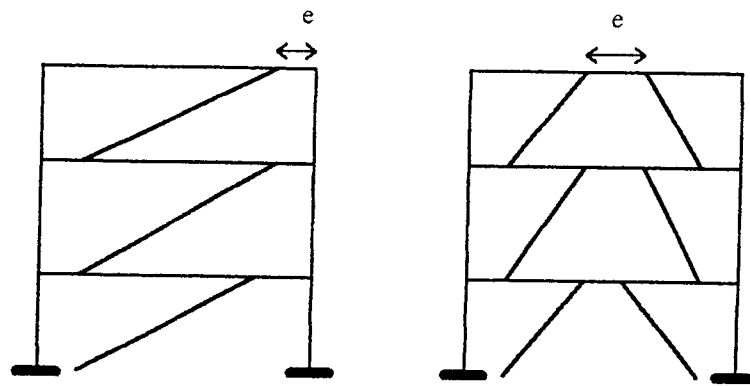


Gambar 2.2 Portal dengan sistem diperkaku kosentrik dengan berbagai macam tipe.

### 2.2.3 Portal dengan sistim pengaku kosentrik

Rangka diperkaku eksentrik ("eccentrically braced frame") adalah sistem pengaku yang diletakkan diagonal, akan tetapi salah satu atau kedua ujung batang pengaku akan terletak pada suatu jarak tertentu (cukup pendek) dari titik pertemuan balok dan kolom, seperti pada gambar 2.3. Sistem ini memberi keuntungan arsitektural lebih baik dari pada sistem rangka diperkaku konsentrik, karena pada sistem ini masih ada tempat-tempat yang cukup lapang untuk menempatkan lubang-lubang yang umum dibutuhkan. Sistem rangka diperkaku eksentrik ini memiliki respons yang paling baik dalam analisa plastis, ketika menerima beban gempa. Kunci keberhasilannya adalah terletak pada kemampuan menyerap energi yang sangat besar dan sangat konsisten (tidak terjadi degradasi kekuatan) sampai sejumlah

putaran (“cycle”) yang cukup tinggi (K.David, 1988), (Balendra.T,dkk, 1987), (Benny, 1995).



Gambar 2.3. Portal dengan sistem pengaku eksentrik.

### 2.3 Simpangan

Suatu portal diamsusikan sebagai suatu kolom akan mengalami lendutan bila menerima beban lateral. Besarnya lendutan itu tergantung dari beban vertikal dan besarnya gaya lateral yang terjadi.

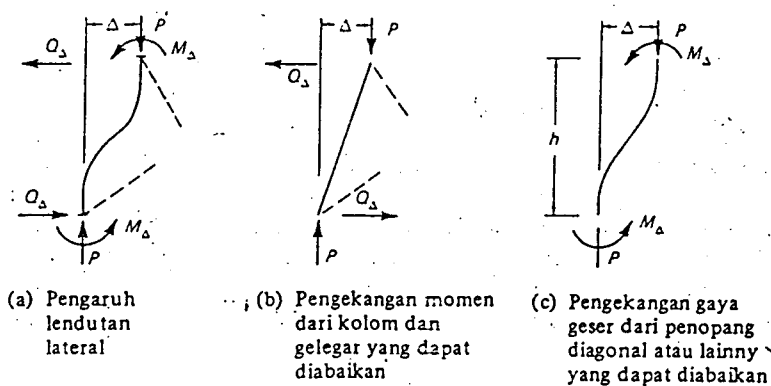
Pada gambar 2.4 memperlihatkan gaya-gaya yang timbul pada batang kolom portal akibat lendutan lateral (kesamping) yang disebabkan oleh gaya horisontal. Momen ( $M\Delta$ ) dan gaya geser ( $Q\Delta$ ) adalah bagian dari momen dan gaya geser yang diperlukan untuk mengimbangi momen  $P\Delta$ . Syarat keseimbangan untuk keadaan pada gambar 2.4.a adalah :

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

Lendutan lateral  $\Delta$  biasanya disebut simpangan (“story drift”) jika disebabkan karena beban lateral pada portal bertingkat banyak seperti pada gambar 2.5.

Portal akan terjadi simpangan akibat beban lateral tanpa memandang pola batang-batang komponennya. Namun cara mempertahankan keseimbangan terhadap momen  $P\Delta$  berlainan, tergantung pada kondisi pengekangan ("restraint"). Jika suatu gedung merupakan rangka batang vertikal yang bertitik tumpu sendi, pada pembebanan lateral gedung tersebut tidak memiliki kontinuitas di tumpuannya sehingga momen tidak terjadi, lihat gambar 2.4.b, sedangkan batang diagonal dan horisontal (batang-batang badan rangka batang) harus memikul semua gaya geser  $Q\Delta$ . Keseimbangan itu adalah :

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

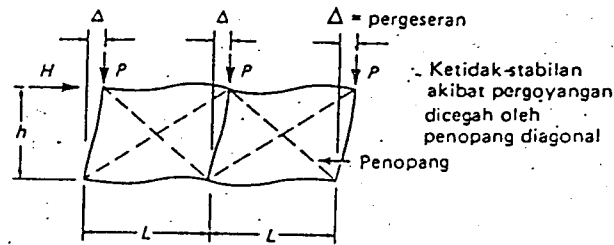


Gambar 2.4 Momen Lentur sekunder akibat  $P\Delta$  pada portal

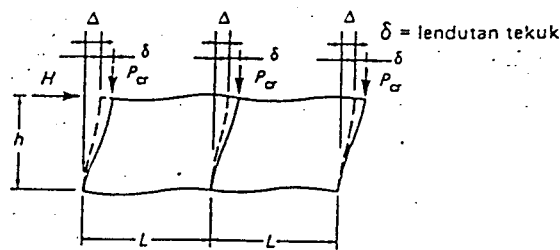
Sebaliknya, jika batang-batang disambung secara kaku tanpa batang diagonal, daya tahan ("resistance") terhadap geser akan sangat kecil. Dengan mengabaikan daya tahan geser ("shear resistance"),

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

lihat gambar 2.4.c. Dalam hal ini gelagar dan kolom harus memikul momen  $M\Delta$ .



(a) Portal tak bergoyang; pergeseran



(b) Portal bergoyang; pergeseran dan tekuk bergoyang

Gambar 2.5. Perbandingan antara portal tak bergoyang dan bergoyang

## 2.4 Beban lateral

Beban lateral adalah beban yang terjadi pada arah horisontal gedung. Beban ini bekerja pada arah tegak lurus bidang vertikal. Beban lateral yang digunakan adalah beban gempa dan beban angin. Pengaruh beban lateral ini menyebabkan konstruksi mengalami lendutan yang mengakibatkan terjadinya simpangan. Bila simpangan yang terjadi melebihi batas tegangannya, struktur tersebut akan rusak.

### 2.4.1 Beban Angin

Angin adalah gerakan yang berupa perpindahan massa udara ke arah horisontal seperti halnya suatu vektor yang dapat dinyatakan dengan arah dan

kecepatan perpindahan angin. Pengertian angin ini tidak berarti bahwa tidak ada perpindahan massa udara kearah vertikal tetapi skala ruangnya hanya seperseratus ribu dari skala defleksi horisontalnya (Supardjo. P, 1995).

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Dalam Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau. Tekanan tiup minimum harus diambil sebesar  $25 \text{ kg/m}^2$ , sedang secara umum tekanan tiup merupakan fungsi dari kecepatan angin. Koefisien pengaruh ditentukan berdasar bentuk bidang yang terkena tiupan atau isapan angin.

Pada gedung tertutup dan rumah tinggal depan tinggi tidak lebih dari 16 meter, dengan lantai-lantai dan dinding-dinding yang memberikan kekuatan cukup, struktur utamanya tidak perlu diperhitungkan terhadap beban angin, kecuali apabila perbandingan antara tinggi dan lebar bangunan itu menyebabkan diperlukannya peninjauan bidang angin (Bambang. S, 1995).

Pada penulisan tugas akhir ini, gedung berada didaerah pantai dengan tekanan tiup minimum  $40 \text{ kg/m}^2$ , dengan terpaan angin terjadi pada arah tegak lurus bangunan.

#### **2.4.2 Beban Gempa**

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

gempa itu. Dalam pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu (PPI 1983).

Beban gempa yang digunakan pada perhitungan untuk penulisan tugas akhir ini, menggunakan beban gempa El Centro 1940 dengan arah Utara - Selatan pada sumbu Y. Karena di Indonesia belum mempunyai catatan spektrum gempa. Pertimbangan menggunakan beban gempa dinamik adalah bangunan telah melampaui 40 m, sehingga untuk mendapatkan simpangan, gaya geser dasar dan momen dasar harus dilakukan dengan dynamic response analysis. (PPKGRG, 1987), (Wiratman. W, 1983).

## 2.5. Program komputer

Program SAP90 adalah suatu program untuk menghitung analisa struktur yang menggunakan program ANSI Fortran-77. SAP90 merupakan pengembangan dari program SAP80 yang telah diperbaharui. program ini dikembangkan oleh Professor Edward L. Wilson lebih dari 25 tahun di Universitas california, Berkeley, USA (Asrharf. H, 1990). Perhitungan program ini menggunakan Finite Element Analysis untuk menghasilkan analisa statik dan analisa dinamik yang mengacu kepada AISC 1989.

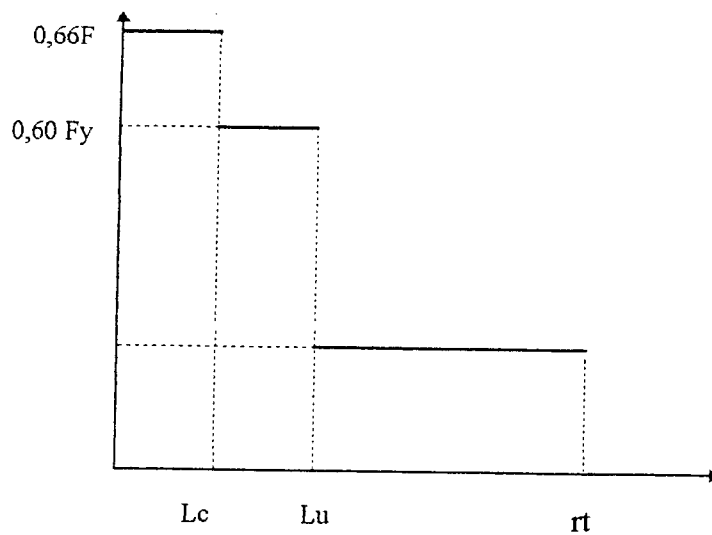
Hasil hitungan ditulis dalam bentuk tabel-tabel berupa besar simpangan, gaya geser dalam dan momen dasar yang mengacu pada hitungan analisa elastis.



## 2.6 Pendimensian profil baja

Sebelum portal tersebut diteliti, selanjutnya adalah mendimensi profil yang aman terhadap beban mati dan hidup. Profil yang didimensi adalah profil untuk balok, kolom dan pengakunya. Hitungan mendimensi menggunakan rumus AISC dengan metode elastis dan menggunakan tabel profil AISC. Rumus-rumus AISC yang digunakan adalah :

### 2.6.1 Rumus untuk mendimensi balok



1. Jika balok dengan pertambahan lateral dipasang pada jarak tertentu.

a. Kasus 1, jika  $L < L_c$  maka,

$$F_b = 0,66.F_y$$

$L_c$  = nilai terkecil dari :

$$L_{C1} = \frac{76.bf}{\sqrt{F_y}}$$

$$L_{C2} = \frac{20.000}{d/Af} \frac{1}{Fy}$$

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

$$F_b = 0,60F_y$$

$L_u$  = nilai terkecil dari

$$L_{u1} = \frac{20.000}{F_y d/Af}$$

$$L_{u2} = r_t = \sqrt{\frac{102E3.Cb}{F_y}}$$

c. Kasus 3, jika  $L_u < L < r_t \sqrt{\frac{510E3.cb}{F_y}}$

maka tegangan lentur ijin ( $F_b$ ) diambil nilai terbesar dari :

$$F_b = \frac{12E3.Cb}{L d/Af} \dots\dots\dots (1.5.7)$$

$$F_b = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y \left( \frac{L}{r_t} \right)^2}{1530.cb} \right] \dots\dots\dots (1.5.6.a)$$

d. Kasus 4, Jika  $L > r_t \sqrt{\frac{510E3.cb}{F_y}}$

maka rumus dipakai :  $F_b = \frac{170E3.cb}{\left( \frac{L}{r_t} \right)^2} \dots\dots\dots (1.5.6.b)$

## 2. Balok dengan pertambahan lateral cukup

Untuk konstruksi seperti ini perlu ditinjau perbandingan antara lebar sayap dengan tebal sayap dan antara tinggi profil dengan tebal badan.

a. Sayap :  $\frac{bf}{2tf} \leq \frac{65}{\sqrt{F_y}}$

b. Badan :  $\frac{d}{tw} \leq \frac{640}{\sqrt{F_y}}$

Jika persyaratan terpenuhi maka konstruksi dianggap kompak  $F_b = 0,66 F_y$

## 3. Mencari koefisien bending (cb)

$$c_b = 1,75 + 1,05 \frac{M_1}{M_2} + 0,30 \left( \frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,30, \quad M_1 \leq M_2,$$

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

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

### 2.6.2 Rumus untuk mendimensi kolom

#### 1. Kombinasi momen dengan gaya tarik

Suatu elemen konstruksi yang memikul secara bersamaan tegangan akibat momen dan tegangan akibat gaya tarik harus dikontrol besarnya tegangan akhir yang terjadi. Tegangan akhir yang terjadi ini tidak boleh lebih besar dari tegangan

izin yang diperkenankan.  $\frac{f_a}{F_a} \leq 1$

## 2. Kombinasi momen dengan gaya desak

Pada satu elemen konstruksi adakalanya menerima kombinasi beban berupa momen dan gaya desak. Elemen konstruksi yang mengalami beban seperti tersebut sering juga disebut “beam coloms”.

