

## BAB III

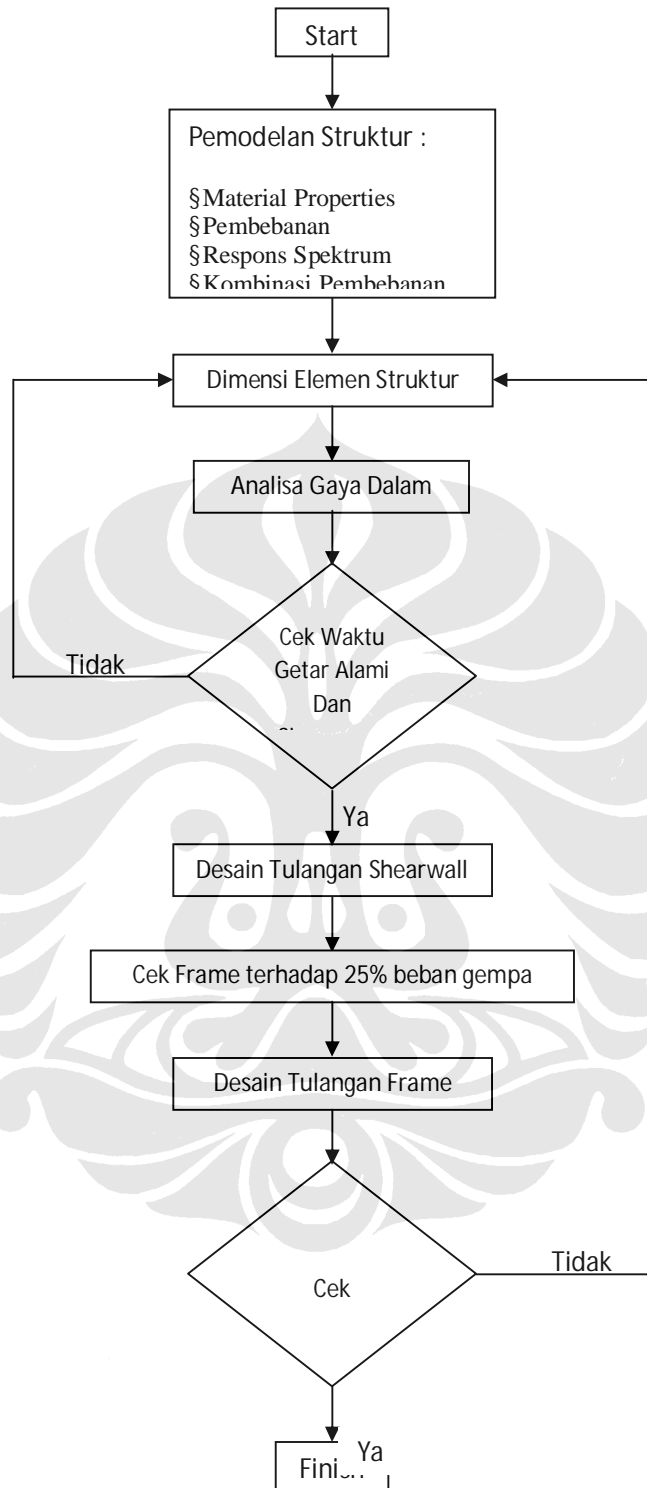
### STUDI KASUS

#### 3.1 UMUM

Tahap awal adalah pemodelan struktur berupa desain awal model, yaitu menentukan denah struktur. Kemudian menentukan dimensi-dimensi elemen struktur yaitu balok, kolom dan dinding geser serta parameter material seperti berat jenis beton, kuat tekan beton ( $f_c'$ ), elastisitas beton ( $E_c$ ) dan kuat leleh baja tulangan ( $f_y$ ). Setelah itu menentukan beban-beban yang akan diterapkan pada model (beban mati, beban hidup dan beban gempa).

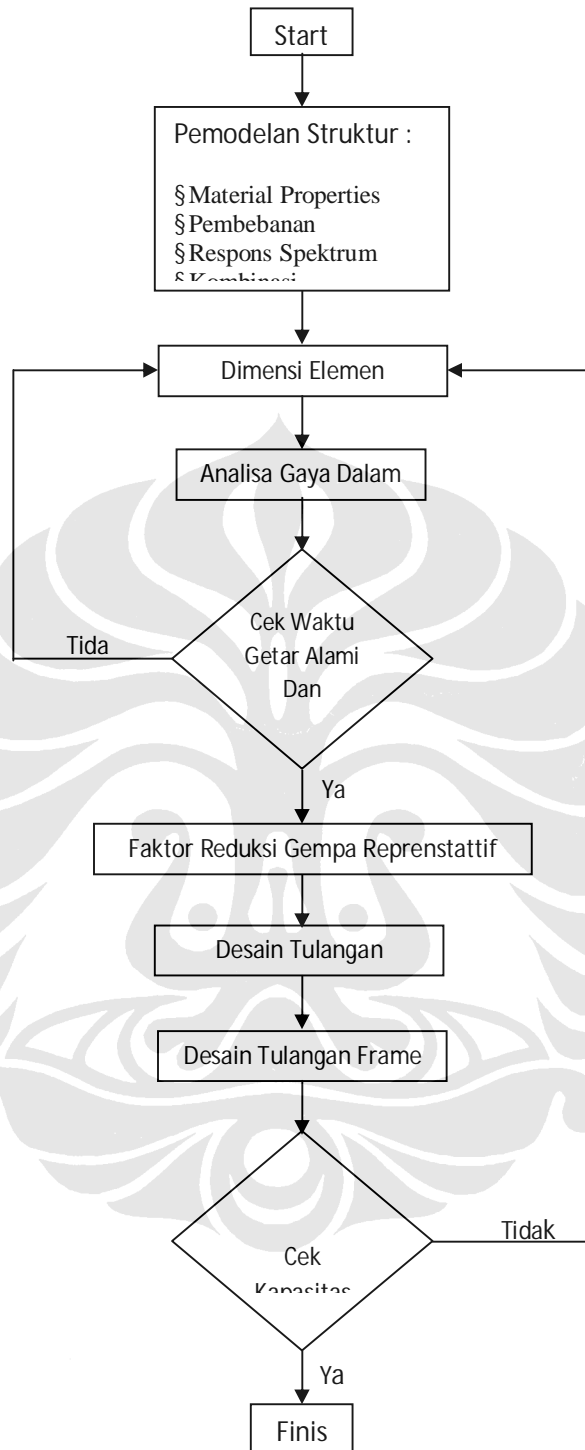
Tahap selanjutnya adalah melakukan analisis struktur dengan program ETABS 2000 *Non-Linear*. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan terhadap faktor skala akibat beban lateral sesuai dengan nilai faktor reduksi gempa representatif untuk metoda pembobotan. Model di analisis struktur sekali lagi untuk menyesuaikan analisa dinamik sesuai faktor skala tersebut. Waktu getar alami struktur model dibatasi untuk menghindari fleksibilitas struktur. Disamping itu, dilakukan pemeriksaan kinerja struktur terhadap batas layan dan batas ultimit. Langkah berikutnya adalah melakukan desain penulangan pada sistem struktur. Dalam peraturan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002, rasio luas tulangan balok dibatasi 0,35% sampai 2,5% dan rasio luas tulangan kolom (SRPMK) dibatasi antara 1% sampai 6%. Untuk metoda penggunaan faktor reduksi gempa secara langsung, desain tulangan *frame* berdasarkan 25% gaya geser gempa total dan dicek terhadap 25% beban gempa total tanpa bantuan dinding geser.

Tahap akhir adalah melakukan perbandingan terhadap semua model yang dibuat. Berdasarkan variasi terhadap jumlah tingkat, nilai faktor reduksi gempa dan jenis *frame*, maka jumlah keseluruhan model yang ada adalah 16 buah. Hasil akhir analisa berupa perbandingan antara berat tulangan dengan volume beton menurut faktor reduksi gempa dan jenis *frame*. Ringkasan umum langkah pengerjaan dengan program ETABS dapat dilihat pada gambar 3.1 dan gambar 3.2.



