

**PERENCANAAN HIGH RISE BUILDING ATAU BANGUNAN BERTINGKAT DENGAN PERMODELAN KOLOM DAN BALOK TRANSFER**

**Brian Alvandi<sup>1</sup>, Rully Angraeni Safitri<sup>2</sup>, Dery Purwanto<sup>3</sup>**

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang

Jl. Perintis Kemerdekaan I No.33 Cikokol Tangerang

\*Co Responden Email: [alfandibrian@gmail.com](mailto:alfandibrian@gmail.com)

**Abstrak**

*Pembangunan dalam jumlah banyak menyebabkan semakin sempitnya lahan yang dapat digunakan. Pembangunan gedung ke arah vertikal di kota-kota besar menjadi solusi masalah keterbatasan lahan. Suatu bangunan gedung yang berlantai banyak perlu direncanakan dengan tepat dan teliti agar memenuhi kriteria kekuatan (strength), kenyamanan (serviceability), keselamatan (safety), dan umur rencana bangunan (durability). Balok transfer adalah balok yang menerima beban dari kolom di atasnya karena kolom terhenti di atas balok tersebut. Pada dasarnya balok transfer memiliki tugas yang sama dengan balok yang lainnya, yakni menerima beban kerja yang berasal dari pelat. Akan tetapi, kolom terhenti pada balok, maka balok juga menerima beban yang berasal dari kolom di atasnya. Program yang digunakan dalam analisis untuk mendapatkan hasil kinerja struktur gedung bertingkat dengan balok transfer menggunakan program ETABS v.9.7.0. Respon struktur terhadap gempa dipengaruhi oleh bentuk dari struktur gedung tersebut, dimana akibat adanya pemutusan kolom pada lantai membutuhkan dimensi balok yang lebih besar yang disebut dengan balok transfer.*

**Kata kunci:** Kolom, balok transfer, pelat, dan analisis dinamik respon spektrum pada program Etabs V.9.7.0

**1. PENDAHULUAN**

Pembangunan dalam jumlah banyak menyebabkan semakin sempitnya lahan yang dapat digunakan. Pembangunan gedung ke arah vertikal di kota-kota besar menjadi solusi masalah keterbatasan lahan. Suatu bangunan gedung yang berlantai banyak perlu direncanakan dengan tepat dan teliti agar memenuhi kriteria kekuatan (strength), kenyamanan (serviceability), keselamatan (safety), dan umur rencana bangunan (durability).

Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil dari pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya seperti kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, kegiatan khusus maupun untuk tempat tinggal.

Perencanaan suatu struktur gedung bertingkat perlu memperhatikan beberapa kriteria, antara lain kriteria kekuatan, perilaku

yang baik pada taraf gempa rencana, serta aspek ekonomis. Merencanakan bangunan bertingkat banyak dari segi struktur memerlukan pertimbangan yang matang terutama gedung itu dirancang tahan terhadap gempa. Hal ini bertujuan agar pada saat terjadi gempa, struktur bangunan dapat bertahan dan melindungi penghuninya dari risiko bahaya gempa. Gedung saat dilanda gempa yang cukup besar, akan timbul momen-momen pada balok atau kolomnya, apabila besar dari momen momen tersebut melampaui besar momen kapasitas balok atau kolom portal, maka terjadi sendi plastis pada balok atau kolom ditandai dengan melelehnya tulangan baja pada beton bertulang. Sendi plastis terjadi secara bertahap sampai bangunan gedung tersebut runtuh. Pada saat struktur mengalami gaya lateral gempa, distribusi kerusakan sepanjang ketinggian bangunan bergantung pada distribusi lateral story drift (simpangan antar lantai). Jika struktur memiliki kolom yang

lemah, simpangan antar lantai akan cenderung terpusat pada satu lantai. Sebaliknya jika kolom sangat kuat maka drift akan tersebar merata dan keruntuhan lokal disatu lantai dapat diminimalkan.

Desain modifikasi ini mengacu pada peraturan yang terbaru, yaitu SNI 2847 - 2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 1 726 - 2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 1 727 - 2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983), serta peraturan mengenai desain beton prategang. Perencanaan ini memberikan pengetahuan baru mengenai alternatif perencanaan struktur gedung tahan gempa dan menunjukkan sejauh mana tingkat keamanan struktur yang dirancang berdasarkan peraturan-peraturan terbaru.