AISC memberikan beberapa persyaratan bagi elemen “beam coloms” :

Jika  $\frac{f_a}{F_a} > 0,15$ , maka:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} \cdot f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{e'x}}\right) F_{bx}} + \frac{C_{my} \cdot f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{e'y}}\right) F_{by}} \leq 1 \dots\dots\dots(1.6-1a)$$

$$\frac{f_a}{0,6 F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \dots\dots\dots(1.6-1b)$$

Jika perbandingan desak yang terjadi dengan tegangan desak yang diizinkan kecil

dari 0,15 atau  $\left(\frac{f_a}{F_a} \leq 0,15\right)$  maka rumus (1.6-1a) dapat diganti oleh rumus (1.6-2)

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \dots\dots\dots(1.6-2)$$

## 3. Mencari faktor reduksi (Cm)

Cm merupakan faktor reduksi (“reduction factor” atau “modified factor”) terhadap momen yang bekerja. Besarnya Cm dipengaruhi oleh bentuk dari konstruksi. Ada tiga macam pengelompokan atau katagori dari Cm :

- a. Katagori I, kolom merupakan bagian dari suatu konstruksi dan kemungkinan terjadi pergeseran pada titik tumpuannya. Untuk itu konstruksi ini  $C_m=0.85$

b. Katagori II, konstruksi tidak mengalami pergeseran maupun gaya angin samping,

maka  $C_m = 0,6 - 0,4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0,4$ .

c. Katagori III, pada tumpuan tidak ada pergeseran, tetapi joint memungkinkan

terjadi pergeseran, maka  $C_m = 1 + \psi \frac{f}{F'}$ .

## **BAB III**

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

#### **3.1 Umum**

Penelitian tugas akhir ini merupakan studi literatur mengenai suatu struktur portal baja menerima beban lateral yang berupa beban angin dan beban gempa. Studi yang dilaksanakan menggunakan struktur portal baja dengan pengaku (“bracing”) dan struktur rangka tanpa pengaku (tanpa “bracing”).

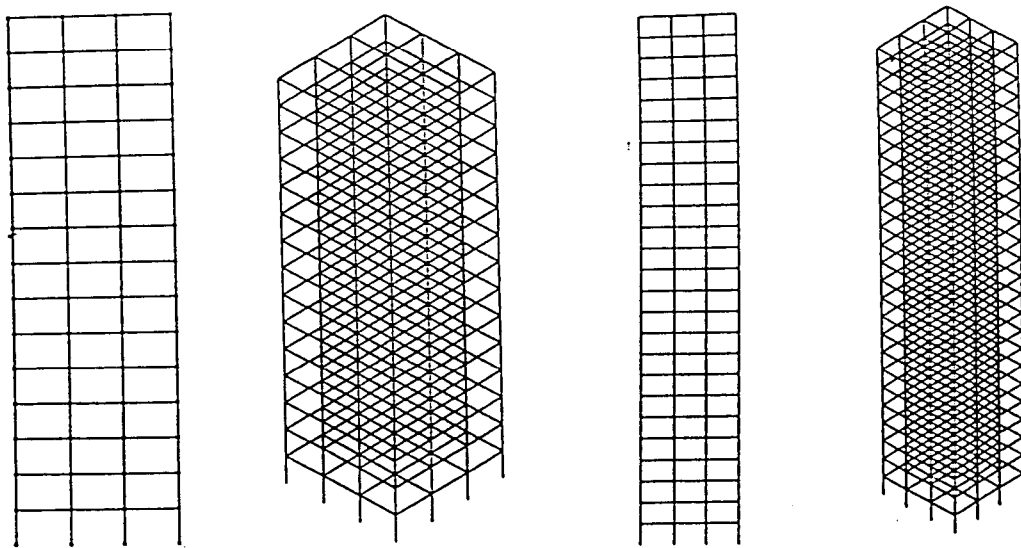
Sistem pengaku pada struktur baja yang banyak dikembangkan selama ini adalah rangka penahan momen (“moment resisting frame”), rangka diperkaku konsentrik (“eccentrically braced frame”), yang masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan terhadap perilaku strukturnya bila menerima beban lateral. Untuk mempelajari perilaku struktur menerima beban lateral dari ketiga struktur baja diatas, maka dibuat model-model portal baja 3 dimensi yang diberi pengaku dengan berbagai macam bentuk, dengan model banding 15 lantai dan 25 lantai. Kemudian diberi beban angin dan dibebani gempa.

#### **3.2 Model Struktur Portal Baja**

Untuk mempelajari perilaku struktur pengaku portal baja menerima beban lateral maka, dipilih model-model sebagai berikut ini.

### 3.2.1 Model struktur portal baja penahan momen (“Moment Resisting Frame”)

Portal ini seperti pada portal-portal yang lain tidak diberi pengaku lateral, sehingga titik buhul diharapkan mampu menahan lateral yang terjadi. Portal yang diselidiki terdiri dari dua model yaitu bertingkat 15 lantai dan 25 lantai dengan 3 bentang. Masing-masing portal diberi nama, yaitu untuk beban angin M15A dan M25A sedangkan untuk beban gempa M15G dan M25G, seperti pada gambar 3.1.

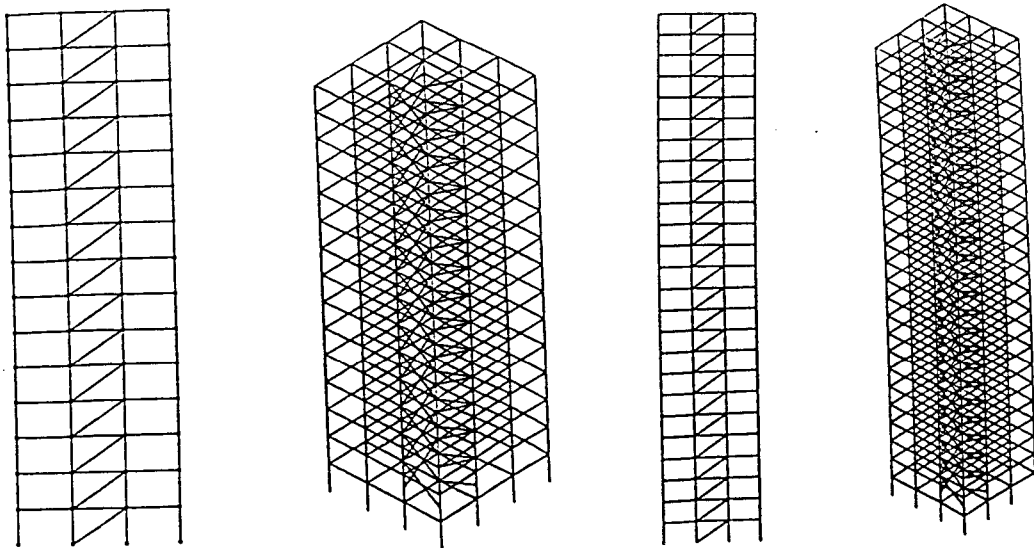


Gambar 3.1 Portal penahan momen 2 dimensi dan 3 dimensi 15 lantai dan 25 lantai

### 3.2.2 Model struktur portal baja rangka diperkaku konsentrik (“Concentrically Braced Frame”)

Model portal ini mempunyai sistem pengaku yang terletak pada diagonal disetiap petak rangkanya. Rangka pengaku ini mempunyai tiga tipe yaitu pengaku

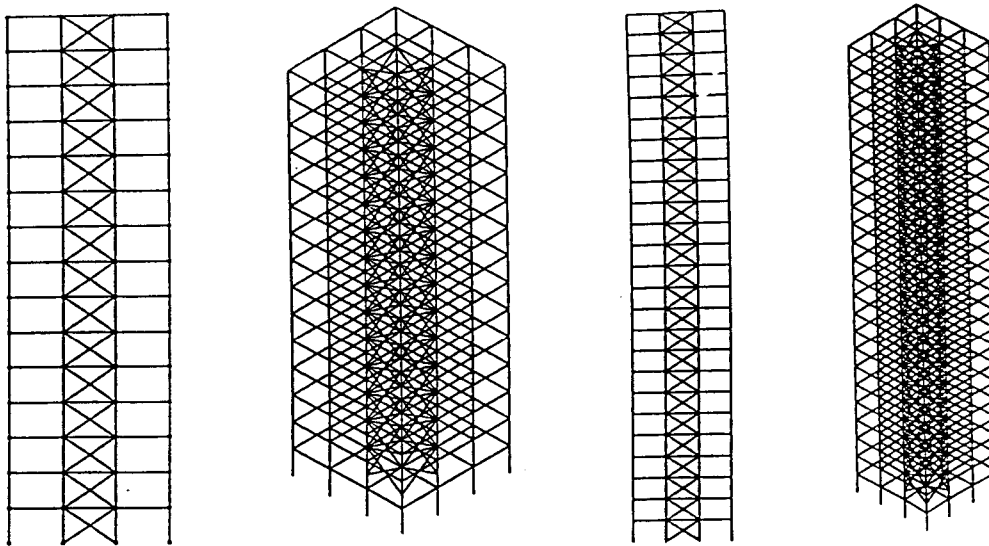
type Z, X dan K. Penempatan elemen diagonal dapat hanya satu bentang ("bay") saja, tetapi dapat juga dipasang pada beberapa bentang sejauh masih dipertimbangkan. Untuk penyelidikan ini model portal menggunakan type Z dan X, sedangkan penempatan elemen diagonal hanya berada ditengah-tengah portal. Model portal yang diselidiki terdiri dari dua model type X dan dua model type Z, yang masing-masing model bertingkat 15 lantai dan 25 lantai dengan tiga bentang. Kemudian portal type Z divariasikan dengan menempatkan batang pengaku secara tak searah dan searah khususnya untuk beban angin. Masing-masing diberi nama yaitu, untuk tipe X dengan beban angin yaitu K15DA atau K25DA, dengan beban gempa K15DG atau K25DG seperti pada gambar 3.3, sedangkan untuk tipe Z dengan beban angin K15SA atau K25SA untuk batang diagonal tak searah dan dengan beban gempa K15SG atau K25SG, seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Portal diperkaku konsentrik dengan satu batang diagonal 2 dimensi dan 3 dimensi, 15 lantai dan 25 lantai.



Untuk beban angin nama portal yang pengakunya searah adalah, untuk arah angin dari kiri K15SA1 atau K25SA1 dan untuk arah angin dari kanan K15SA2 atau K25SA2, seperti pada gambar 3.7

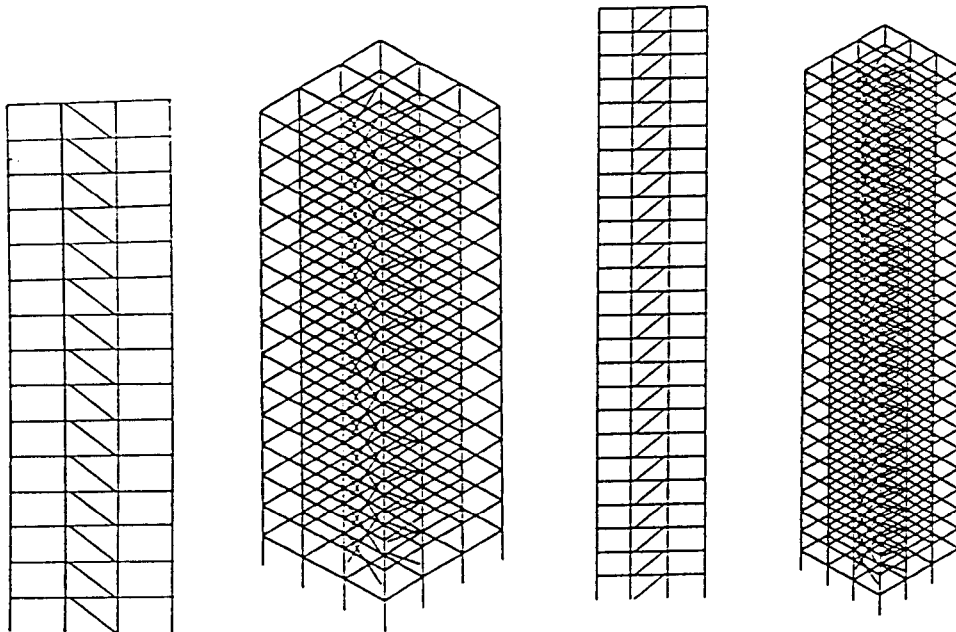


Gambar 3.3 Portal diperkaku konsentrik dengan dua batang diagonal 2 dimensi dan 3 dimensi 15 lantai dan 25 lantai.

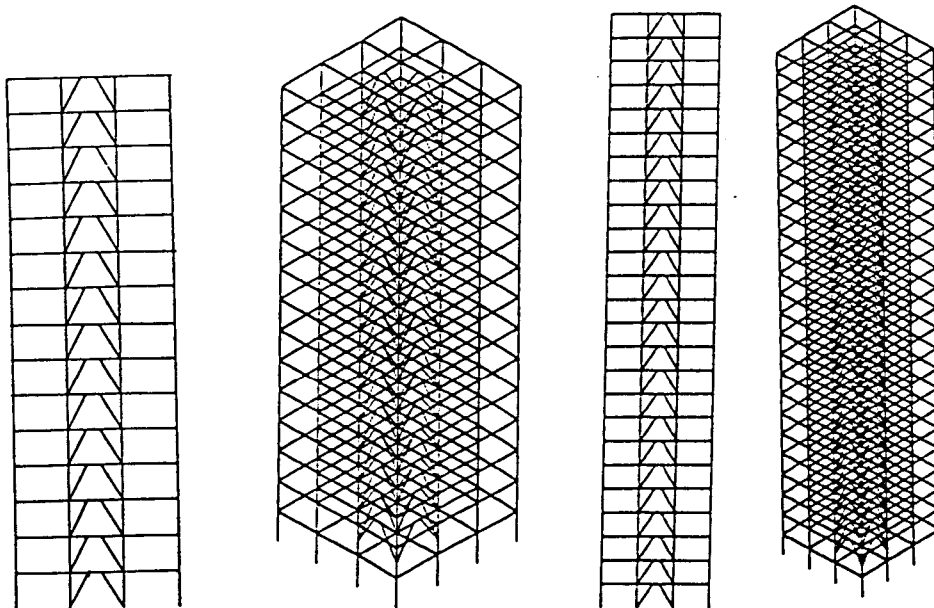
### 3.2.3 Model struktur portal baja rangka diperkaku eksentrik (“Eccentrically Braced Frame”)

Portal ini menggunakan sistem pengaku yang diletakan diagonal, akan tetapi salah satu atau dua ujung batang pengaku akan terletak pada suatu jarak tertentu dari titik pertemuan balok dan kolom. Model portal yang diselidiki menggunakan pengaku tipe Z dengan satu bracing dan tipe K untuk dua bracing, yang masing-

masing tipe bertingkat 15 lantai dan 25 lantai dengan tiga bentang. Sedangkan penempatan batang diagonal berada pada tengah-tengah portal.