Gambar 3.1

Diagram Alir Analisis Model Struktur dengan program ETABS  
(Penggunaan Faktor Reduksi Gempa dengan Cara Langsung)



Gambar 3.2

Diagram Alir Analisis Model Struktur dengan program ETABS  
(Penggunaan Faktor Reduksi Gempa dengan Metoda Pembobotan)

### 3.2 FAKTOR REDUKSI KEKUATAN DAN KEKAKUAN

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan desain suatu bangunan dan elemen struktur. Hal-hal yang harus diperhatikan antara lain yaitu, faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ ), faktor reduksi kekakuan dan faktor reduksi beban hidup. Faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ ) digunakan untuk menentukan kuat rencana (kuat nominal), dimana nilainya disesuaikan dengan perilaku lentur, beban normal, geser dan torsi. Tujuan dari faktor reduksi kekuatan adalah :

1. Mengakomodasi kemungkinan komponen-komponen struktur yang kurang kuat akibat variasi kuat material dan dimensi
2. Mengakomodasi kekurang-telitian dalam desain ataupun pelaksanaan
3. Mencerminkan tingkat daktilitas dan keutamaan dari komponen-komponen struktur

Faktor reduksi kekuatan yang digunakan dalam desain model-model pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Lentur murni : 0,8
- Aksial tarik dengan atau tanpa lentur : 0,8
- Aksial tekan dengan atau tanpa lentur
  - Sengkang spiral : 0,7
  - Sengkang biasa : 0,65
  - Geser dan torsi : 0,75

Faktor reduksi kekakuan merupakan suatu koreksi terhadap keadaan retaknya penampang-penampang struktur beton dan perubahan bentuk akibat dari beban gempa yang dapat menyebabkan peningkatan dalam simpangan struktur. Faktor reduksi kekakuan yang digunakan dalam desain model-model pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Balok : 0,35  $I_g$
- Kolom : 0,70  $I_g$
- Dinding (tidak retak) : 0,70  $I_g$

### 3.3 REDUKSI BEBAN HIDUP

Faktor reduksi beban hidup yang digunakan dalam pemodelan dan desain pada tugas akhir ini adalah reduksi pada beban hidup untuk analisa beban gempa dan reduksi beban hidup untuk perhitungan gaya aksial kolom. Reduksi beban hidup berhubungan dengan peluang untuk terjadinya beban hidup penuh pada semua bagian struktur secara serempak selama umur gedung. Peluang tersebut sangat kecil, sehingga beban hidup tersebut dapat dianggap tidak sepenuhnya efektif. Reduksi beban hidup untuk analisa gempa pada tugas akhir ini menggunakan koefisien reduksi sebesar 0,3 (untuk bangunan perkantoran). Hal tersebut mengacu pada Peraturan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung SKBI-1987.

Reduksi beban hidup untuk perhitungan gaya aksial pada kolom seperti telah dijelaskan sebelumnya berkaitan dengan kecilnya peluang akan terjadinya beban hidup secara serempak selama umur gedung. Reduksi beban hidup untuk perhitungan gaya aksial pada kolom untuk tugas akhir ini dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Faktor reduksi kekuatan struktur beton bertulang <sup>[4]</sup>

Jumlah Lantai yang Dipikul	Koefisien Reduksi yang Dikalikan kepada Beban Hidup
1	0,90
2	0,80
3	0,70
4	0,60
5	0,50
6	0,40
7	0,40
8 dan lebih	0,40

### 3.4 PEMBEBANAN STRUKTUR & KOMBINASI PEMBEBANAN

Pembebanan didasarkan pada Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, SKBI-1.3.53.1987. Fokus Tugas Akhir ini adalah melihat pengaruh gaya gempa terhadap struktur rencana, maka pembebanan struktur untuk analisis hanya dilakukan terhadap beban-beban berikut:

a. Beban mati

Beban mati (dead load) yaitu berat dari seluruh bagian dari suatu struktur yang bersifat tetap. Beban mati yang diperhitungkan pada Tugas Akhir ini adalah berat sendiri dari masing-masing elemen struktur seperti pelat, balok, kolom, dan dinding geser. Pelat lantai direncanakan setebal 150 mm.

b. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan (superimposed dead load) yaitu berat mati tambahan yang muncul akibat beban-beban mati yang bukan merupakan elemen struktural. Beban mati tambahan yang digunakan pada struktur antara lain beban peralatan mekanikal dan elektrik sebesar  $50 \text{ kg/m}^2$  ( $0,5 \text{ kN/m}^2$ ), beban penutup lantai (ubin keramik) sebesar  $24 \text{ kg/m}^2$  ( $0,24 \text{ kN/m}^2$ ), beban mortar lantai sebesar  $21 \text{ kg/m}^2/\text{cm}$  ( $0,21 \text{ kN/m}^2/\text{cm}$ ), dan beban dinding  $\frac{1}{2}$  bata sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$  ( $2,5 \text{ kN/m}^2$ ).

c. Beban hidup

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan struktur gedung, baik akibat beban yang berasal dari orang maupun barang yang dapat berpindah, atau mesin dan peralatan serta komponen yang tidak merupakan bagian yang tetap dalam struktur yang dapat diganti selama masa hidup dari struktur gedung tersebut. Struktur direncanakan untuk gedung perkantoran, sehingga berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SKBI-1.3.53.1987), beban hidup pada lantai sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$  ( $2,5 \text{ kN/m}^2$ ) dan untuk lantai atap sebesar  $100 \text{ kg/m}^2$  ( $1,0 \text{ kN/m}^2$ ).

d. Beban gempa

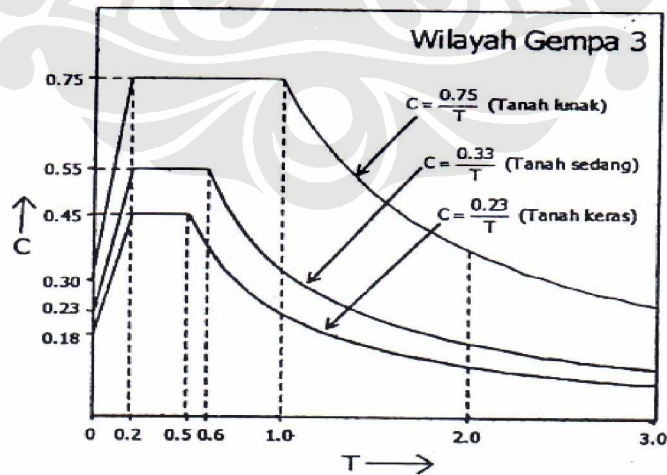
Beban gempa dihitung dengan analisis dinamik dengan program ETABS 2000 versi 8. Dalam tugas akhir ini dipergunakan data-data gempa (daerah gempa zona 3) dengan karakteristik tanah lunak. Respon spektrum dan peta zona gempa indonesia dapat dilihat pada gambar 3.3 dan 3.4 .

Tabel 3.2 Ringkasan pembebanan pada struktur

Jenis Beban	Besar Beban	Keterangan
Berat sendiri	24 kN/m <sup>3</sup>	Elemen struktur beton bertulang
Beban hidup atap	2,5 kN/m <sup>2</sup>	-
Beban hidup lantai	2,5 kN/m <sup>2</sup>	-
Beban ME	0,5 kN/m <sup>2</sup>	-
Beban penutup lantai	0,24 kN/m <sup>2</sup>	-
Beban spesi lantai	0,21 kN/m <sup>2</sup> /cm × 3 cm = 0,63 kN/m <sup>2</sup>	Ketebalan spesi 3 cm