## 2. METODOLOGI

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode analisis dinamis perancangan bangunan tahan gempa. Karena penelitian ini memerlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya dalam dan gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa.

Pada struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur. Analisis dinamis dapat dilakukan dengan cara elastis. Analisis Ragam Spektrum Respons (Response Spectrum Modal Analysis), dimana pada cara ini Respons Rencana (Design Spectra). Sedangkan pada analisis dinamis inelastis digunakan untuk mendapatkan respons struktur akibat pengaruh gempa yang sangat kuat dengan cara integrasi langsung (Direct Integration Method).

Model di analisis menggunakan program ETABS v.9.7.0 dengan beban gempa rencana, kemudian diamati waktu getar maksimum yang sesuai dengan SNI, lalu diamat dengan pendekatan efisiensi terhadap tata letak shear mana yang bisa efektif juga efisien.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Material Struktur

Struktur gedung di desain menggunakan beton bertulang dengan mutu dan persyaratan sesuai dengan standar peraturan yang ada sebagai berikut:

Tegangan karakteristik,

$$r_e = 35 \text{ MPa} = 35000 \text{ kN/m}$$

Modulus Elastisitas,

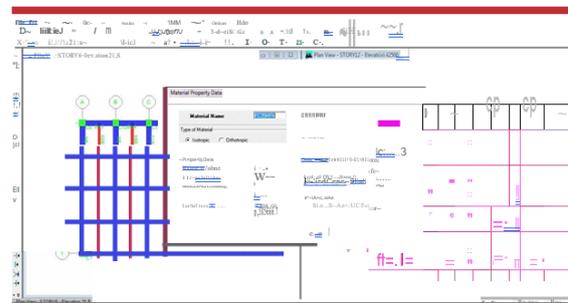
$$E_e = 27805,57 \text{ Mpa} = 27805575 \text{ kN/m}$$

Tulangan utama,

$$f_y = 400 \text{ Mpa} = 400000 \text{ kN/m}$$

Tulangan sengkang,

$$f_{ys} = 240 \text{ Mpa} = 240000 \text{ kN/m}$$



Gambar 3.1. Input Material Struktur pada Etabs

### 3.2.1. Dimensi struktur

#### a. Dimensi Struktur

B1-40 x 60 cm (Balok induk lantai 1 s/d 5)

B2-35 x 50 cm (Balok induk lantai 8 s/d 12)

B3-30 x 40 cm (Balok anak)

B4-60 x 70 cm (Balok transfer)

#### b. Dimensi kolom

K1- 80 x 80 (lantai 1 s/d 7)

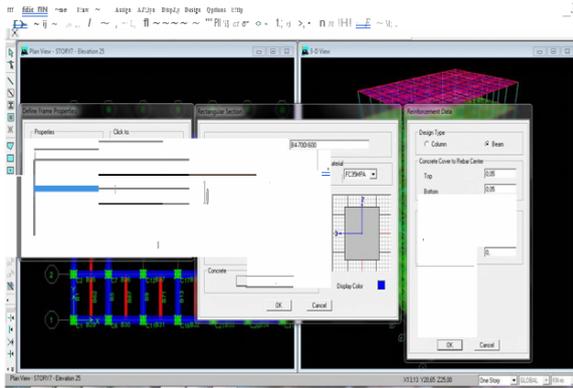
K1- 80 x 80 (lantai 8 s/d 12)