Gambar 3.4 Portal diperkaku eksentrik dengan satu batang diagonal



Gambar 3.5 portal diperkaku eksentrik dengan dua batang diagonal

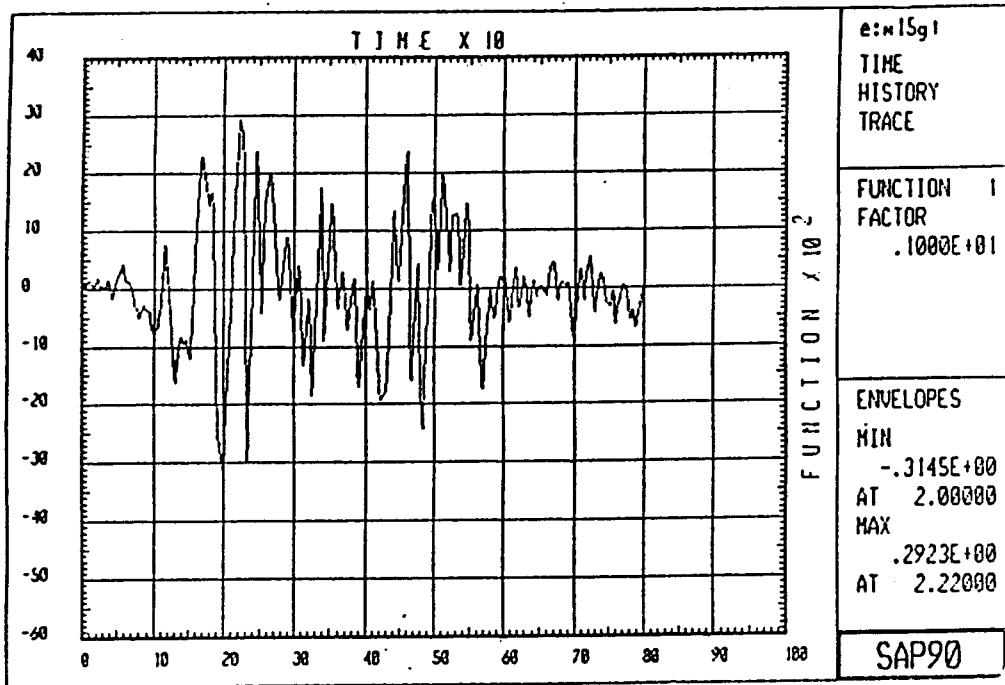
Setiap portal diberi nama yaitu, tipe K dengan beban angin E15DA atau E25DA dan dengan beban gempa E15DG dan E25DG, seperti terlihat gambar 3.5. Sedangkan pada gambar 3.4 terlihat portal tipe Z, untuk beban angin E15SA atau E25SA dan beban gempa E15SG atau E25SG. Untuk beban angin arah kiri E15SA1 atau E25SA1 dan untuk beban angin arah kanan E15SA2 dan E25SA2 .

### 3.3 Beban Angin

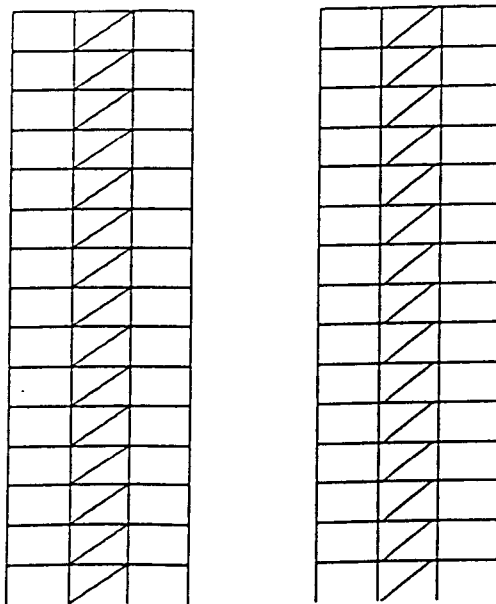
Beban angin yang ditentukan menganggap tekanan yang bekerja tegak lurus pada bidang konstruksi. Besarnya tekanan angin diambil sebesar  $40 \text{ kg/m}^2$  atau  $0,4 \text{ kN/m}^2$ .

### 3.4 Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan berupa beban gempa dinamis dengan durasi selama 8 detik, diambil dari spektrum gempa El Centro 1940 pada arah Utara-Selatan seperti pada gambar 3.6. Pada gambar terlihat spektrum gempa yang akan digunakan untuk pembebanan gempa pada portal yang akan diteliti. Arah datangnya gempa diambil tegak lurus bidang konstruksi (pada sumbu Y), damping rasio 0,05. Percepatan gravitasi diambil  $G = 9,8 \text{ m/dt}^2$ . Massa struktur dianggap terletak dipusat pada setiap lantai.



Gambar 3.6. Grafik gempa El Centro 1940



Gambar 3.7. Portal K15SA1 dan K15SA2 dengan beban angin

### 3.5 Pembebanan Konstruksi

Pembebanan pada konstruksi dibuat sederhana, yaitu menurut PPGI 1983 yang berupa beban mati dan beban hidup. Data pembebanan adalah sebagai berikut

#### 3.5.1 Beban Mati

1. Berat slab sendiri (tebal 12cm) :  $0,12 \cdot 24 = 2,88 \text{ kN/m}^2$
2. Berat spesi tebal 2 cm :  $2 \cdot 0,12 = 0,24 \text{ kN/m}^2$
3. Berat ubin tebal 1 cm :  $1 \cdot 0,24 = 0,24 \text{ kN/m}^2$
4. Berat finising ..... =  $0,17 \text{ kN/m}^2$
5. Berat Langit-langit ..... =  $0,11 \text{ kN/m}^2$
- Total beban mati ..... =  $3,82 \text{ kN/m}^2$

#### 3.5.2 Beban Hidup

Untuk ruang kantor ..... =  $2,5 \text{ kN/m}^2$

#### 3.5.3 Beban Mati Atap

1. Berat slab sendiri (tebal 12 cm) :  $0,12 \cdot 24 = 2,88 \text{ kN/m}^2$
2. Berat spesi tebal 2cm :  $2 \cdot 0,12 = 0,24 \text{ kN/m}^2$
3. Berat ubin tebal 1 cm :  $1 \cdot 0,24 = 0,24 \text{ kN/m}^2$
- Total beban mati atap ..... =  $3,82 \text{ kN/m}^2$

### 3.6 Data struktur

Dimensi konstruksi diambil tinggi masing-masing tingkat 4 meter dan lebar bentang 6 meter. Titik dasar (pondasi) dan tumpuan diasumsikan sebagai jepit-jepit sedangkan pengakunya (“bracing”) dianggap sendi-sendi di ujungnya, dimensi profil balok dan kolom menggunakan perhitungan elastis menurut AISC. Satuan

menggunakan Standart International (SI) dan  $E = 2,1 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$ . Tegangan leleh baja diambil 250 Mpa atau 36 ksi.

Untuk rangka diperkaku eksentrik, besar eksentrisitasnya diambil sebesar 50 cm atau perbandingan  $e/L$  adalah lebih besar dari 5% (K. David, 1988).

### 3.7 Pendimensian Profil

Sebelum dilakukan pembebanan gempa maka dilakukan perhitungan profil balok dan kolom terlebih dahulu. Perhitungan berdasarkan beban mati dan beban hidup pada portal 3 dimensi struktur tanpa pengaku (M15A). Perhitungan profil menggunakan rumus-rumus AISC dan buku daftar profil AISC 1989.

#### 3.7.1 Mendimensi Balok

Panjang bentang 6 m = 19,685 ft

$$M_1 = 52,82 \text{ kNm} = 38,9586 \times 1,25 = 48,6982 \text{ Kip-ft}$$

$$M_2 = 274,43 \text{ kNm} = 202,4089 \times 1,25 = 253,011 \text{ Kip-ft}$$

P max desak = 26,39 kN = 5,9327 Kips

Dengan menggunakan grafik AISC momen untuk balok maka didapat profil balok

WF18x76, dengan data profil :

$$A = 22,3 \text{ in}^2, r_t = 2,95 \text{ in}, b_f = 11,035 \text{ in}, d/A_f = 2,43$$

$$L_{C1} = \frac{76 \cdot b_f}{\sqrt{F_y}} = \frac{76 \cdot 11,035}{12 \cdot \sqrt{36}} = 11,648$$

$$L_{C2} = \frac{20.000}{d/A_f} \frac{1}{F_y} = \frac{20.000}{2,43 \cdot 36} = 19,052$$

diambil  $L_c = 11,648 \text{ ft}$ , ternyata  $L > L_c$  maka dicari  $L_u$

$$Lu_2 = rt = \sqrt{\frac{102E3.Cb}{F_y}}$$

$\frac{M_1}{M_2}$  = positif, karena momen berbentuk kurva ganda

$$Cb = 1,75 + 1,06 \left( \frac{48,6982}{253,011} \right) + 0,3 \left( \frac{48,6982}{253,011} \right)^2 = 1,9651$$

$$Lu_2 = \sqrt{\frac{102.000.1,9651}{36.12} \cdot \frac{1}{2,95}} = 25,20$$

$Lu > L$ , maka  $F_b = 0,6.F_y = 21,6$  Ksi

$$f_b = \frac{M}{S_x} = \frac{253,011.12}{146} = 20,795 \text{ Kip}$$

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{5,9327}{22,3} = 0,266 \text{ Kip}$$

Konstruksi diansumsikan sendi - sendi  $K = 1$

$$\frac{L.K}{r_y} = \frac{12.19,687.1}{2,61} = 90,515$$

$$C_c = 126,0993$$

$\frac{L.K}{r_y} < C_c$  maka tekuk inelastis

$$F_s = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3 = 1,89$$

$$F_a = \frac{F_y}{F_s} \left( 1 - 0,5 \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) \right) = 14,14 \text{ kips}$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{0,266}{14,14} = 0,018 < 0,15$$

Maka dipakai rumus 1.6-2

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{fb_x}{Fb_x} \leq 1$$

$$\frac{0,266}{14,14} + \frac{20,795}{21,6} = 0,8915 < 1 \quad \text{aman}$$

Jadi profil WF18x76 dapat dipakai

### 3.7.2 Mendimensi Kolom

Panjang kolom = 4 m = 13,1234 ft

$$M_x = 78,18 \text{ kNm} = 72,0787 \text{ Kip-ft}$$

$$M_y = 58,51 \text{ kNm} = 53,944 \text{ Kip-ft}$$

P max desak = 8046,56 kN = 2251,1843 Kips

Fy = 36 Ksi

K.l = 1. 13,1234 = 13,1234 ft

Dengan menggunakan cara manual AISC, maka dicoba

1. K/l = 13,1234 ft dari tabel b (hal 3-10 AISC) dan m = 2,25, u = 30

2. P efektif = Po + Mx.m + My.m.U

$$= 2261,1843 + 84,865 \cdot 2,25 + 53,944 \cdot 2,25 \cdot 3$$

$$= 2816,24825 \text{ Kips}$$

3. Dari tabel kolom dipilih WF14 X 455 (2489 Kips)

4. Jadi m = 1,7 u = 2,19



$$5. P_{eff} = P_o + M_x \cdot m + M_y \cdot m \cdot I$$

$$= 2261,1843 + 84,865 \cdot 1,7 + 53,944 \cdot 1,7 \cdot 2,19$$

$$= 2606,28 \text{ kips} \sim 2489$$

**Tabel 3.1 Hasil-hasil Simulasi Model Gedung 15 Lantai Akibat Beban Angin**

URAIAN	TIPE PORTAL								
	M15A	K15SA	K15SA1	K15SA2	K15DA	E15SA	E15SA1	E15SA2	E15DA
<b>Simpangan Puncak</b>									
Arah x max (cm)	0	0.1422	0	0	0	0.0131	0	0	0
Arah Y max (cm)	1.2295	0.9975	1.0717	0.7488	0.7945	0.1407	0.1404	0.1409	0.1432
<b>Gaya Geser Dasar</b>									
Arah x max (kN)	19.867	25.346	24.489	24.632	29.143	20.742	20.841	20.711	21.435
Arah Y max (kN)	39.374	62.034	43.128	57.249	61.738	23.606	23.603	23.761	24.395
<b>Momen Dasar</b>									
Arah x max (kN-m)	85.916	93.808	101.27	78.684	86.103	29.557	29.555	29.775	31.198
Arah Y max (kN-m)	26.677	32.89	37.802	38.151	30.548	27.937	27.937	27.935	28.949

Keterangan :

M15A = Portal penahan momen 15 lantai dengan beban angin

K15SA = Portal pengaku kosentrik 15 lantai satu batang diagonal dengan beban angin

K15SA1 = Portal pengaku kosentrik 15 lantai satu batang diagonal searah dengan beban angin dari kiri

K15SA2 = Portal pengaku kosentrik 15 lantai satu batang diagonal searah dengan beban angin dari kanan

K15DA = Portal pengaku kosentrik 15 lantai dua batang diagonal dengan beban angin

E15SA = Portal pengaku eksentrik 15 lantai satu batang diagonal dengan beban angin

E15SA1 = Portal pengaku eksentrik 15 lantai satu batang diagonal searah dengan beban angin dari kiri

E15SA2 = Portal pengaku eksentrik 15 lantai satu batang diagonal searah dengan beban angin dari kanan

E15DA = Portal pengaku eksentrik 15 lantai dua batang diagonal dengan beban angin

**Tabel 3.2 Hasil-hasil Simulasi Model Gedung 25 Lantai Akibat Beban Angin**

URAIAN	TIPE PORTAL								
	M25A	K25SA	K25SA1	K25SA2	K25DA	E25SA	E25SA1	E25SA2	E25DA
<b>Simpangan Puncak</b>									
Arah x max (cm)	0	1.7358	0	0	0	0.0164	0	0	0
Arah Y max (cm)	4.5245	4.4642	3.5676	1.9843	2.5167	0.0492	0.0411	0.042	0.0494
<b>Gaya Geser Dasar</b>									
Arah x max (kN)	22.132	170.63	90.25	98.93	259.2	20.925	20.862	20.864	34.884
Arah Y max (kN)	51.263	68.555	52.32	239.9	334.3	23.626	24.078	24.455	35.946
<b>Momen Dasar</b>									
Arah x max (kN-m)	152.54	145.22	162.9	52.142	109.23	29.174	29.235	30.178	31.735
Arah Y max (kN-m)	29.819	60.285	44.29	56.21	45.175	27.877	28.572	28.574	30.246

Keterangan :

M25A = Portal penahan momen 25 lantai dengan beban angin

K25SA = Portal pengaku kosentrik 25 lantai satu batang diagonal dengan beban angin

K25SA1 = Portal pengaku kosentrik 25 lantai satu batang diagonal searah dengan beban angin dari kiri

K25SA2 = Portal pengaku kosentrik 25 lantai satu batang diagonal searah dengan beban angin dari kanan

K25DA = Portal pengaku kosentrik 25 lantai dua batang diagonal dengan beban angin