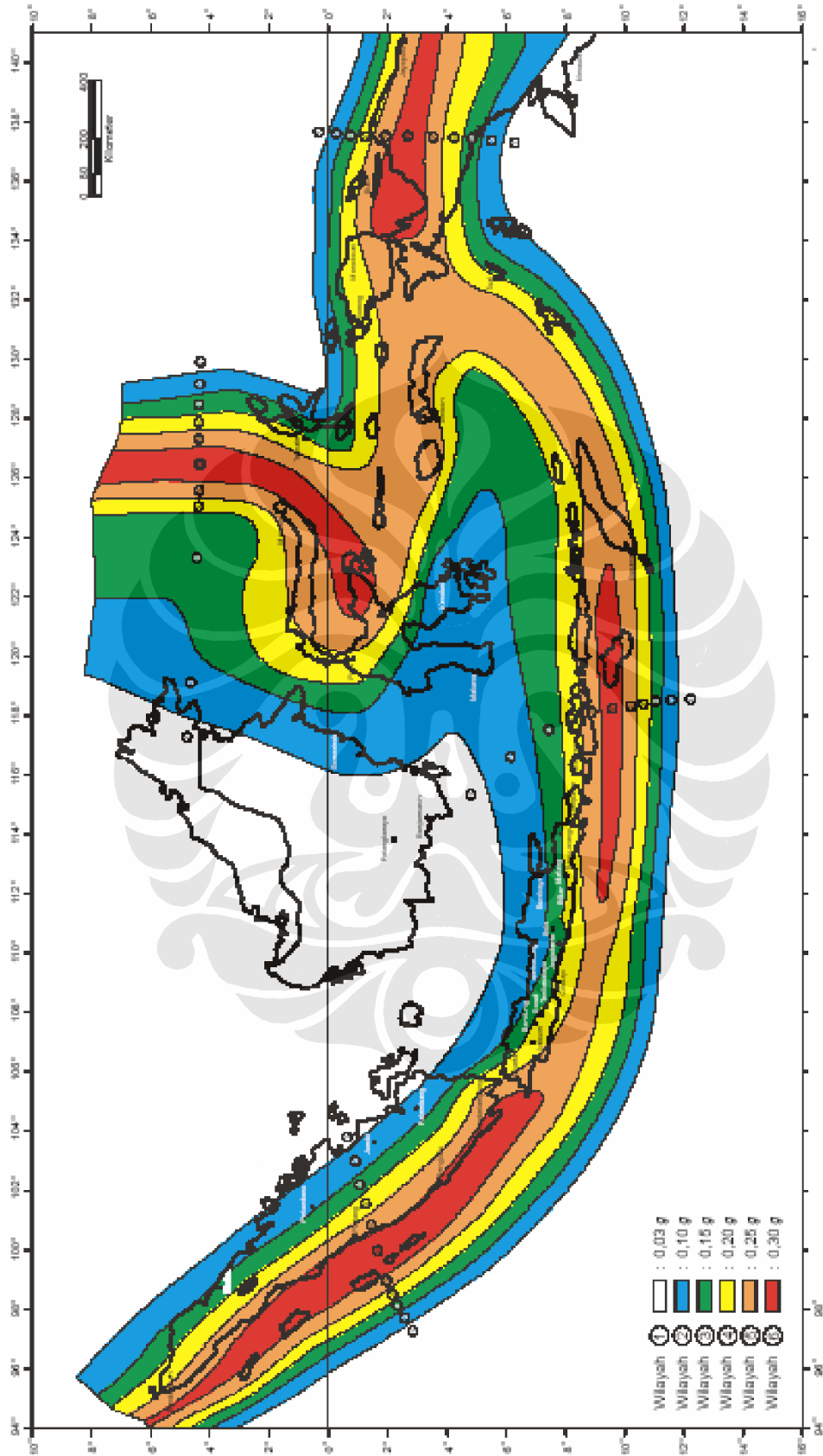
Kombinasi beban rencana pada struktur sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002, sebagai berikut:

- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL
- 1,2 DL + 1,0 LL ± 1,0 E
- 0,9 DL ± 1,0 E



Gambar 3.3<sup>[5]</sup>

Respons spektrum gempa rencana Zone 3



Gambar 3.4 [5]

Zona gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar pada periode ulang 500 tahun



### 3.5 PERENCANAAN DIMENSI ELEMEN STRUKTUR

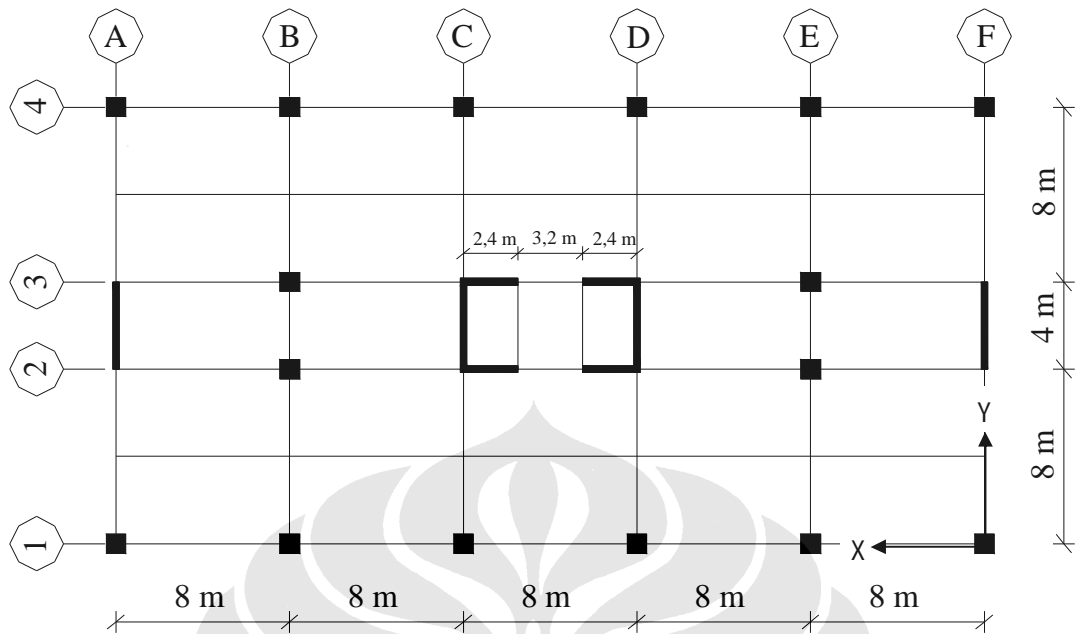
Perencanaan dimensi mengacu pada persyaratan-persyaratan yang terdapat dalam RSNI 03-2847-2002 untuk struktur beton bangunan gedung. Denah bangunan yang akan direncanakan secara dapat dilihat pada gambar 3.5. Elemen struktur yang direncanakan dimensinya meliputi :

#### A. Balok

Untuk balok induk desain tebal penampang diambil berdasarkan panjang bentangnya ( $L$ ), yaitu  $L/10$  sampai  $L/12$ . Sedangkan untuk balok anak digunakan  $L/14$ . Persyaratan lainnya yang harus dipenuhi yaitu dimensi minimum untuk lebar balok adalah 250 mm dan perbandingan antara lebar ( $b$ ) dengan tebal ( $h$ ) balok harus memenuhi  $b/h > 0,3$ . Lebar balok tersebut tidak boleh lebih lebar dari ketentuan  $b_{\text{balok}} \leq b_{\text{kolom}} + \frac{3}{4} h_{\text{balok}}$ . Dengan demikian maka dimensi balok minimum yang digunakan seperti pada tabel 3.3 dan tipe balok pada gambar 3.5. Tipe balok untuk pada setiap model bervariasi, disesuaikan untuk mampu memikul beban-beban rencana, jenis ragam, syarat simpangan dan memenuhi peraturan pembatasan waktu getar alami.

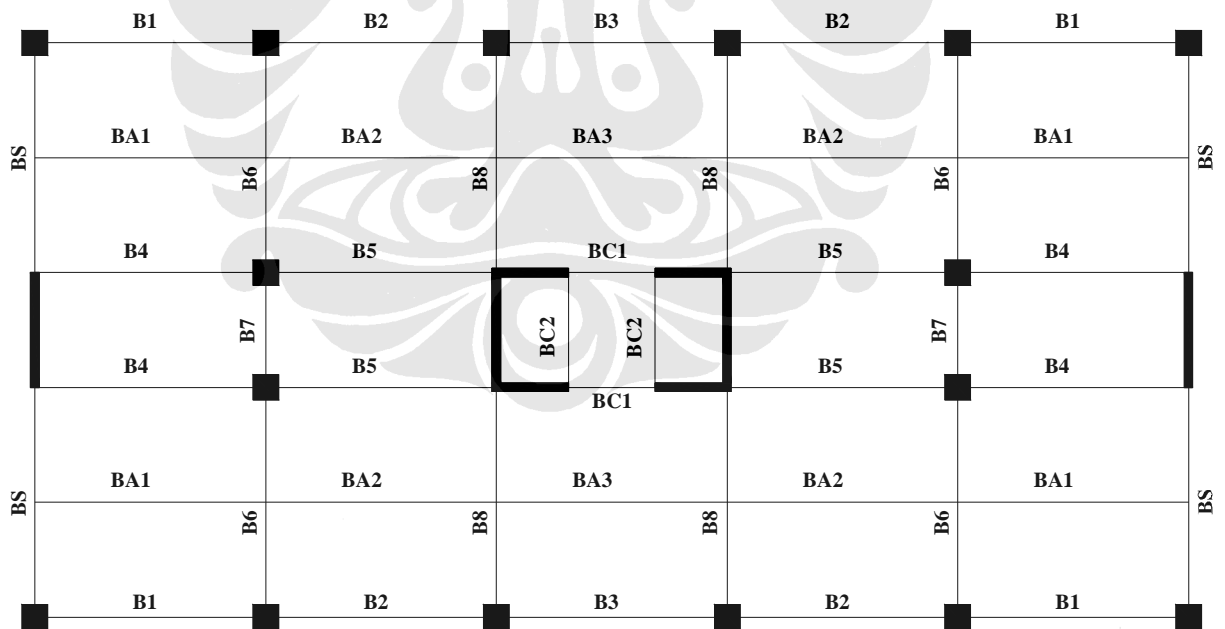
Tabel 3.3 Dimensi Balok

Jenis balok	Panjang bentang minimum (cm)	Tebal balok minimum (cm)	Lebar balok minimum (cm)	Dimensi minimum yang digunakan $b \times h$ (cm)
Balok induk	$L = 800$	70	35	35 x 70
Balok induk	$L = 400$	40	25	30 x 50
Balok anak	$L = 800$	58	25	30 x 60