#### c. Dimensi Pelat

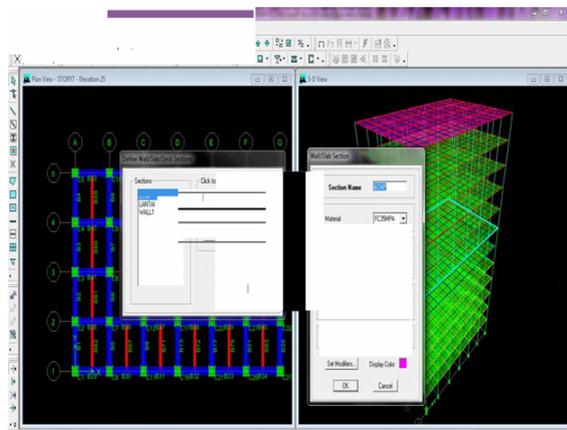
Lantai 1 s/d 11 : 14 cm

Lantai 12 : 12 cm

### 3.2.2. Pemodelan dimensi struktur ke Etabs

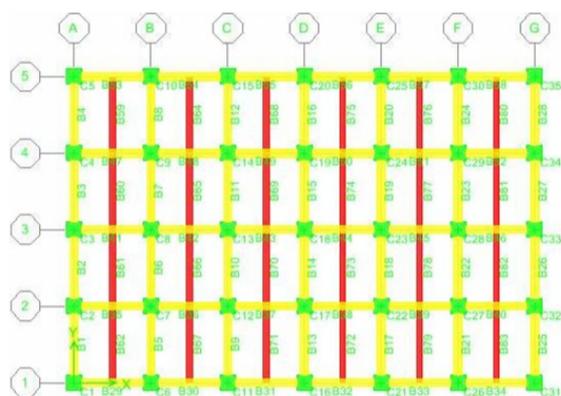


Gambar 3.2. Input frame properties

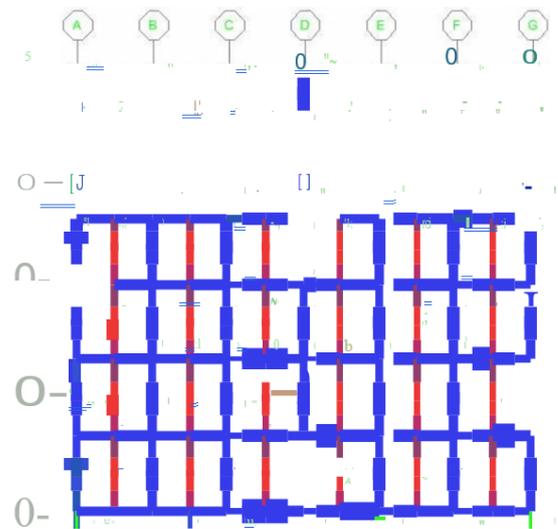


Gambar 3.3. Input define slab section

### 3.2.3. Debag Penempatan Kolom dan Balok



Gambar 3.4. Pemodelan Struktur Gedung Lantai I pada Etabs



Gambar 3.5. Pemodelan Struktur Gedung Lantai I (Balok Transfer) pada Etabs

Penulangan balok transfer (*Transfer Beam*) dihitung dengan bantuan software ETABS 9.7.0. Hasil dari analisis merupakan tegangan yang terjadi pada dinding geser dan digunakan untuk menentukan penulangan balok transfer.

Rencana balok transfer pada lantai 7 dan 8 yaitu balok induk arah horizontal dan arah vertical menjadi 70x60 cm pada area grid 7 arah horizontal dan grid G dan I arah vertical. Struktur balok transfer direncanakan dengan menggunakan material beton bertulang dengan mutu beton  $f'c = 35$  Mpa dan mutu tulangan ulir  $f_y = 400$  Mpa (40788649 kg/m).

## 3.2. Analisis Strukur

### 3.2.1. Beban Mati

Beban mati adalah beban dari semua elemen gedung yang bersifat permanen termasuk peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung. Jenis-jenis beban mati pada gedung ditunjukkan pada Tabel berikut:

Tabel 2.1. I Beban Mati Pada Gedung

No.	Jenis Bahan Mati	Berat	Satuan
1	Baja	78,5	kN/m <sup>3</sup>
2	Beton	22	kN/m <sup>3</sup>
3	Pasangan batu kali	22	kN/m <sup>3</sup>
4	Mortar, spesi	22	kN/m <sup>3</sup>
5	Beton bertulang	24	kN/m <sup>3</sup>
6	Pasir	16	kN/m <sup>3</sup>
7	Lapisan aspal	14	kN/m <sup>2</sup>
8	Air	10	kN/m <sup>3</sup>
9	Dinding pasangan bata Y/ batu	2,5	kN/m <sup>2</sup>
10	Curtain wall kaca + rangka	0,6	kN/m <sup>2</sup>
11	Langit- langit dan penggantung	0,2	kN/m <sup>2</sup>
12	Cladding metal sheet + rangka	0,2	kN/m <sup>2</sup>
13	Finishing lantai (tegel atau	22	kN/m <sup>3</sup>
14	Marmar, granit per cm tebal	0,24	kN/m <sup>2</sup>
15	Instalasi plumbing (ME)	0,25	kN/m <sup>2</sup>
16	Penutup atap genteng	0,5	kN/m <sup>2</sup>

#### a. Bahan Mati Pelat Lantai

Bahan mati yang bekerja pada plat lantai meliputi:

Beban pasir setebal 1 cm  $\text{Beban} = 0,01 \times 16 = 0,16 \text{ KN/m}^2$

Spesi setebal 3 cm  $\text{Beban} = 0,03 \times 22 = 0,66 \text{ KN/m}^2$

Keramik setebal 1 cm  $\text{Beban} = 0,01 \times 2 = 0,22 \text{ KN/m}^2$

Plafon dan penggantung  $\text{Beban} = 0,2 \text{ KN/m}^2$

Instalasi ME = 0,25 KN/m<sup>2</sup>

Total beban mati pada plat lantai = 1,49 KN/m<sup>2</sup>

#### b. Beban Mati pada Plat Atap

Beban mati yang bekerja pada plat atap meliputi:

Berat waterproofing dengan aspal tebal 2 cm =  $0,02 \times 14 = 0,28 \text{ KN/m}^2$

Beban plafon dan penggantung = 0,2 KN/m<sup>2</sup>

Berat Instalasi ME = 0,25 KN/m<sup>2</sup>

Total beban mati pada plat atap = 0,73 KN/m<sup>2</sup>

#### c. Beban Mati pada Balok

Beban mati yang bekerja pada balok meliputi:

Bahan dinding pasangan bata 1h batu =  $3,5 \times 2,50 = 8,75 \text{ KN/m}^2$

Bahan dinding partisi (cladding) =  $2 \times 0,20 = 0,40 \text{ KN/m}^2$

Bahan Total beban mati pada plat atap = 9,15 KN/m<sup>2</sup>

### 3.2.1. Beban Hidup (Live Load)

Beban hidup adalah beban yang bekerja pada lantai bangunan tergantung dari fungsi ruang yang digunakan. Besarnya beban hidup lantai bangunan menurut Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung PPPURG 1987 ditunjukkan pada Tabel berikut:

**Tabel 2.2. I Beban Hidup Pada Gedung**

No.	Jenis Beban Hidup	Beban	Satuan
1	Oak atap bangunan	1	kN/m <sup>2</sup>
2	Rumah tinggal	2	kN/m <sup>2</sup>
3	Kantor, sekolah, hotel, pasar, rumah	2,5	kN/m <sup>2</sup>
4	Hall, tangga, coridor, balcony Ruang	3	kN/m <sup>2</sup>
5	olahraga, pabrik, bioskop, perpustakaan,	4	kN/m <sup>2</sup>
6		5	kN/m <sup>2</sup>

### 3.3.1. Kombinasi Pembebanan

Struktur gedung dirancang mampu menahan beban mati, hidup dan gempa sesuai SNI Gempa 03-1726-2012 dimana gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, sehingga probabilitas terjadinya terbatas pada 10 % selama umur gedung 50 tahun. Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu pada SNI Beton 03-2847-2013 sebagai berikut:

~ Kombinasi = 1,4 D

~ Kombinasi = 1,2 D + 1,6 L

~ Kombinasi = 1,2 D + L<sub>r</sub> ± 1 E

Keterangan:

D : beban mati (dead load), meliputi berat sendiri gedung (self weight, SW) dan beban mati tambahan (D),

L : beban hidup (live load), tergantung fungsi gedung

Lr : beban hidup yang boleh direduksi dengan faktor pengali 0,5

E : beban gempa ( earthquake load), ditinjau terhadap gempa static (EQX, EQY), dan gempa dinamik respons spektrum (RSPx, RSPy).

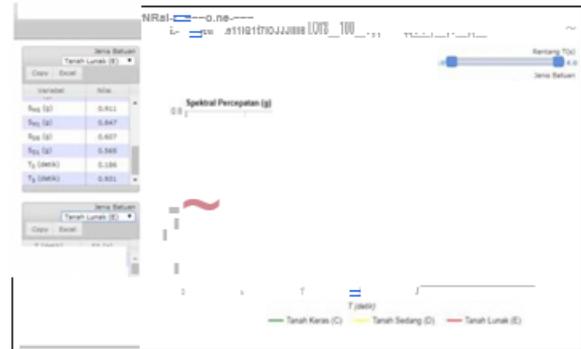
Kombinasi pembebanan yang dipilih adalah yang memberikan pengaruh paling besar pada struktur. Rincian kombinasi beban yang direncanakan ditunjukkan pada Tabel berikut :