E25SA = Portal pengaku eksentrik 25 lantai satu batang diagonal dengan beban angin

E25SA1 = Portal pengaku eksentrik 25 lantai satu batang diagonal searah dengan beban angin dari kiri

E25SA2 = Portal pengaku eksentrik 25 lantai satu batang diagonal searah dengan beban angin dari kanan

E25DA = Portal pengaku eksentrik 25 lantai dua batang diagonal dengan beban angin

**Tabel 3.3 Hasil-hasil Simulasi Model Gedung 15 lantai  
Akibat Beban Gempa**

URAIAN	TIPE PORTAL				
	M15G	K15SG	K15DG	E15SG	E15DG
<b>Simpangan Puncak</b>					
Arah X max (cm)	92.58	29.56	21.6	19.28	11.27
Pada detik ke	5.86	3.00	2.56	5.44	3.68
Arah Y max (cm)	55.48	55.25	55.2	25.12	23.26
Pada detik ke	5.10	5.08	5.08	6.48	2.2
Arah X min (cm)	-98.39	-41.85	-27.87	-31.01	-22.35
Pada detik ke	6.56	4.58	4.2	3.92	3.68
Arah Y min (cm)	-42.01	-41.66	-41.6	-23.21	-22.62
Pada detik ke	3.48	3.46	3.46	5.52	2.54
<b>Gaya Geser Dasar</b>					
Arah X max (kN)	52.87	51.76	149.8	140.1	175.25
Pada detik ke	3.98	3.52	4.5	7.78	2.62
Arah Y max (kN)	72.40	75.02	75.4	69.14	72.52
Pada detik ke	4.60	4.60	4.6	6.48	2.1
Arah X min (kN)	-61.02	-65.39	-117	-111.3	115.97
Pada detik ke	3.46	5.14	2.94	4.16	2.62
Arah Y min (kN)	-75.90	-77.31	-77.51	-60.35	76.74
Pada detik ke	6.52	6.50	6.48	5.52	2.5
<b>Momen Dasar</b>					
Arah X max (kN-m)	26.21	26.80	26.88	29.7	28.66
Pada detik ke	3.46	3.46	3.46	5.52	2.5
Arah Y max (kN-m)	54.75	132.50	172.1	24.51	22.75
Pada detik ke	3.48	3.44	2.96	7.66	6.38
Arah X min (kN-m)	-34.94	-35.78	-35.9	-33.87	34.52
Pada detik ke	5.10	5.08	5.08	6.48	2.18
Arah Y min (kN-m)	-42.92	-188.10	-206.7	-26.62	-22.89
Pada detik ke	4.00	5.06	4.52	4.1	2.92

Keterangan :

M15G = Portal penahan momen 15 lantai dengan beban gempa

K15SG = Portal pengaku kosentrik 15 lantai satu batang diagonal dengan beban gempa

K15DG = Portal pengaku kosentrik 15 lantai dua batang diagonal dengan beban gempa

E15SG = Portal pengaku eksentrik 15 lantai satu batang diagonal dengan beban gempa

E15DG = Portal pengaku eksentrik 15 lantai dua batang diagonal dengan beban gempa

**Tabel 3.4 Hasil-hasil Simulasi Model Gedung 25 lantai  
Akibat Beban Gempa**

URAIAN	TIPE PORTAL				
	M25G	K25SG	K25DG	E25SG	E25DG
<b>Simpangan Puncak</b>					
Arah X max (cm)	99.17	38.74	35.34	35.79	53.84
Pada detik ke	5.98	5.26	4.42	6.58	6.82
Arah Y max (cm)	58.99	56.65	56.56	43.00	47.21
Pada detik ke	4.80	4.82	4.82	6.84	6.94
Arah X min (cm)	-119.70	-33.60	-28.27	-34.35	-59.21
Pada detik ke	6.12	6.82	5.80	7.78	5.72
Arah Y min (cm)	-60.09	-56.44	-56.50	-47.53	-53.74
Pada detik ke	6.10	6.16	6.16	5.70	5.74
<b>Gaya Geser Dasar</b>					
Arah X max (kN)	51.64	106.70	33.04	177.20	152.60
Pada detik ke	6.04	6.06	4.46	6.62	5.58
Arah Y max (kN)	205.50	181.90	182.40	256.20	242.20
Pada detik ke	4.44	4.44	4.44	6.66	6.70
Arah X min (kN)	-51.40	-112.80	30.33	-146.70	-106.00
Pada detik ke	5.40	7.56	2.92	5.36	7.14
Arah Y min (kN)	-167.90	-147.60	-148.90	-255.10	-249.40
Pada detik ke	5.82	5.82	5.28	5.52	5.52
<b>Momen Dasar</b>					
Arah X max (kN-m)	115.20	112.70	113.30	162.30	164.30
Pada detik ke	6.06	6.16	6.14	5.66	5.70
Arah Y max (kN-m)	48.67	60.40	228.40	78.02	78.10
Pada detik ke	4.84	5.94	5.24	6.58	6.24
Arah X min (kN-m)	-106.00	-107.10	-107.40	-149.90	-146.90
Pada detik ke	4.60	4.88	4.78	6.80	6.90
Arah Y min (kN-m)	-47.06	-70.72	-212.10	-80.64	-72.90
Pada detik ke	4.38	4.72	4.76	7.80	7.42

Keterangan :

M25G = Portal penahan momen 25 lantai dengan beban gempa

K25SG = Portal pengaku kosentrik 25 lantai satu batang diagonal dengan beban gempa

K25DG = Portal pengaku kosentrik 25 lantai dua batang diagonal dengan beban gempa

E25SG = Portal pengaku eksentrik 25 lantai satu batang diagonal dengan beban gempa

E25DG = Portal pengaku eksentrik 25 lantai dua batang diagonal dengan beban gempa

Tabel 3.5

Simpangan maksimum arah Y gedung 15 lantai akibat beban angin (cm)

Lantai	M15A	K15SA	K15SA1	K15SA2	K15DA	E15SA	E15SA1	E15SA2	E15DA
1	0.0518	0.0543	0.05002	0.03498	0.03897	0.01205	0.01205	0.00981	0.0122
3	0.2441	0.1752	0.234	0.1727	0.1792	0.0455	0.0455	0.0457	0.0462
6	0.5457	0.3846	0.5189	0.3798	0.394	0.0859	0.0859	0.0865	0.0874
9	0.7949	0.5547	0.7514	0.5484	0.5696	0.11111	0.11111	0.1122	0.1132
12	0.9702	0.6733	0.914	0.6674	0.6945	0.1256	0.1258	0.1273	0.128
15	1.2295	0.9975	1.0717	0.7488	0.7945	0.1407	0.1409	0.1432	0.1432

Tabel 3.6

Simpangan maksimum arah Y pada gedung 25 lantai akibat beban angin (cm)

Lantai	M25A	K25SA	K25SA1	K25SA2	K25DA	E25SA	E25SA1	E25SA2	E25DA
1	0.1115	0.1062	0.09243	0.02205	0.04483	0.005166	0.005234	0.00355	0.005237
5	1.0895	0.752	0.817	0.2523	0.4314	0.0226	0.023	0.0221	0.0231
10	2.312	2.001	1.7863	0.6582	0.9964	0.029	0.0286	0.0289	0.0297
15	3.3363	3.386	2.576	1.1245	1.5757	0.0322	0.0336	0.0328	0.033
20	4.0781	4.0027	3.1783	1.572	2.0901	0.0338	0.0352	0.036	0.0346
25	4.5245	4.4642	3.5676	1.9843	2.5167	0.0492	0.0411	0.042	0.0464

Tabel 3.7

Simpangan maksimum arah X pada gedung 15 lantai akibat beban gempa (cm)

Lantai	M15G	K15SG	K15DG	E15SG	E15DG
1	30.55	18.67	15.28	15.77	7.13
3	56.46	20.58	15.96	16.32	7.82
6	64.27	23.14	16.16	17.47	8.59
9	75.34	24.98	17.78	18.09	9.22
12	84.49	26.32	19.41	18.57	10.84
15	92.56	29.56	21.6	19.28	11.27

Tabel 3.8

Simpangan maksimum arah Y pada gedung 15 lantai akibat beban gempa (cm)

Lantai	M15G	K15SG	K15DG	E15SG	E15DG
1	30.55	18.67	15.28	15.77	7.13
3	56.46	20.58	15.96	16.32	7.82
6	64.27	23.14	16.16	17.47	8.59
9	75.34	24.98	17.78	18.09	9.22
12	84.49	26.32	19.41	18.57	10.84
15	92.56	29.56	21.6	19.28	11.27

Tabel 3.9

Simpangan maksimum arah X pada gedung 25 lantai akibat beban gempa (cm)

Lantai	M25G	K25SG	K25DG	E25SG	E25DG
1	32.58	14.48	13.54	13.47	18.44
5	57.25	18.51	17.44	19.23	24.63
10	66.89	21.88	19.89	20.12	29.06
15	79.2	28.45	26.65	27.65	34.34
20	83.72	32.02	29.05	31.77	46.78
25	99.17	38.74	35.34	35.79	53.84

Tabel 3.10

Simpangan maksimum arah Y pada gedung 25 lantai akibat beban gempa (cm)

Lantai	M25G	K25SG	K25DG	E25SG	E25DG
1	17.72	8.7	9.5	14.12	13.37
5	19.41	10.13	10.4	19.37	18
10	25.38	21.18	22.32	20.6	20.27
15	30.18	31.39	31.45	29.98	30.48
20	42.18	45.4	45.25	37.6	39.87
25	58.99	56.65	56.56	43	47.21

Tabel 3.11

Gaya geser maksimum arah X pada gedung 15 lantai akibat beban gempa (kN)

Lantai	M15G	K15SG	K15DG	E15SG	E15DG
1	172.7	80.46	159.3	161.2	98.74
3	74.15	81.79	88.63	82.72	80.51
6	64.32	76.98	79.66	63.15	61.47
9	56.8	59.05	74.6	56.1	53.59
12	52.99	52.31	52.67	44.1	50.08
15	43.24	33.44	24.34	25.06	26.2

Tabel 3.12

Gaya geser maksimum arah Y pada gedung 15 lantai akibat beban gempa

Lantai	M15G	K15SG	K15DG	E15SG	E15DG
1	139.9	140.7	140.56	141.7	197.5
3	95.61	95.86	95.71	83.52	98.72
6	84.64	85.07	93.33	81	86.15
9	77.29	77.72	78.53	78.26	74.59
12	67.72	68.12	68.56	67.88	64.12
15	53.09	53.41	53.44	52.55	53.14

**Tabel 3.13**  
**Gaya Geser Maksimum Arah X Gedung 15 Lantai dengan Beban Angin**

Lantai	M15A	K15SA	K15SA1	K15SA2	K15DA	E15SA	E15SA1	E15SA2	E15DA
1	25.7	22.4	25.65	1.8	22.66	15.34	15.37	8.71	15.41
3	31.48	28.18	30.89	12.04	28.38	22.28	22.29	17.83	22.33
6	32.39	28.87	31.17	16.09	29.04	23.81	23.82	21.1	23.85
9	33.85	30.24	31.98	21.03	30.79	26.36	26.37	24.92	26.39
12	33.34	30.13	31.26	24.24	30.41	27.63	27.64	26.82	27.65
15	30.98	28.4	28.92	25.77	28.54	27.25	27.26	27.01	27.26

**Tabel 3.14**  
**Gaya Geser Maksimum Arah Y Gedung 15 Lantai dengan Beban Angin**

Lantai	M15A	K15SA	K15SA1	K15SA2	K15DA	E15SA	E15SA1	E15SA2	E15DA
1	10.9	11.96	8.98	8.99	10.66	10.63	10.63	10.65	10.64
3	18.48	19.82	17.37	17.36	18.75	18.71	18.71	18.75	18.71
6	20.81	21.68	19.52	19.47	20.72	20.65	20.65	20.72	20.65
9	24.47	24.53	22.91	22.82	23.74	23.7	23.69	23.79	23.69
12	26.38	25.87	24.84	24.72	23.8	25.28	25.27	25.36	25.27
15	26.66	25.79	25.34	25.22	25.58	25.47	25.47	25.55	25.46

Tabel 3.15

## Gaya Geser maksimum Arah X Gedung 25 Lantai dengan Beban Angin

Lantai	M25A	K25SA	K25SA1	K25SA2	K25DA	E25SA	E25SA1	E25SA2	E25DA
1	37.75	13.68	33.88	6.97	22.61	14.17	14.2	10.46	14.21
5	41.64	21.44	38.02	16.55	28.72	22.39	22.42	20.37	22.44
10	43.24	28.74	39.47	23.12	30.89	30.37	30.44	30.05	30.45
15	44.74	35.06	51.69	68.39	34.51	37.28	37.43	37.26	37.38
20	43.52	37.98	42.2	28.41	38.69	40.45	40.67	40.51	40.56
25	40.15	38.41	42.23	31.84	39.69	41.14	41.43	41.34	41.24

Tabel 3.16

## Gaya Geser maksimum Arah Y Gedung 25 Lantai dengan Beban Angin

Lantai	M25A	K25SA	K25SA1	K25SA2	K25DA	E25SA	E25SA1	E25SA2	E25DA
1	11.25	20.89	3.91	4.56	11.29	10.96	10.98	10.95	10.97
5	19.89	27.65	14.15	14.56	19.91	20.05	20.04	20.05	20.07
10	25.24	32.44	22.77	22.57	22.94	28.28	28.27	28.3	28.33
15	31.87	38.51	10.18	10.68	26.64	35.14	35.13	35.16	35.19
20	34.75	75.58	30.12	29.49	31.2	38.37	38.35	38.37	38.39
25	35.48	37.08	34.15	33.34	32.85	39.31	39.27	39.28	39.31



## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1 Simpangan Puncak

Dari hasil-hasil pencatatan simpangan puncak bangunan akibat beban angin dan gempa mendapatkan hasil yang berbeda. Perbedaan ini tampak jelas pada bangunan 15 lantai dan 25 lantai.

##### 4.1.1 Bangunan dengan beban angin

Pada bangunan yang dikenai beban angin, terjadi penurunan simpangan puncak dari struktur rangka tidak diperkaku dengan struktur diperkaku konsentris maupun eksentris, seperti terlihat pada tabel 3.1 dan tabel 3.2.

Pada bangunan 15 lantai terlihat bahwa pada struktur rangka tidak diperkaku mengalami simpangan puncak lebih besar dari pada struktur rangka diperkaku konsentrik maupun pada struktur rangka diperkaku eksentris, dapat dilihat pada tabel 3.5 dan gambar 4.7. Hal ini disebabkan karena batang-batang diagonal pada struktur rangka diperkaku dapat menahan gaya-gaya horisontal, sehingga pergeseran dapat dikurangi.