Gambar 3.5

Denah model struktur tampak atas



Gambar 3.6

Tipe dimensi balok yang digunakan dalam model struktur

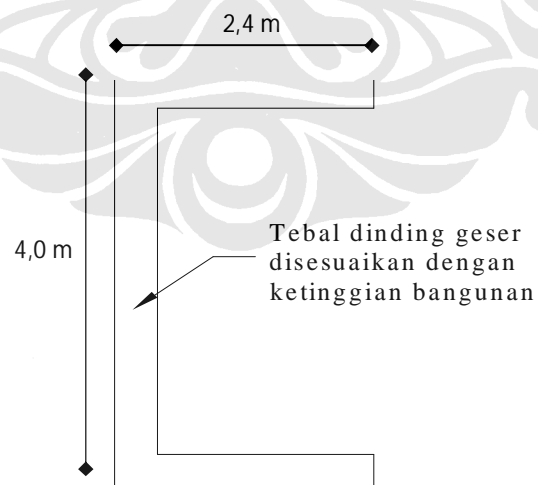
## B. Kolom

Untuk kolom perbandingan antara antara lebar (b) dengan tebal (h) kolom harus memenuhi  $\frac{b}{h} > 0,4$  dan dimensi minimum kolom adalah 30 x 30 cm. Dengan demikian berdasarkan ketentuan bahwa  $b_{kolom} \geq b_{balok}$  maka digunakan dimensi kolom dengan luas penampang 4500 cm<sup>2</sup> sampai 10000 cm<sup>2</sup>.

## C. Dinding Geser

Menurut peraturan, ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari pada 1/25 tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak boleh kurang daripada 100 mm. Tebal dinding geser yang akan digunakan pada tugas akhir ini, direncanakan sebagai berikut :

- § Untuk bangunan 8 lantai digunakan tebal 30 cm.
- § Untuk bangunan 12 lantai digunakan tebal 35 cm.
- § Untuk bangunan 16 lantai digunakan tebal 40 cm.
- § Untuk bangunan 20 lantai digunakan tebal 45 cm.



Gambar 3.7

Dimensi dinding geser yang digunakan dalam model struktur

### 3.6 SIMULASI PARAMETRIK

Tujuan tugas akhir ini adalah menganalisa faktor reduksi gempa dan hubungannya dengan berat tulangan / volume beton pada tiap elemen struktur yang ditinjau. Disamping itu, model struktur yang dibuat harus memenuhi persyaratan-persyaratan dalam SNI 03-2847-2002 untuk Struktur Beton untuk Bangunan Gedung dan SNI 03-1726-2002 untuk Standar Perencanaan Gempa untuk Struktur Gedung.

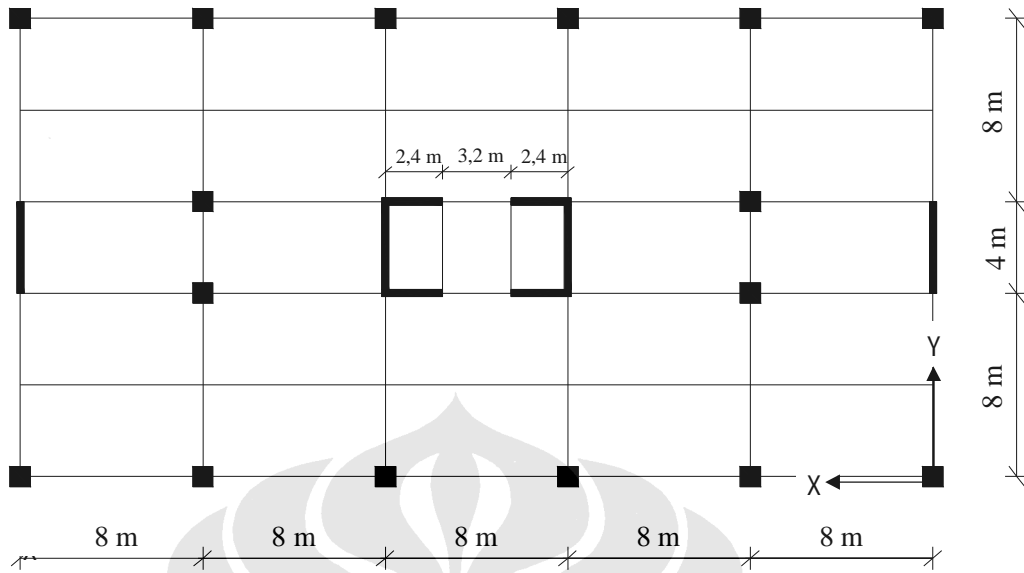
Struktur akan dimodelkan dengan menggunakan bantuan program ETABS 2000 versi 9, maka parameter yang akan dicari adalah sebagai berikut :

- a. Gaya-gaya dalam struktur yang berupa gaya normal, gaya lintang dan momen.
- b. Gaya geser dasar struktur.
- c. Simpangan struktur.
- d. Waktu getar & *mode shape* struktur.
- e. Faktor reduksi gempa representatif dari setiap struktur cara pembobotan.
- f. Memeriksa kekuatan *frame* terhadap 25% beban gempa tanpa bantuan dinding geser.
- g. Penulangan untuk setiap elemen (balok, kolom dan dinding geser).
- h. Perbandingan berat tulangan per volume beton ( $\text{kg/m}^3$ ) untuk setiap elemen (balok, kolom dan dinding geser) pada setiap model yang dibuat sesuai dengan faktor reduksi gempanya.

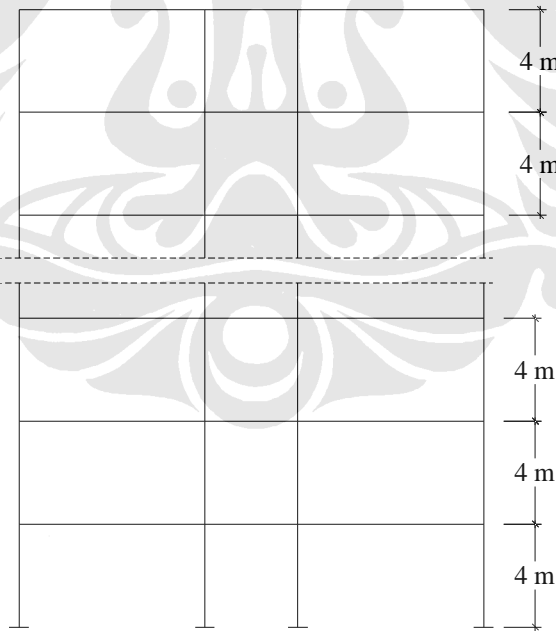
#### 3.6.1 Pemodelan Struktur

Model struktur yang akan dianalisis adalah model struktur portal (*frame*) dengan dinding geser dalam sistem tiga dimensi (sumbu x, y dan z). Pemodelan dan analisa dilakukan dengan program ETABS 2000 versi 8.

Model struktur dibuat dengan jumlah lantai 8, 12, 16 dan 20 lantai. Ketinggian antar lantai pada setiap model dibuat sama, yaitu dengan ketinggian 4 m (4000 mm). Untuk tebal pelat lantai pada setiap model dibuat sama, yaitu 15 cm (150 mm) dan pelat atap direncanakan setebal 15 cm (150 mm). Denah model struktur secara umum dapat dilihat pada gambar 3.8 dan gambar 3.9.