**Tabel 2.3. Kombinasi Pembebanan Pada Gedung**

1	1,4	0L	+	1,4	SOL					
2l	1,2	0L	+	1,6	LL	+	1,2	SOL	=	
3l	1,3434	0L	+	1,3434	SOL	+	1	LL	+	0,39
4l	1,3434	0L	+	1,3434	SOL	+	1	LL	+	0,39
5l	1,3434	0L	+	1,3434	SOL	+	1	LL	-	0,39
6l	1,3434	0L	+	1,3434	SOL	+	1	LL	-	0,39
7l	1,3434	0L	+	1,3434	SOL	+	1	LL	+	1,3
8l	1,3434	0L	+	1,3434	SOL	+	1	LL	+	1,3
9l	1,3434	0L	+	1,3434	SOL	+	1	LL	-	1,3
10l	1,3434	0L	+	1,3434	SOL	+	1	LL	-	1,3
11l	0,7566	0L	+	0,7566	SOL	+	1	LL	+	0,39
12l	0,7566	0L	+	0,7566	SOL	+	1	LL	+	0,39
13l	0,7566	0L	+	0,7566	SOL	+	1	LL	-	0,39
14l	0,7566	0L	+	0,7566	SOL	+	1	LL	-	0,39
15l	0,7566	0L	+	0,7566	SOL	+	1	LL	+	1,3
16l	0,7566	0L	+	0,7566	SOL	+	1	LL	+	1,3
17l	0,7566	0L	+	0,7566	SOL	+	1	LL	-	1,3
18l	0,7566	0L	+	0,7566	SOL	+	1	LL	-	1,3

### 3.3. Analisis Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan pada desain ini adalah beban gempa dinamik, dimana dalam analisisnya respons spectrum disusun berdasarkan respons terhadap percepatan tanah hasil rekaman gempa. Desain spektrum merupakan representasi gerakan tanah akibat getaran gempa yang pernah terjadi pada suatu lokasi. Beban gempa yang digunakan pada perencanaan ini langsung dihitung otomatis oleh program ETABS.



**Gambar 3.6. Pemodelan Struktur Gedung Lantai I pada Etabs**

Beban gempa yang diperhitungkan pada perencanaan apartemen ini mengacu pada peraturan SNI Gempa 1726-2012. Berdasarkan peta persebaran spektral percepatan gempa SNI 1726-2012 tersebut, diperoleh nilai spektral percepatan  $S_s$  dan  $S_1$  untuk daerah Tangerang yaitu sebesar  $S_s = 0,710$  dan  $S_1 = 0,311$



**Gambar 3.7  $S_s$ . Gempa Maksimum yang dipertimbangkan Risiko-Tersesuaikan ( $MCE_R$ ), Parameter Gerak Tanah, untuk Percepatan Respons Spektral 0,2 detik,dalam g, ( 5% redaman Kritis), Kelas Situs SB**



**Gambar 3.8  $S_1$ . Gempa Maksimum yang dipertimbangkan Risiko-Tersesuaikan ( $MCE_R$ ), Parameter Gerak Tanah, untuk Percepatan Respons Spektral 0,2 detik,dalam g, ( 5% redaman Kritis), Kelas Situs SB**

**Tabel 2.4. Kombinasi Pembebanan Pada Gedung**

Variabel	Nilai
PGA(R)	0,366
SS (R)	0,693
S1(g)	0,305
CRS	0,992
CRI	0,935
FPGA	1,001
FA	1,314
FV	2,781
PSA(g)	0,367
S16 (g)	0,911
S11(g)	0,847
SDS(g)	0,607
SD1(g)	0,565
TD(detik)	0,186
TS (detik)	0,931

**3.3.1. Menghitung Periode Struktur (T)**

Waktu getar struktur adalah peristiwa bergetar dan bergoyangnya struktur dalam 1 periode. Peristiwa tersebut dimodelkan sebagai model massa terpusat (Lump mass model).

Dalam SNI 2012 disebutkan bahwa waktu getar alami fundamental harus dibatasi untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel dengan persyaratan  $T_1 < n$  dimana n adalah jumlah lantai dan koefisien tergantung dari zona gempa seperti pada table berikut :

**Tabel 2.5. Koefisien Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung**

Wilayah Gempa	$I_1$
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

Lokasi gedung berada di zona gempa 4, maka  $I_1 = 0,17$ , maka :

$T_1 < n \times I_1$

$1,3591 < 0,17 \times 14$

$1,3591 < 2,38$  OK, Waktu getar memenuhi persyaratan. Gedung mempunyai kekakuan yang cukup.