Struktur rangka diperkaku konsentrik dengan satu batang diagonal mengalami pengurangan simpangan puncak yang tidak terlalu besar. Tetapi untuk struktur rangka diperkaku konsentrik dengan dua batang diagonal penurunan simpangan puncak mencapai 30 %, seperti terlihat pada tabel 3.1 dan gambar 4.7.

Hal ini disebabkan pada struktur dengan satu batang diagonal hanya dapat menahan satu gaya, yaitu tekan atau tarik tergantung dari arah gaya lateralnya. Sedangkan pada struktur dengan dua batang diagonal apabila mendapat beban horisontal batang tersebut dapat menahan gaya tekan dan gaya tarik (Wahyudi L, Rahim Sjahri. A, 1992). Pada struktur rangka diperkaku konsentrik dengan satu batang diagonal searah (K15SA1 dan K15SA2) memiliki hasil yang berbeda apabila menerima beban lateral yang berlainan arah. Dari gambar 4.7 terlihat bahwa arah beban angin dari arah kanan (K15SA2) mengalami pengurangan simpangan yang lebih besar dibanding dengan beban angin arah kiri. Pada struktur rangka diperkaku eksentrik mengalami pengurangan simpangan puncak yang cukup besar hingga mencapai 90 %. Sedangkan antara struktur rangka diperkaku eksentris satu batang dengan dua batang tidak mengalami perbedaan penurunan simpangan puncak yang cukup berarti.

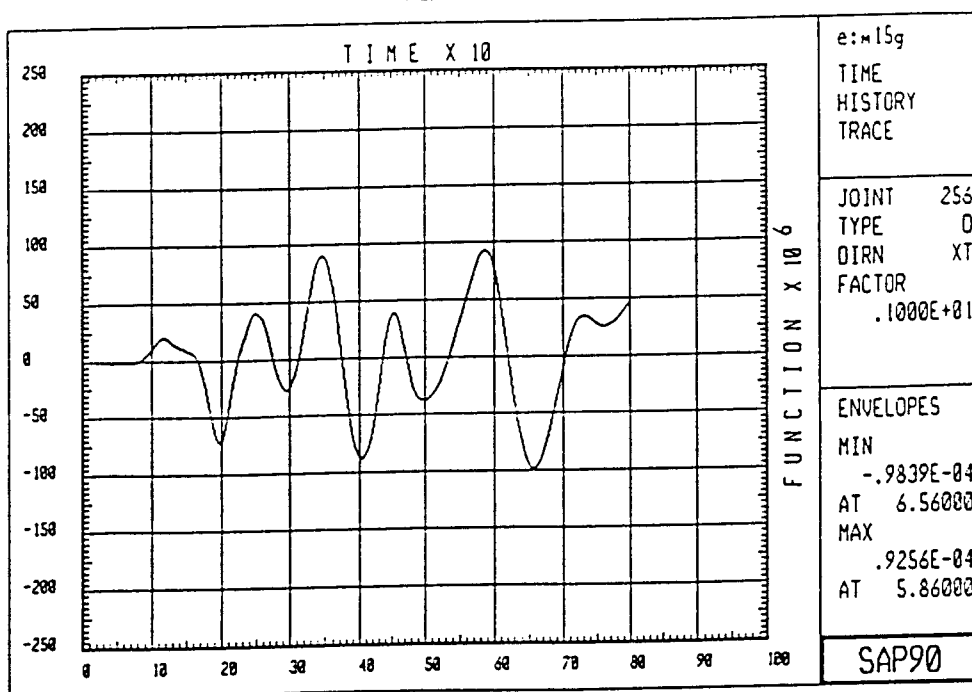
Untuk bangunan 25 lantai hampir mempunyai kesamaan pada bangunan 15 lantai. Terjadi penurunan perpindahan puncak tidak begitu besar antara struktur rangka tidak diperkaku dengan struktur rangka diperkaku konsentrik dengan satu batang diagonal. Tetapi untuk struktur konsentrik dengan satu batang diagonal searah (K25SA2) dengan beban angin arah kanan dapat menurunkan perpindahan puncak hampir 70 % seperti terlihat gambar 4.8. Struktur konsentrik satu batang diagonal ini mengalami penurunan hampir 50 % dibandingkan dengan struktur pengaku konsentrik dengan dua batang diagonal. Sedangkan untuk struktur pengaku

eksentris baik dengan satu ataupun dua batang diagonal terjadi pengurangan simpangan puncak hingga 100 % seperti terlihat tabel 3.3 dan gambar 4.7.

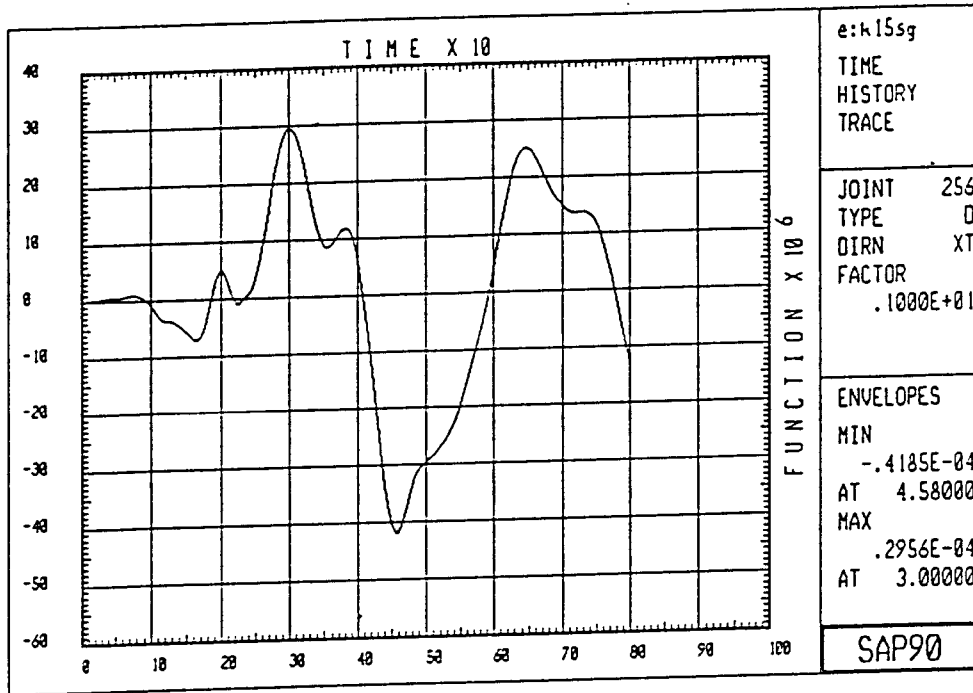
#### 4.1.2 Bangunan dengan beban gempa

Bangunan 15 lantai dengan beban gempa juga mengalami penurunan perpindahan puncak pada struktur rangka diperkaku dibandingkan struktur rangka tidak diperkaku. Ini dapat dilihat pada tabel 3.2 dan gambar 4.9.

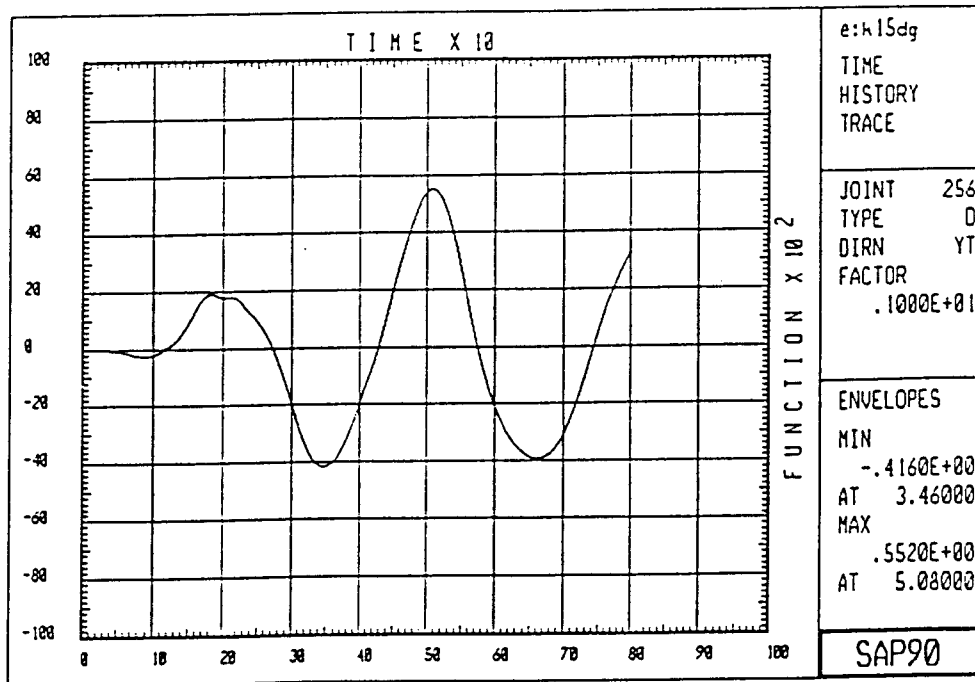
Dari hasil analisis dengan program SAP 90, dapat dilihat pengurangan simpangan puncak dengan menggunakan analisis respon riwayat waktu ("time history analysis") yang berupa grafik simpangan akibat beban gempa El Centro. Pada gambar 4.1 berupa hasil analisis respon riwayat waktu pada portal struktur yang tidak diperkaku gedung 15 lantai (M15G).



Gambar 4.1. Grafik simpangan puncak portal M15G.

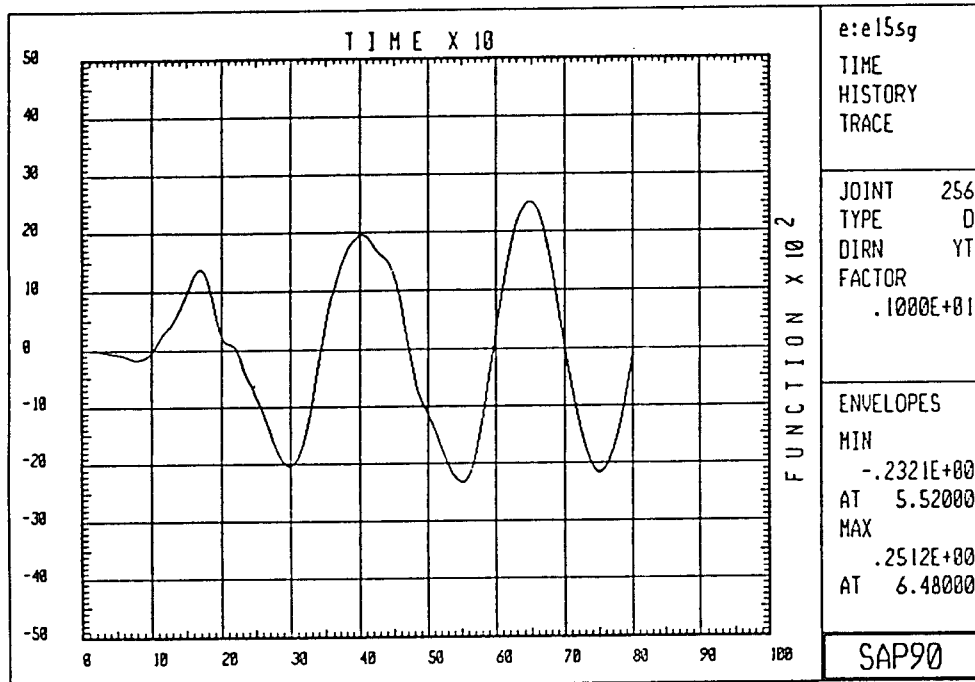


Gambar 4.2. Grafik simpangan puncak portal K15SG



Gambar 4.3. Grafik simpangan puncak portal K15DG





Gambar 4.4. Grafik simpangan puncak portal E15SG

Pada gambar 4.2 dan 4.3 adalah portal struktur diperkaku kosentrik, jika dibandingkan pada gambar 4.1 terlihat ada pengurangan simpangan puncak yang cukup besar. Pengurangan juga terlihat pada portal dengan diperkaku eksentrik seperti pada gambar 4.4 dibandingkan pada gambar 4.1 dan gambar 4.2 dan 4.3.

Penurunan perpindahan puncak pada arah X yang terjadi sangat besar baik untuk struktur diperkaku konsentrik maupun eksentrik. Penurunan yang terjadi pada pengaku konsentrik mencapai 75 % dari struktur penahan momen, sedangkan untuk pengaku eksentrik lebih besar hingga mencapai 90 % seperti terlihat pada tabel 3.7 dan gambar 4.9. Untuk perpindahan puncak arah Y, penurunan perpindahan puncak pada pengaku konsentrik tidak terlalu besar, sedangkan pada pengaku eksentrik penurunan mencapai 60 % seperti terlihat pada tabel 3.8 dan gambar 4.10. Hal ini dikarenakan struktur rangka diperkaku eksentrik memiliki

balok yang disebut "Link Beam". Pada sistim ini pengaku bertumpu pada balok tersebut, sehingga sistim ini dapat menyerap energi akibat beban gempa yang cukup besar akan disalurkan pada link beam. (Englekir.R, 1994), (K.David, 1988), (Balendra. T, 1987), (Benny. P, 1995). Sedangkan pada struktur rangka diperkaku konsentrik tidak mengalami pengurangan yang besar seperti pada tabel 3.2 dan gambar 4.9 dan 4.10.

Pada bangunan 25 lantai, terjadi juga pengurangan simpanga puncak arah X yang cukup besar baik untuk pengaku konsentrik maupun eksentrik. Untuk pengaku konsentrik dan eksentrik dengan satu batang diagonal hampir 60 - 70 %. Sedangkan untuk struktur pengaku eksentrik dua batang diagonal pengurangannya hanya sekitar 20 % seperti terlihat pada tabel 3.9 dan gambar 4.11. Pengurangan simpangan puncak arah Y terlihat pada tabel 3.10 dan gambar 4.12 tidak begitu besar dibanding dengan struktur penahan momen. Pengurangan simpangan yang terjadi hanya sekitar 15 - 25 %.

#### 4.2 Gaya Geser

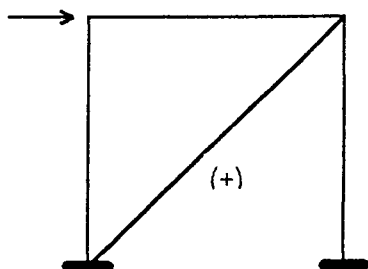
Dari hasil analisa simulasi perhitungan gaya geser model-model struktur dengan menggunakan program SAP90 terlihat adanya kenaikan gaya geser dasar pada bangunan 15 lantai dan bangunan 25 lantai, baik oleh beban angin maupun beban gempa. Pada tabel 3.1,3.2, 3.3 dan 3.4, gaya geser per lantai terjadi kenaikan pada beban angin tetapi, pada beban gempa gaya geser per lantai turun seperti terlihat gambar 4.13 dan 3.14.