Gambar 3.8  
Denah model struktur tampak atas



Gambar 3.9  
Denah model struktur tampak samping (sumbu-x)

Variasi terhadap model-model yang dibuat sebagai berikut :

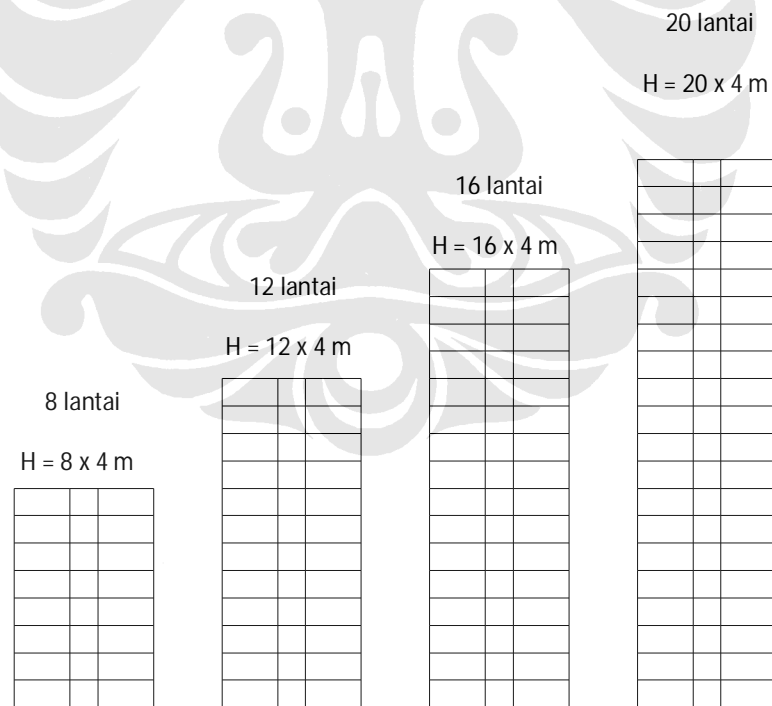
1. Ketinggian

Model yang dibuat mempunyai variasi ketinggian 8, 12, 16 dan 20 tingkat, dengan jarak antar lantai untuk masing-masing model adalah 4 m (lihat gambar 3.11 s/d gambar 3.14).

2. Faktor reduksi gempa (R)

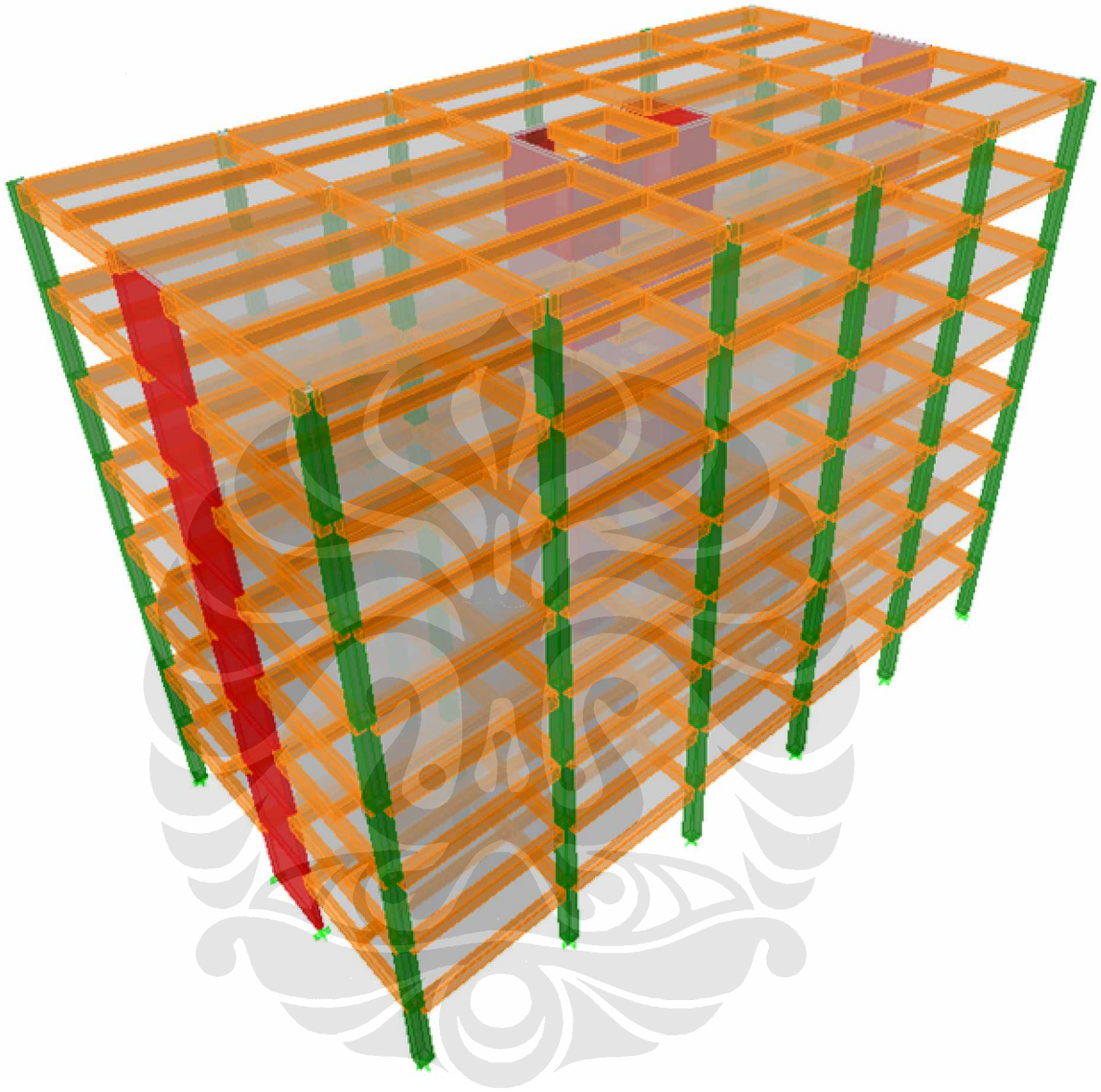
Faktor reduksi gempa yang akan dianalisa menggunakan cara langsung dan metode pembobotan sebagai berikut:

No	Rx	Ry	Keterangan
1	8,5	8,5	SRPMK
2	6,5	6,5	SRPMM
3	5,5	5,5	Dinding Geser



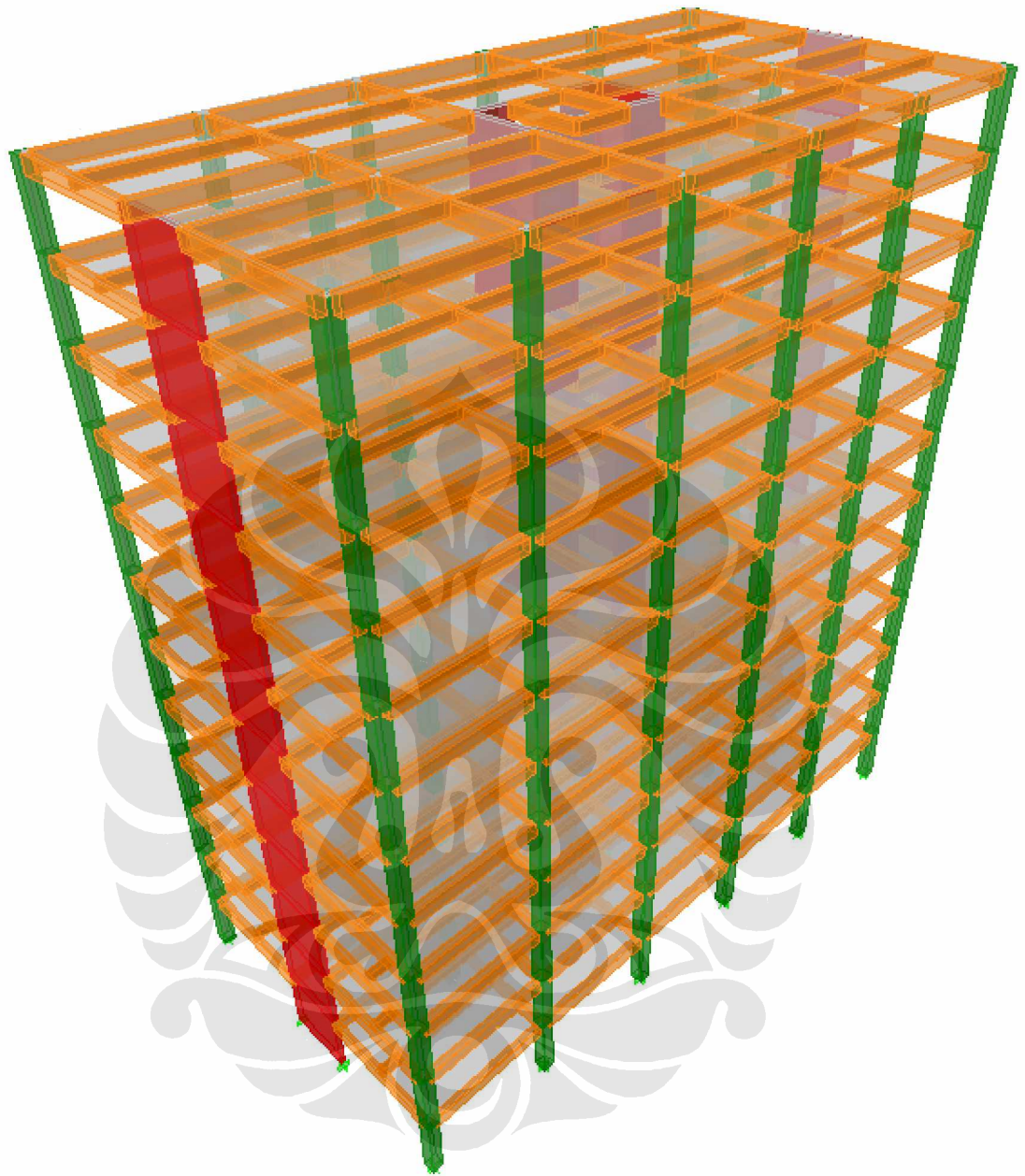
Gambar 3.10

Variasi model struktur berdasarkan ketinggian



Gambar 3.11

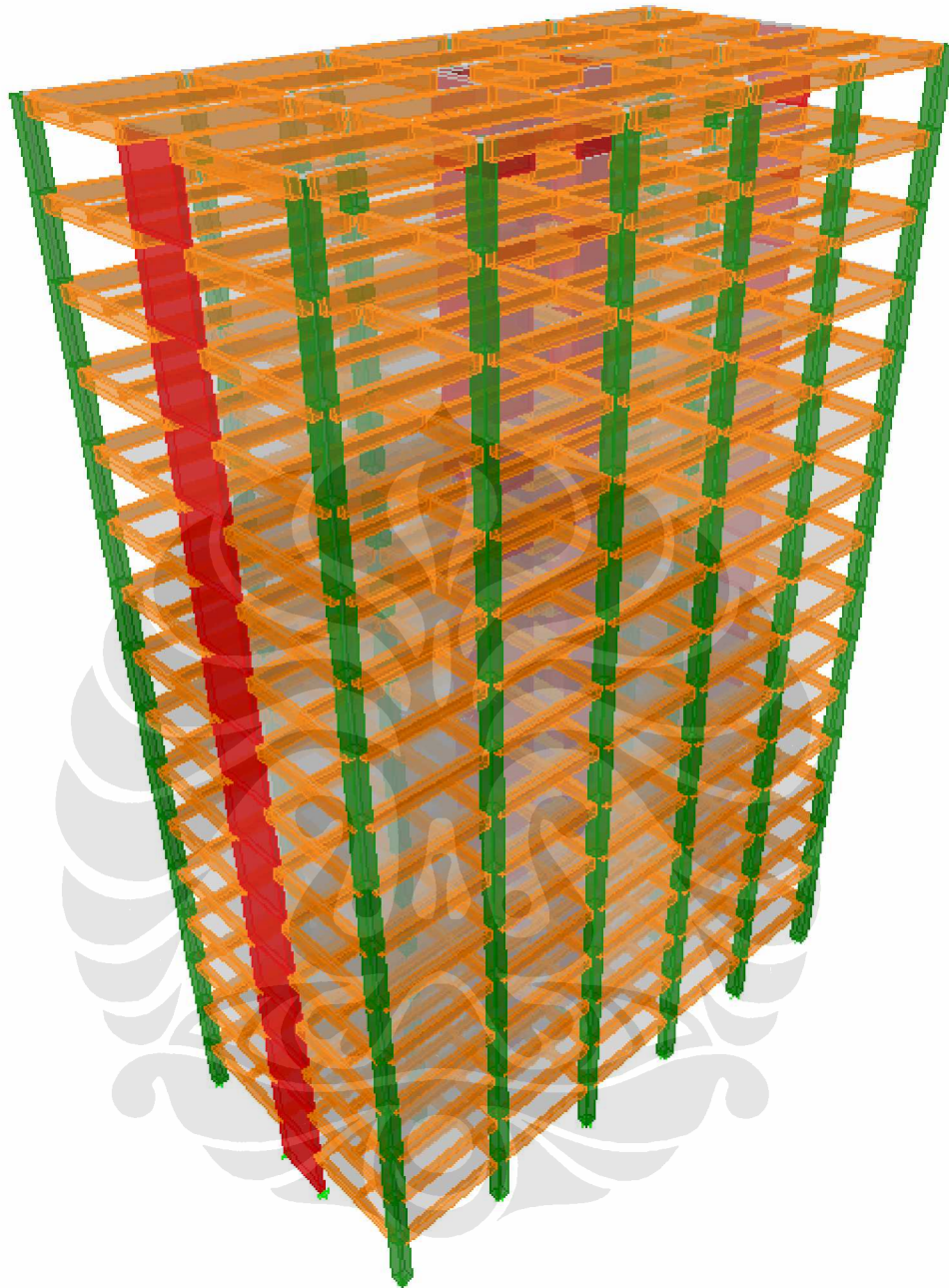
Modelisasi struktur 8 lantai dengan program ETABS 2000



Gambar 3.12

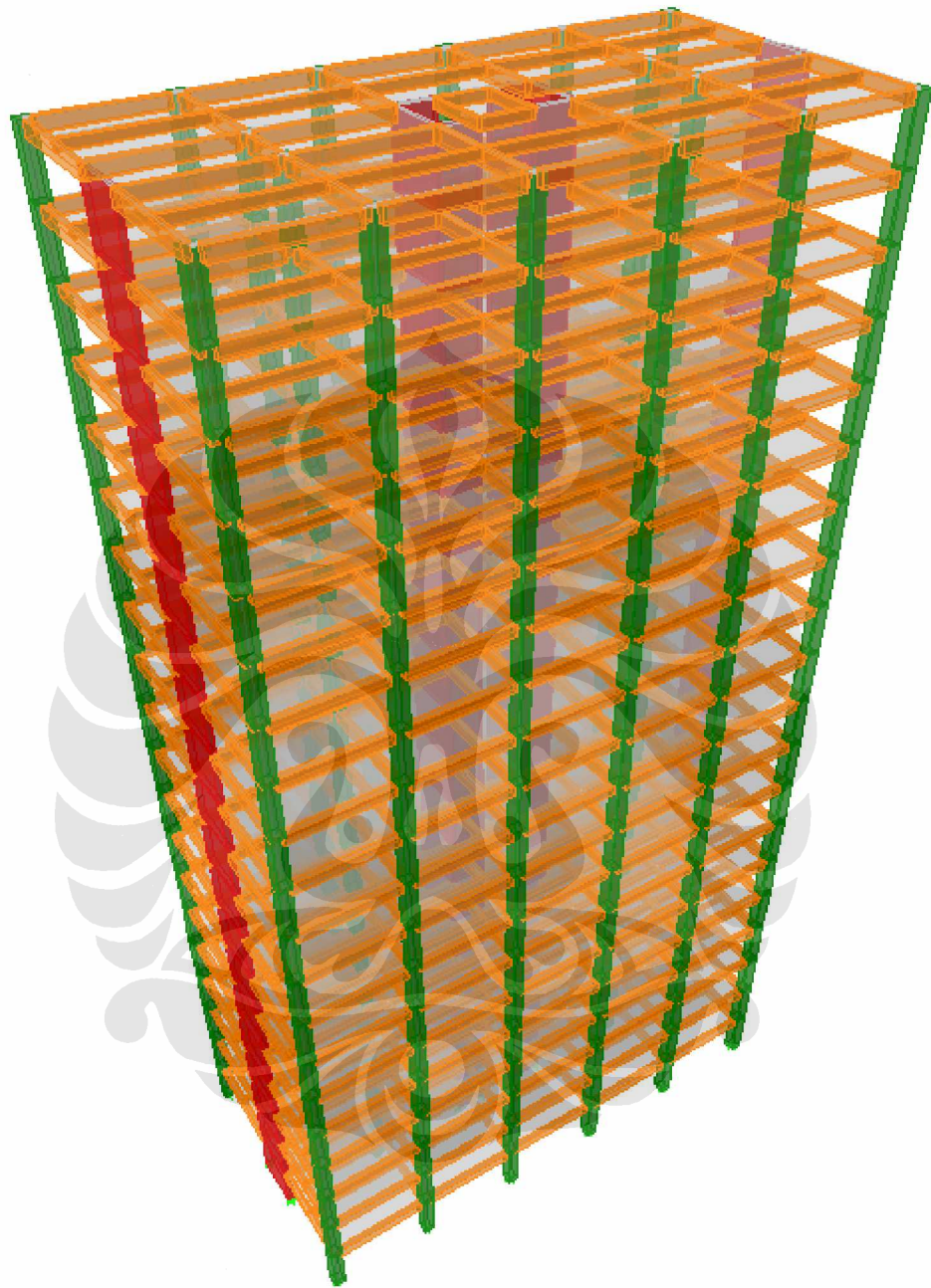
Modelisasi struktur 12 lantai dengan program ETABS 2000