### 4.3 Momen Dasar

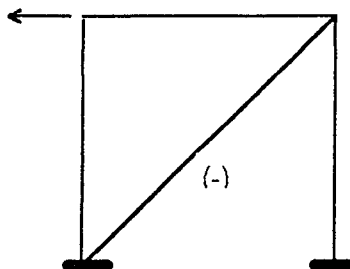
Hasil pencatatan momen-momen yang terjadi pada struktur yang dibebani angin atau gempa terlihat adanya kenaikan momen dari struktur rangka penahan momen dengan struktur diperkaku. Kenaikan yang terjadi sekitar 5 - 70 %.

### 4.4 Puntir

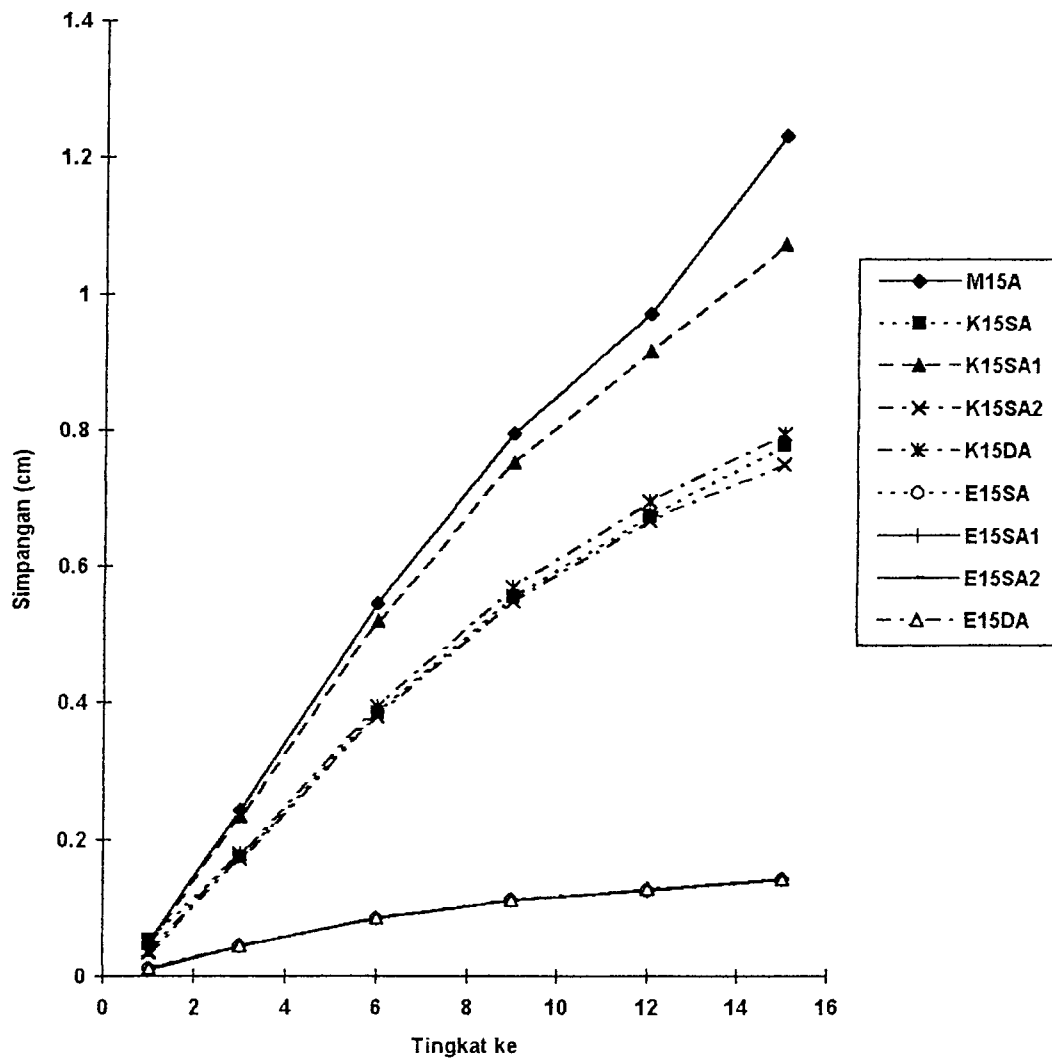
Dari pengamatan gambar tiga dimensi, terlihat ada beberapa model bangunan yang mengalami puntir. Ini banyak terjadi pada bangunan yang dibebani beban angin. Bangunan yang mengalami puntir itu kebanyakan struktur yang direncanakan dengan pengaku satu batang diagonal. Sedangkan struktur dengan dua batang diagonal tidak mengalami puntir. Hal ini disebabkan karena pada struktur dengan satu batang diagonal hanya akan mengalami satu gaya saja, yaitu tarik atau tekan tergantung dari mana arah gaya lateralnya. Oleh karena itu pusat massa tidak berimpit pada pusat geometriknya. Bila resultante gaya penahan (dari portal) melalui tengah-tengah pusat geometri maka gaya-gaya horisontal akan seimbangan. Akan tetapi apabila gaya horisontal dan gaya penahan itu tidak berimpit maka akan timbul rotasi di bidang horisontal, dan hal ini menyebabkan gedung mengalami puntiran yaitu bagian atas berputar tetapi bagian bawah (pondasi) tetap.



Gambar 4.5. Batang diagonal mengalami tekan

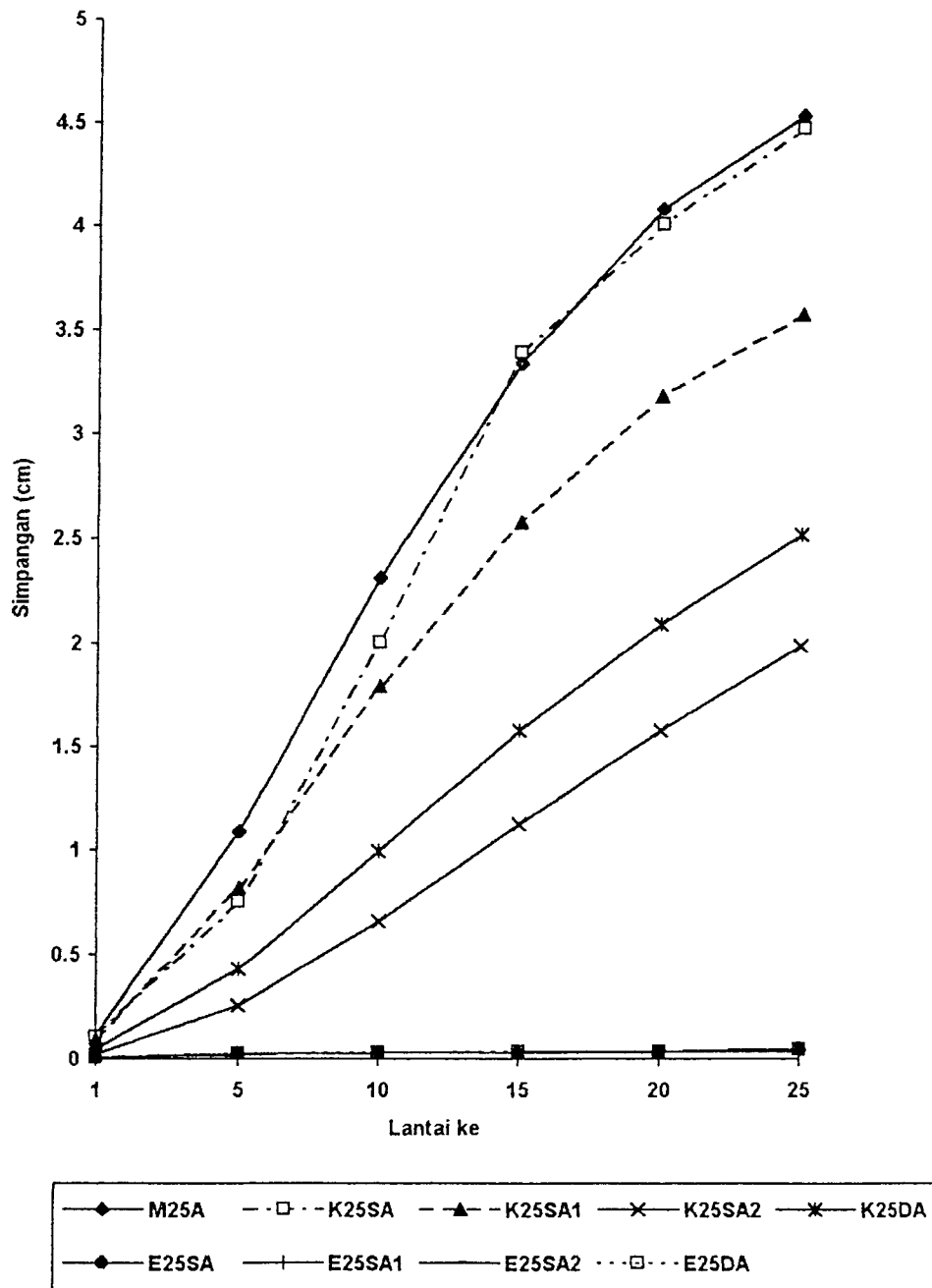


Gambar 4.6. Batang diagonal mengalami tarik

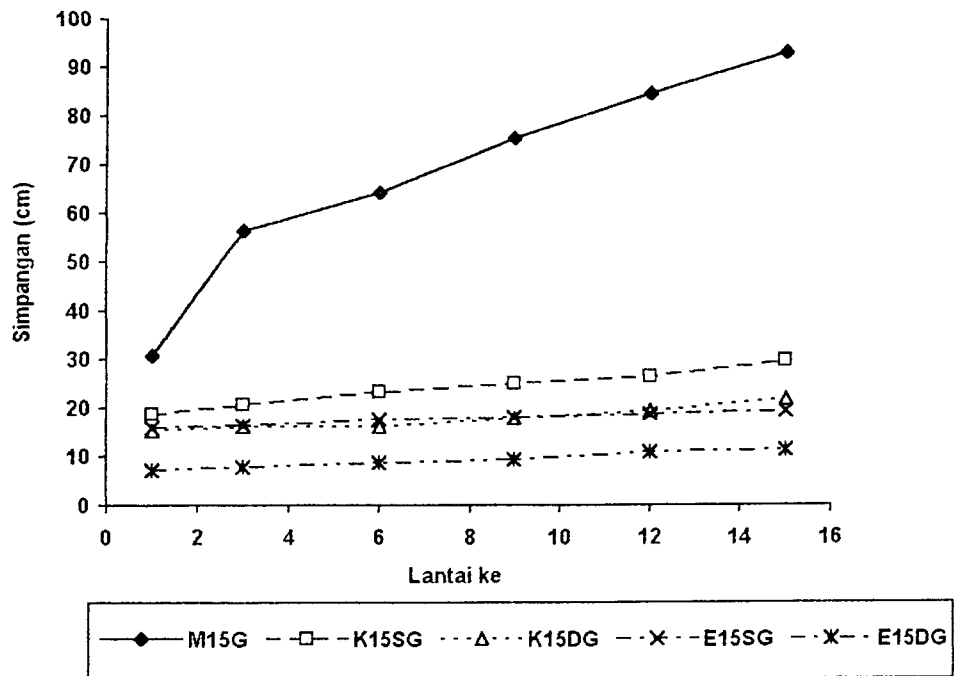


Gambar 4.7. Grafik simpangan maksimum arah Y gedung 15 lantai akibat beban angin

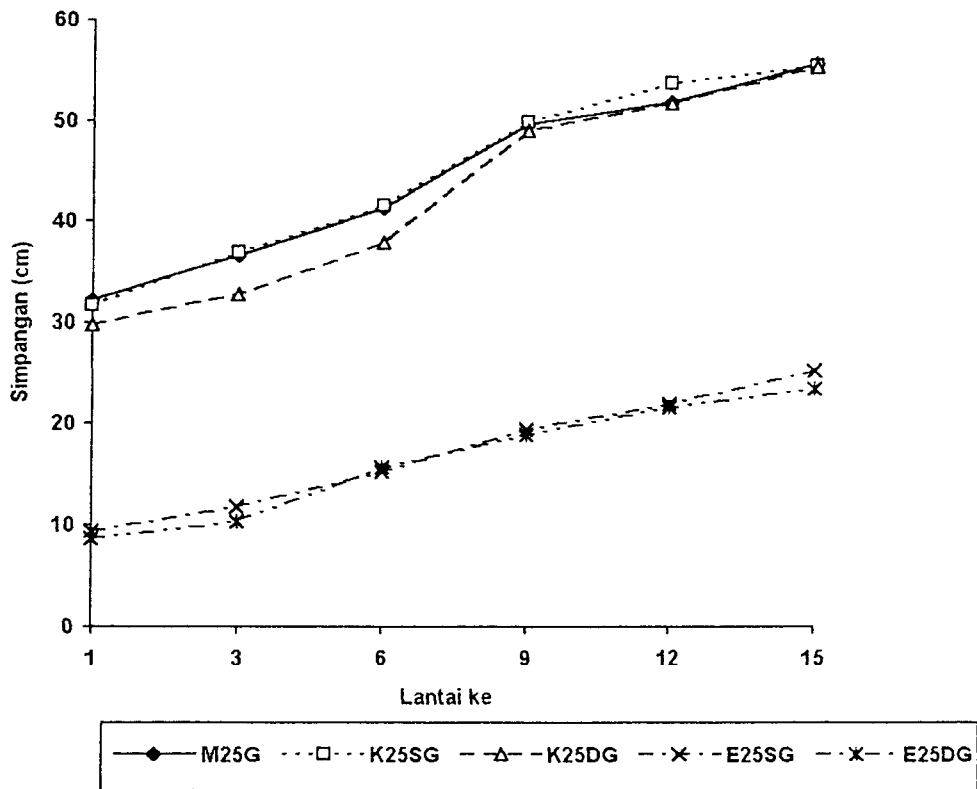




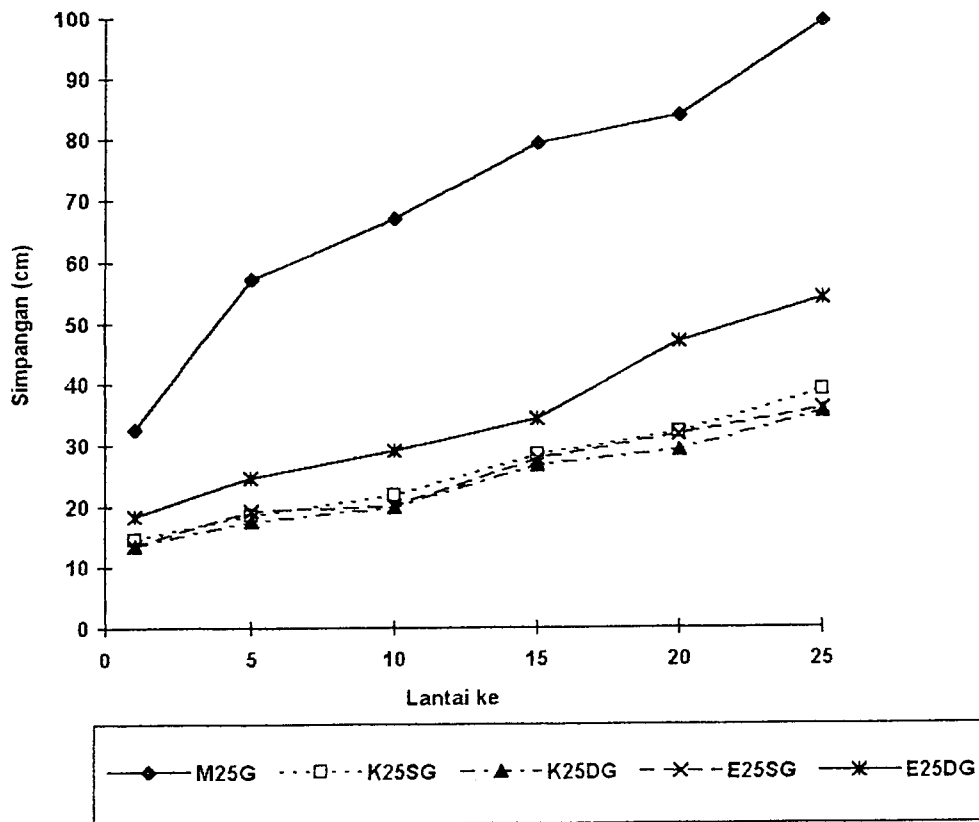
Gambar 4.8. Grafik simpangan maksimum arah Y gedung 25 lantai akibat beban angin



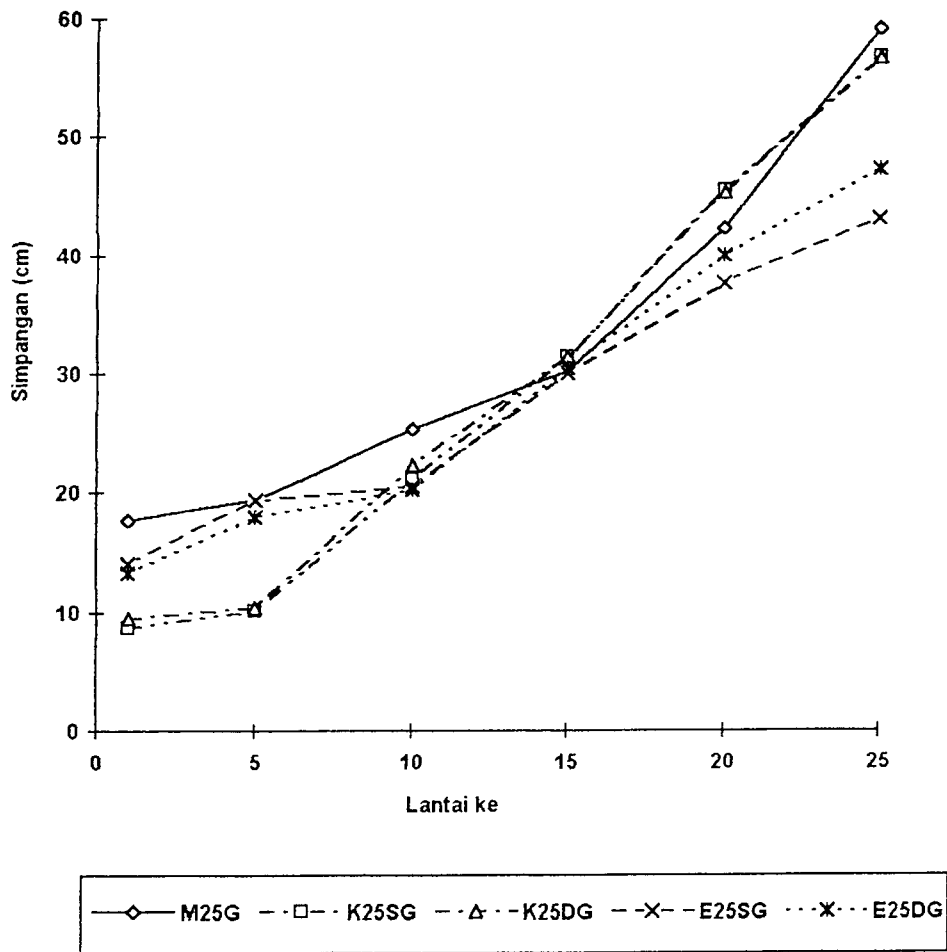
Gambar 4.9. Grafik simpangan maksimum arah X gedung 15 lantai akibat beban gempa



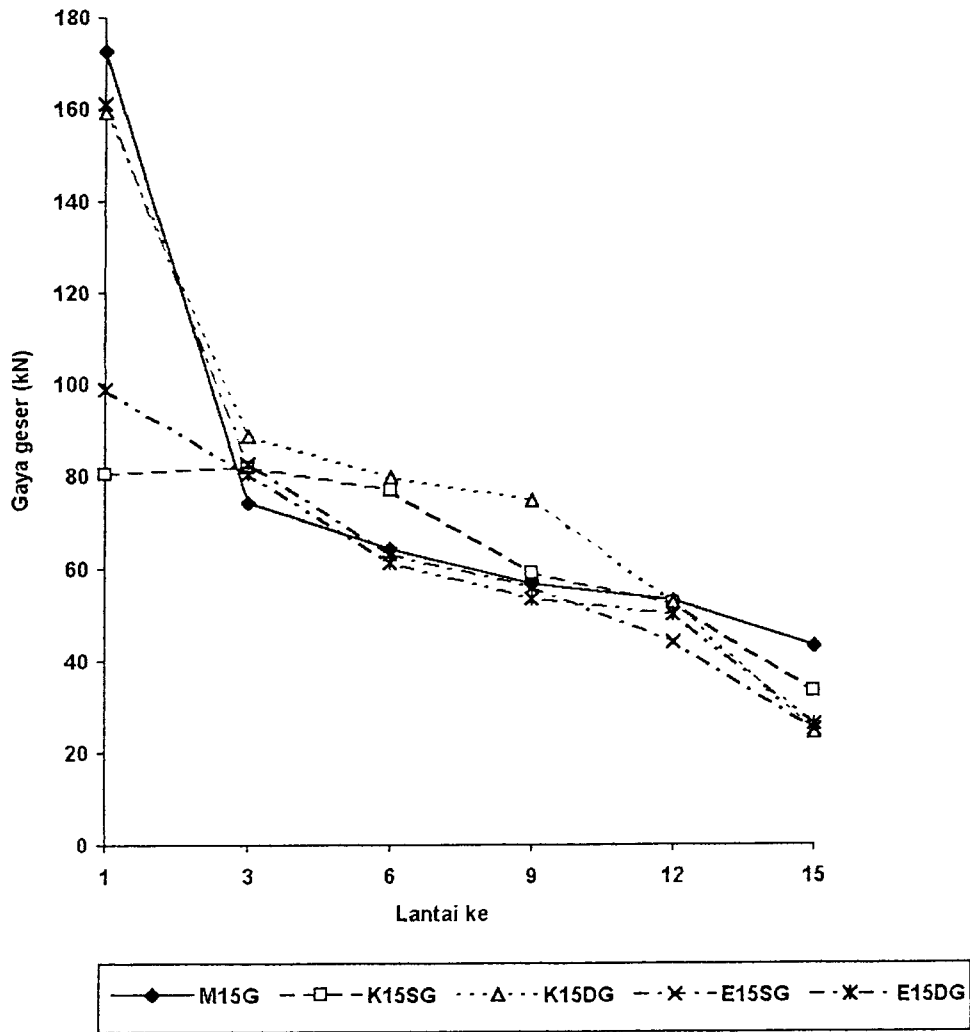
Gambar 4.10. Grafik simpangan maksimum arah Y gedung 15 lantai akibat beban gempa



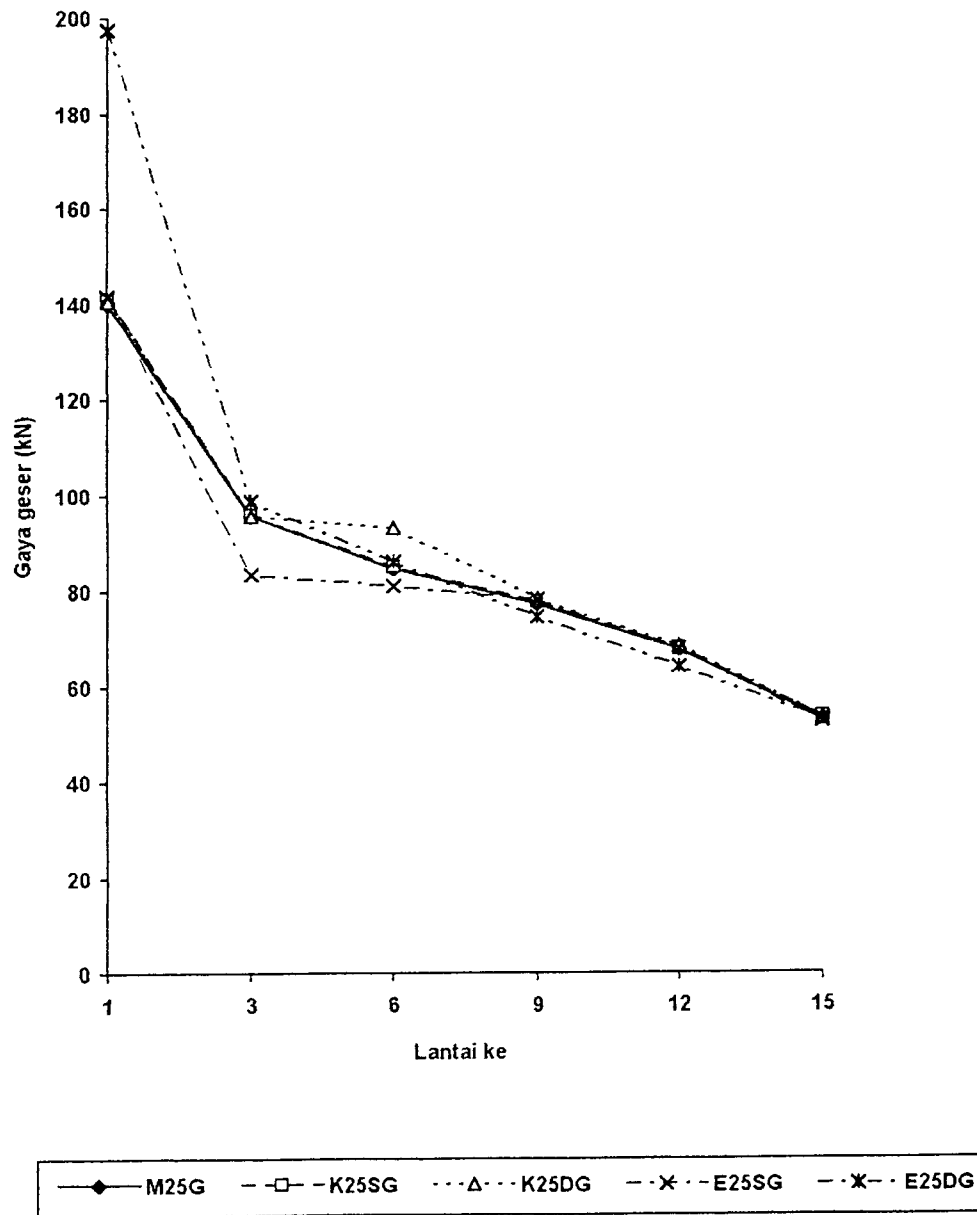
Gambar 4.11. Grafik simpangan maksimum arah X gedung 25 lantai akibat beban gempa



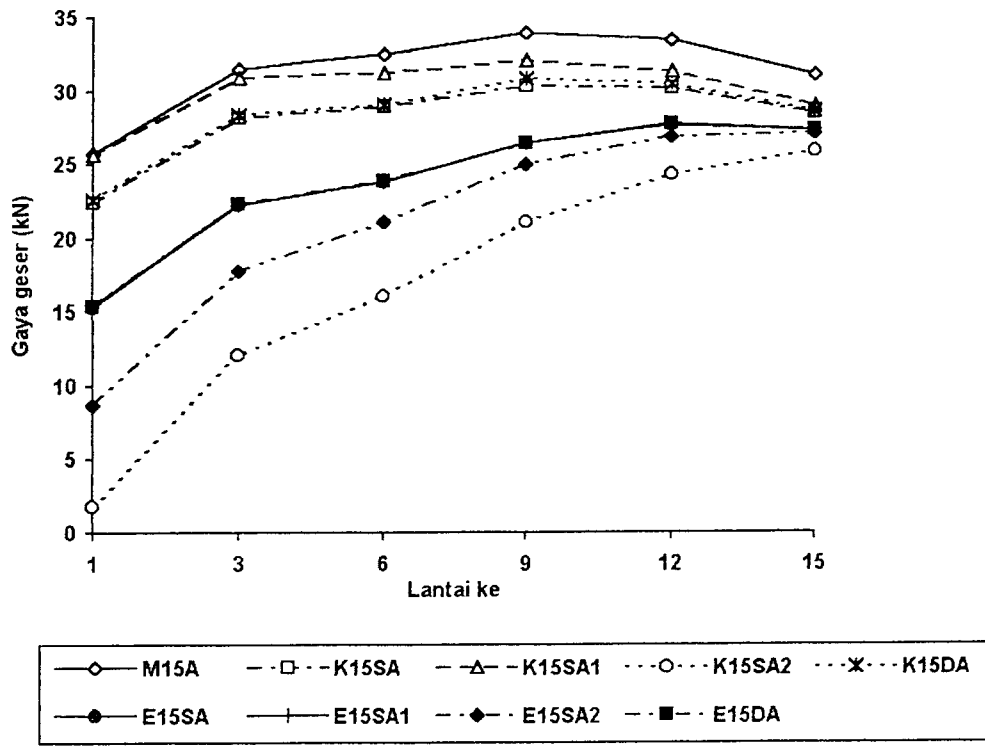
Gambar 4.12. Grafik simpangan maksimum arah Y gedung 25 lantai akibat beban gempa