Gambar 3.13

Modelisasi struktur 16 lantai dengan program ETABS 2000



Gambar 3.14

Modelisasi struktur 20 lantai dengan program ETABS 2000

### 3.6.2 Parameter Desain Model Struktur

✓ Gambaran umum model struktur

1. Fungsi bangunan : Perkantoran
2. Jumlah model struktur : 16 buah model
3. Material yang digunakan: Beton bertulang
4. Luas setiap lantai :  $20 \text{ m} \times 40 \text{ m} = 800 \text{ m}^2$
5. Jumlah tingkat : 8, 12, 16 dan 20 lantai
6. Tinggi bangunan : 32 m, 48 m, 64 m dan 80 m
7. Jarak antar lantai : 4 m
8. Tebal pelat lantai : 15 cm
9. Tebal pelat atap : 15 cm
10. Tebal dinding geser : 30 cm sampai dengan 45 cm
11. Dimensi balok induk :  $35 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}$  (minimum)
12. Dimensi balok anak :  $30 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$
13. Dimensi kolom :  $70 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$  s/d  $100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$

✓ Data material

1. Mutu beton ( $f_c'$ ) : 35 MPa
2. Mutu baja tulangan utama ( $f_y$ ) : 400 Mpa
3. Mutu baja tulangan geser ( $f_{ys}$ ) : 400 MPa
4. Modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) :  $4700\sqrt{f_c'} = 27806 \text{ MPa}$
5. Modulus elastisitas baja ( $E_s$ ) : 200 GPa
6. Berat jenis beton bertulang :  $24 \text{ kN/m}^3$
7. Massa jenis beton bertulang :  $2,40 \text{ kN s}^2/\text{m}^4$
8. Perbandingan Poisson : 0,2
9. Koefisien thermal :  $9,9 \times 10^{-6} \text{ m/}^\circ\text{C}$

✓ Data pembebanan struktur

1. Beban mati (DL)
  - § Berat sendiri setiap elemen dihitung otomatis dengan program.
  - § Beban mati pada pelat :  
Beban M/E :  $0,5 \text{ kN/m}^2$

Beban penutup lantai : 0,24 kN/m<sup>2</sup>

Beban finishing : 0,63 kN/m<sup>2</sup>

+ \_\_\_\_\_

Jumlah : 1,37 kN/m<sup>2</sup>

2. Beban hidup (LL)

- Pada pelat atap : 1,0 kN/m<sup>2</sup>
- Pada pelat lantai : 2,5 kN/m<sup>2</sup>

3. Beban gempa (E)

Beban gempa akan diperhitungkan dengan bantuan program ETABS. Analisa yang dilakukan adalah analisa dinamik (respon spektrum). Arah beban gempa ditinjau dalam dua arah, yaitu beban gempa arah sumbu-x (Ex) dan beban gempa arah sumbu-y (Ey).

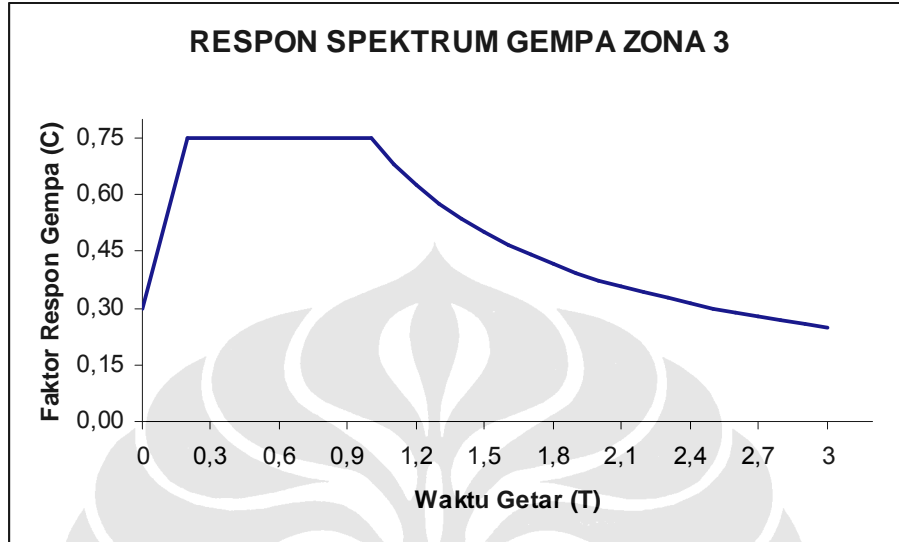
4. Kombinasi pembebanan:

- § 1,4 DL
- § 1,2 DL + 1,6 LL
- § 1,2 DL + 1,0 LL ± 1,0 Ex ± 0,3 Ey
- § 1,2 DL + 1,0 LL ± 0,3 Ex ± 1,0 Ey
- § 0,9 DL ± 1,0 Ex ± 0,3 Ey
- § 0,9 DL ± 0,3 Ex ± 1,0 Ey

✓ Data untuk perencanaan terhadap beban gempa  
(Berdasarkan SNI 03 – 1726 – 2002)

1. Zona gempa : Zona 3
2. Jenis tanah : Tanah lunak
3. Faktor keutamaan (I) : 1,0 (Perkantoran)
4. Faktor daktilitas maksimum ( $\mu_m$ )
  - § Dinding geser dengan SRPMK beton bertulang : 5,2
  - § Dinding geser dengan SRPMM beton bertulang : 4,0
5. Faktor reduksi gempa maksimum ( $R_m$ )
  - § Dinding geser dengan SRPMK beton bertulang : 8,5
  - § Dinding geser dengan SRPMM beton bertulang : 6,5

6. Faktor tahanan lebih struktur (f) : 2,8
7. Respon spektrum rencana seperti pada gambar 3.14



Gambar 3.15

Respon Spektrum Rencana

### 3.6.3 Parameter yang dianalisa<sup>29</sup>

Dalam tugas akhir ini, parameter yang dibandingkan adalah faktor reduksi gempa terhadap berat tulangan per meter kubik volume beton ( $\text{kg/m}^3$ ) pada masing-masing elemen (balok, kolom dan dinding geser). Faktor reduksi gempa tersebut, akan dianalisa dengan cara langsung dan cara pembobotan. Cara pembobotan yaitu menentukan faktor reduksi gempa representatif dari setiap model dengan metoda analisa nilai rata-rata berbobot dengan gaya geser dasar yang dipikul oleh masing-masing jenis subsistem sebagai besaran pembobotnya menurut persamaan :

$$R = \frac{V_x + V_y}{\frac{V_x}{R_x} + \frac{V_y}{R_y}} \dots\dots\dots(3.1)$$

<sup>29</sup> Departemen Pemukiman dan Pengembangan Prasarana Wilayah, “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung”, SNI 03-1726-2002. (Hal. 11, 29, 45 – 47)

keterangan :

$V_x$  : Gaya geser dasar untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-x

$V_y$  : Gaya geser dasar untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-y

$R_x$  : Faktor reduksi gempa untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-x

$R_y$  : Faktor reduksi gempa untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-y

Persamaan tersebut hanya boleh dipakai bila rasio antar nilai-nilai faktor reduksi gempa ( $R$ ) dari jenis-jenis subsistem struktur gedung yang dianalisa tidak lebih dari 1,5.