Gambar 4.13. Grafik gaya geser maksimum arah X gedung 15 lantai akibat beban gempa

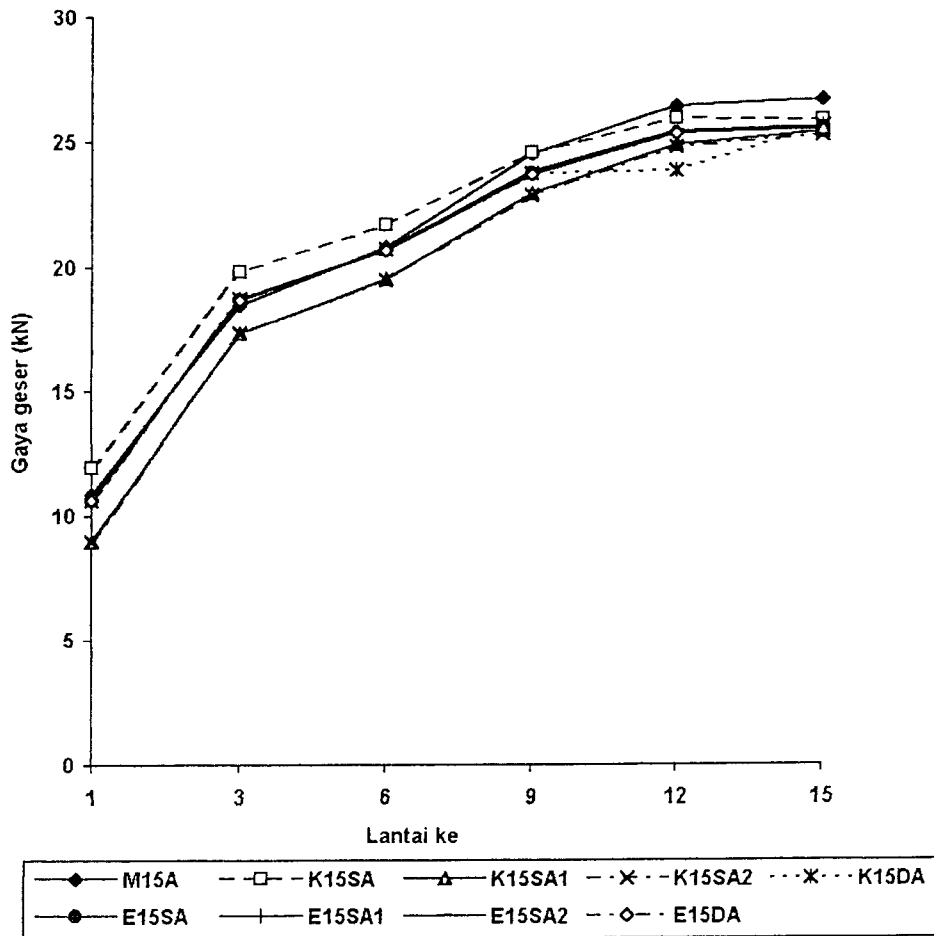


Gambar 4.14 Grafik gaya geser maksimum arah Y gedung 15 lantai akibat beban gempa

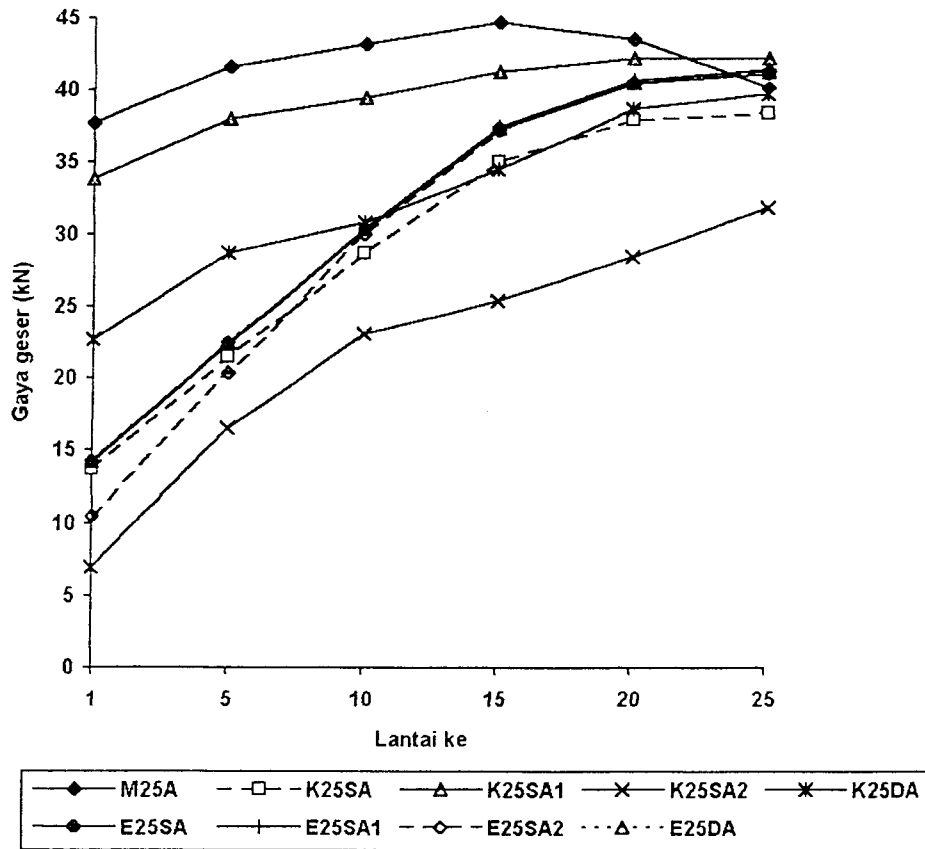


Gambar 4.15. Grafik gaya geser arah X gedung 15 lantai akibat beban angin

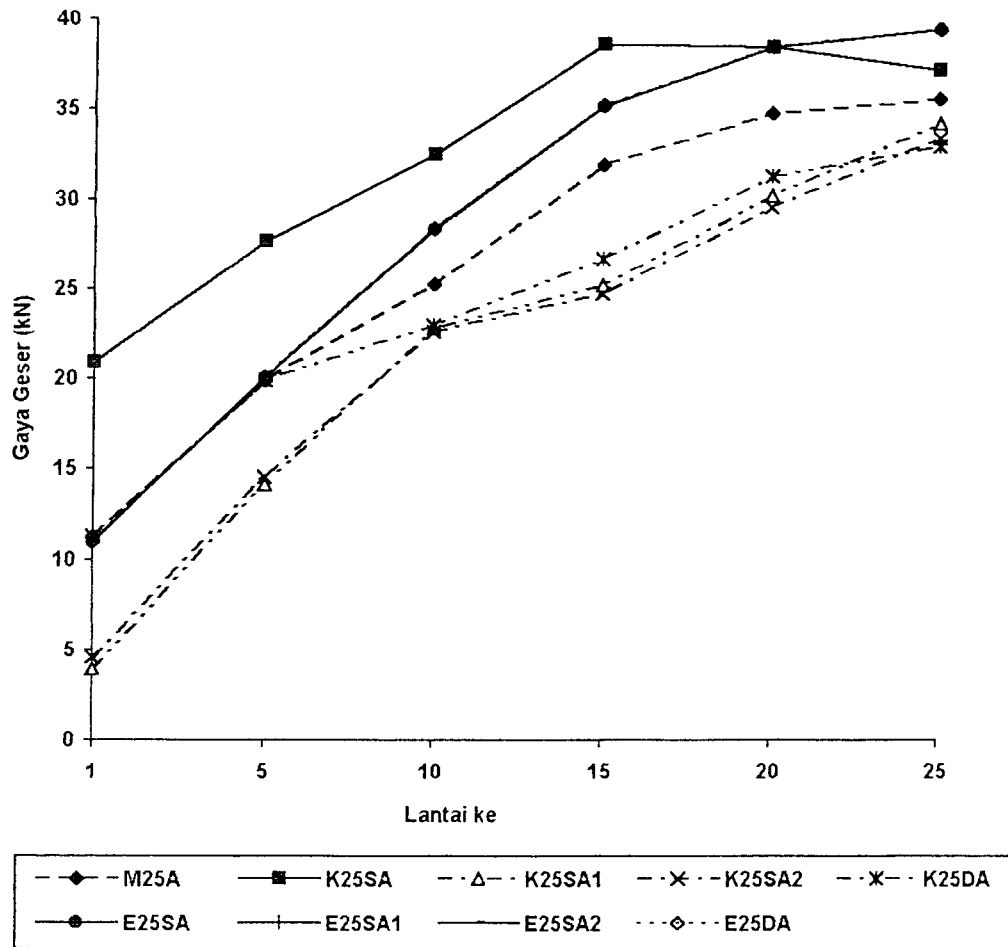




Gambar 4.16. Gaya geser maksimum arah Y gedung 15 lantai akibat beban angin



Gambar 4.17. Gaya geser maksimal arah X gedung 25 lantai akibat beban angin



Gambar 4.18. Gaya geser maksimum arah Y gedung 25 lantai akibat beban angin

## **BAB V**

### **KESIMPULAN dan SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan banding dari model konstruksi baja rangka penahanan momen dengan pengaku, maka dapat disimpulkan :

1. Konstruksi dengan pengaku ternyata dapat menurunkan perpindahan puncak hingga 90 % , terutama untuk pengaku eksentrik.
2. Konstruksi rangka diperkaku eksentrik ternyata lebih mempunyai keunggulan dari pada konstruksi rangka diperkaku konsentrik dalam hal perpindahan puncak (simpangan).
3. Konstruksi baja bila menerima beban angin, akan mengalami simpangan yang kecil dibanding bila konstruksi menerima beban gempa. Pada beban gempa simpangan yang terjadi cukup besar sehingga konstruksi yang direncanakan dengan beban gempa akan dapat menahan beban angin.

#### **5.2 Saran-saran**

1. Pembebanan gempa sebaiknya dicoba dengan beban-beban gempa dinamis lainnya, misalnya gempa Taft 1952, Almedo Park 1962, Aomori 1968 dan sebagainya.
2. Sebaiknya mencoba suatu bangunan yang telah jadi kemudian dicoba ketahanannya terhadap beban gempa dinamis.

3. Perencanaan suatu gedung hendaknya direncanakan dengan simpangan yang terjadi akibat beban gempa dinamis ataupun statis ekuivalen agar keamanan dan kenyamanan gedung terjaga.
4. Pada tugas akhir ini hanya menggunakan beban hidup dan beban mati saja untuk perencanaan profil, oleh sebab itu dicoba untuk perencanaan profil menggunakan kombinasi antara beban mati beban hidup dengan gempa atau dikombinasi beban mati beban hidup dengan angin.

## Daftar Pustaka

1. Englekirk. Robert, 1994, STEEL STRUCTURES CONTROLLING BEHAVIOR THOURGH DESIGH, John Wiley & Sons, Inc.
2. Key. David, 1988, EARTHQUAKE DESIGN PRACTICE FOR BUILDINGS, Thomas Telford.
3. Balendra. Thambirajah, Yang Kam Kai, Young Liaw Chih, Lip Lee Seng. 1987 BEHAVIOUR OF ECCENTRICALLY BRACED FRAME BY PSEUDO-DYNAMIC TEST, Journal of Structural Engineering, ASCE, vol. 113, no.4, April.
4. -----1983, PERATURAN PEMBEBANAN INDONESIA UNTUK GEDUNG (PIIG), Yayasan Lembaga, Penyelidikan Masalah Bangunan.
5. -----1984, PERATURAN PERENCANAAN BANGUNAN BAJA INDONESIA (PPBBI), Yayasan Lembaga, Penyelidikan Masalah Bangunan.
6. -----1987, Pedoman PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA UNTUK RUMAH DAN GEDUNG, SKBI-1.3.53.1987, Departemen Pekerjaan Umum.
7. Laurentius Wahyudi, Sjahril A. Rahim, 1992, METODE PLASTIS ANALISIS DAN DESAIN , PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
8. Edward L. Wilson, Ashraf Habibullah, 1990, SAP90 USER MANUAL, COMPUTER & STRUCTURES, INC. 1918 University Avenue Berkelay, California, 94704, USA.

9. Muto Kiyoshi, Wira. Msc, 1990, ANALISIS PERENCANAAN GEDUNG TAHAN GEMPA, Erlangga, Jakarta.
10. Godfrey, B.G. 1985, MULTI STORY BUILDING IN STEEL, 2nd ed, Collins.
11. Bambang Supriyadi, 1995, MENGANTISIPASI PENGARUH BEBAN ANGIN TOPAN PADA STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG, Makalah Seminar Bahaya Gempa dan Angin Topan Terhadap Struktur Bangunan Gedung, Kopertis Wil V, FTSP-UII, HAKI komda DIY, 22 - 23 September.
12. Widiadnyana Merati, 1993, KONTRIBUSI PADA STUDI DAKTILITAS PORTAL BAJA, Makalah Seminar Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Baja, Universitas Tarumanegara, Jakarta.
13. Supardjo Pusposutarto, 1995, BENCANA ANGIN TOPAN DI INDONESIA KEJADIAN DAN KESIAPAN MENGHADAPINYA, Makalah seminar Bahaya Gempa dan Angin Topan Terhadap Struktur Bangunan Gedung, Kopertis Wil V, FTSP UII, HAKI DIY, 22 - 23 September.
14. Wiratman Wangsadinata, 1983, PERENCANAAN BANGUNAN TAHAN GEMPA, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan.
15. Benny Puspantoro, 1995, PENGAKU LINK BEAM SEBAGAI TUMPUAN BAJA YANG DIPERKAKU EKSENTRIK, Makalah Seminar Bahaya Gempa dan Angin Topan Terhadap Struktur Bangunan Gedung, Kopertis Wil V, FTSP-UII, HAKI DIY, 22 - 23 September.

16. Salmon, C.G dan Johnson, J.E, 1983, STRUKTUR BAJA DESAIN DAN PERILAKUNYA, edisi ke 2, Erlangga, Jakarta.
17. -----1989, MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION ALLOWABLE STRESS DESIGN, Ninth edition, American Institute of Steel Construction, Inc.
18. Widiadnyana Merati, 1990, PERILAKU STRUKTUR BAJA MENERIMA BEBAN GEMPA.
19. Catatan kuliah Struktur Baja I - II.