Asumsi yang dianut dalam subbab ini, yaitu bahwa struktur gedung daktail dan struktur gedung elastik penuh akibat pengaruh Gempa Rencana menunjukkan simpangan maksimum  $\delta_m$  yang sama dalam kondisi di ambang keruntuhan (*constant maximum displacement rule*), hal ini sudah biasa dianut dalam standar-standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung, agar terdapat hubungan yang sederhana antara  $V_y$  dan  $V_e$  melalui  $\mu$ . Asumsi ini adalah konservatif, karena dalam keadaan sesungguhnya struktur gedung yang daktail memiliki  $\delta_m$  yang relatif lebih besar dari pada struktur gedung yang elastik, sehingga memiliki  $\mu$  yang relatif lebih besar dari pada yang diasumsikan. Asumsi yang dianut divisualisasikan dalam diagram beban-simpangan (diagram  $V-\delta$ ) yang ditunjukkan dalam Gambar 3.15.

Apabila  $V_n$  adalah pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung, maka berlaku hubungan sebagai berikut :

$$V_n = \frac{V_y}{f_1} = \frac{V_e}{R} \dots\dots\dots (3.2)$$

di mana :

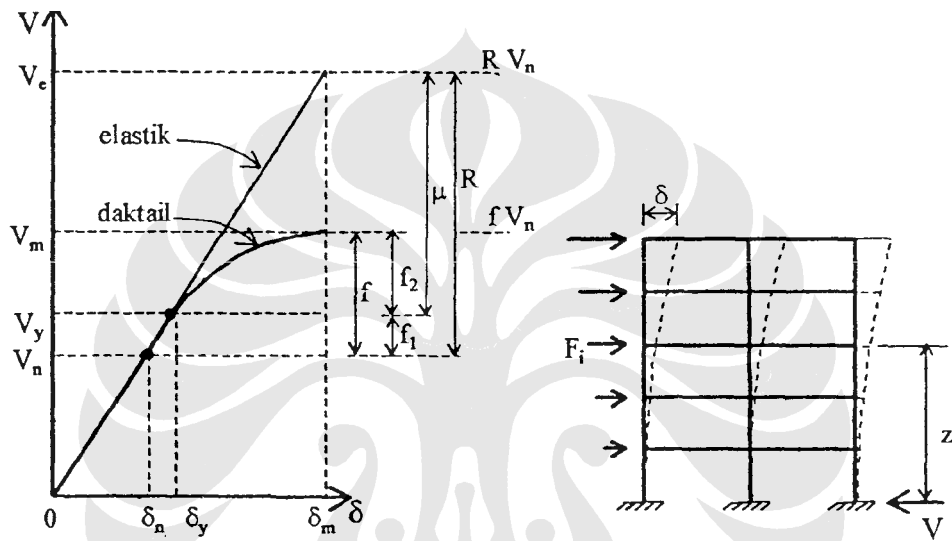
$f_1$  faktor kuat lebih beban dan bahan yang terkandung di dalam struktur gedung dan nilainya ditetapkan sebesar :

$$f_1 = 1,6$$

dan R disebut faktor reduksi gempa menurut persamaan :

$$1,6 \leq R = \mu f_1 \leq R_m$$

Dalam persamaan diatas R = 1,6 adalah faktor reduksi gempa untuk struktur gedung yang berperilaku elastik penuh, sedangkan R<sub>m</sub> (R<sub>m</sub> = μ f<sub>1</sub> = 1,6 x 5,3 = 8,5) adalah faktor reduksi gempa maksimum yang dapat dikerahkan oleh sistem struktur yang bersangkutan.



Gambar 3.16<sup>[5]</sup>

Diagram beban-simpangan (diagram V-δ) suatu struktur gedung

Beban gempa maksimum V<sub>m</sub> yang dapat diserap oleh struktur dalam kondisi diambang keruntuhan dengan pengerahan faktor kuat lebih total (f) yang terkandung dalam struktur.

$$V_m = f_2 V_y \dots\dots\dots (3.3)$$

$$V_m = f V_n \dots\dots\dots (3.4)$$

Simpangan struktur gedung akibat gempa nominal adalah δ<sub>n</sub> dapat dipakai untuk menentukan simpangan-simpangan lainnya.

$$\delta_m = R \delta_n \dots\dots\dots (3.5)$$

Berdasarkan rumusan-rumusan yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa daktilitas struktur mempunyai hubungan dengan faktor reduksi gempa. Hubungan tersebut dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 <sup>[15]</sup>

Parameter daktilitas struktur ( $\mu$ ) dan faktor reduksi gempa (R)

Taraf kinerja struktur gedung	$\mu$	$R = \mu \times f_1$ (dimana $f_1 = 1,6$ )	$f_2$ ( $f_2 = 0,83 + 0,17\mu$ )	$f$ ( $f = f_1 \times f_2 = 1,6 \times f_2$ )
Elastik penuh	1,0	1,6	1,0	1,6
Daktail parsial	1,5	2,4	1,09	1,7
	2,0	3,2	1,17	1,9
	2,5	4,0	1,26	2,0
	3,0	4,8	1,35	2,2
	3,5	5,6	1,44	2,3
	4,0	6,4	1,51	2,4
	4,5	7,2	1,61	2,6
	5,0	8,0	1,70	2,7
Daktail penuh	5,3	8,5	1,75	2,8

Seperti telah dijelaskan diatas, untuk dapat menganalisa faktor reduksi gempa suatu struktur dengan metoda analisa nilai rata-rata berbobot dengan gaya geser dasar yang dipikul oleh masing-masing jenis subsistem sebagai besaran pembobotnya, maka pertama kali tentukan dahulu gaya geser dasar dari sistem untuk masing-masing arah yaitu  $V_x$  dan  $V_y$  dan gaya geser dasar dari masing-masing subsistem yang besarnya  $V_{xs}$  dan  $V_{ys}$ . Langkah selanjutnya adalah menghitung faktor reduksi gempa representatif dengan cara pembobotan dengan rumus berikut ini :



$$R_x = \frac{\sum V_{XS}}{\sum \left( \frac{V_{XS}}{R_{XS}} \right)} = \frac{V_X}{\sum \left( \frac{V_{XS}}{R_{XS}} \right)} \dots\dots\dots (3.6)$$

$$R_y = \frac{\sum V_{YS}}{\sum \left( \frac{V_{YS}}{R_{YS}} \right)} = \frac{V_Y}{\sum \left( \frac{V_{YS}}{R_{YS}} \right)} \dots\dots\dots (3.7)$$

dimana :

$R_x$  : Faktor reduksi gempa untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-x

$R_y$  : Faktor reduksi gempa untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-y

$V_x$  : Gaya geser dasar untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-x

$V_y$  : Gaya geser dasar untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-y

$R_{xs}$  : Faktor reduksi gempa dari masing-masing subsistem untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-x

$R_{ys}$  : Faktor reduksi gempa dari masing-masing subsistem untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-y

$V_{xs}$  : Gaya geser dasar dari masing-masing subsistem untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-x

$V_{ys}$  : Gaya geser dasar dari masing-masing subsistem untuk pembebanan gempa dalam arah sumbu-y

Untuk cara langsung, penggunaan Faktor Reduksi Gempa (R) dapat langsung digunakan dengan nilai R untuk SRPMK = 8,5 dan SRPMM = 6,5. Kemudian dilakukan analisa pada *frame* beban tanpa bantuan dinding geser, terhadap beban lateral 25%. Gaya geser untuk desain tulangan *frame* harus memenuhi besar 25% dari gaya Geser Tingkat awal. Gaya Geser 25% pada *frame* tersebut menjadi acuan untuk melakukan desain penulangan.

Untuk metode perhitungan Faktor Reduksi Gempa (R) dengan cara pembobotan, disamping harus dihitung R representatif maka harus dilakukan analisa terhadap suatu faktor pangali yang menjadi koreksi terhadap antara beban gempa dinamik. Hal tersebut akan diuraikan pada bab selanjutnya.