**3.3.2. Faktor Keutamaan Gedung**

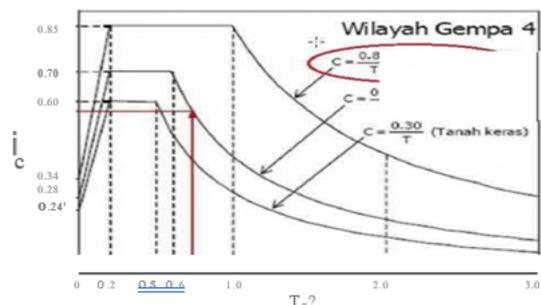
Pada SNI 2012 disebutkan bahwa untuk berbagi kategori gedung, bergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur gedung selama unsure gedung dan umur gedung yang diharapkan, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus diakalikan dengan suatu faktor keutamaan (important Faktor, I)

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	I	I	I
Gedung umum seperti umkm perumahan, perniagaan dan perkantoran	1.0	1.0	
Monumen dan bangunan monumental	1.0	1.6	1.6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas racho dan tekvis.	1.4	1.0	1.4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun	1.6	1.0	1.6
Cerobong, rangkai di atas menara	1.5	1.0	1.5

menurut persamaan  $I = I_1 \times I_2$  Faktor-Faktor keutamaan  $I_1$ ,  $I_2$  dan I ditetapkan pada table berikut:

**Tabel 2.5. Faktor Keutamaan Gedung Untuk Berbagi Kategori Gedung**

**3.3.3. Koefisien Gaya geser**



**Gambar 3.9 Nilai Faktor Respon Wilayah Gempa 4**

Karena waktu getar struktur untuk arah X dan Y berbeda, maka nilai faktor respon gempa juga berbeda. Nilai spektrum gempa rencana dihitung sebagai berikut :

- a. Gempa statik mode 1 (arah X),  $T_1 = 1,3591$  detik

$C_1 = \frac{0,85}{1,3591} = 0,62$

- b. Gempa statik mode 1 (arah X),  $T_2 = 1,3235$  detik

$$C_2 = \frac{0,85}{1,3235} = 0,64$$

Besarnya koefisien gaya geser gempa untuk arah X dan Y dapat dihitung sebagai berikut:

- a. Koefisien gaya geser dasar gempa arah X

$$X = C_1 \times \frac{I}{R}$$

$$X = 0,62 \times \frac{1}{8} = 0,078$$

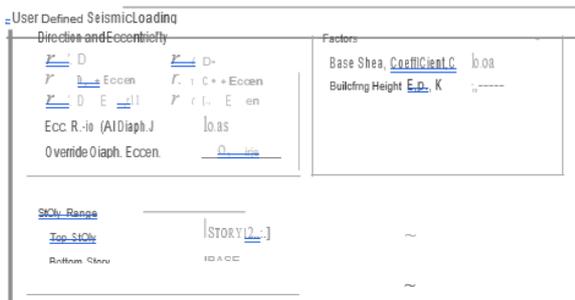
- b. Koefisien gaya geser dasar gempa arah Y

$$Y = C_2 \times \frac{I}{R}$$

$$Y = 0,64 \times \frac{1}{8} = 0,08$$



Gambar 3.10 Koefisien Gaya geser arah X



Gambar 3.11 Koefisien Gaya geser arah Y

### 3.3.4. Eksentrisitas Rencana

Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana  $e_d$ . Apabila ukuran horizontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa dinyatakan dengan 'b', maka eksentrisitas rencana  $e_d$  harus ditentukan sebagai berikut :

Untuk  $0 < e \leq 0,3 b$ , maka  $e_d = 1,5 e + 0,05$  atau  $e_d = e - 0,05 b$

### 3.4. Respon Spectrum Gempa Rencana

Dalam analisis beban gempa dinamik, respons spektrum disusun berdasarkan respons terhadap percepatan tanah (*ground acceleration*) hasil rekaman gempa. Desain spektrum merupakan representasi gerakan tanah (*ground motion*) akibat getaran yang pernah terjadi pada suatu lokasi. Hal-hal yang dipertimbangkan adalah zona gempa dan jenis tanah. Desain kurva respons spektrum untuk zona gempa 4 dengan kondisi tanah lunak.

#### 3.4.1. Redaman struktur beton (*damping*)

Merupakan perbandingan redaman struktur beton dengan redaman kritis = 0,05.

#### 3.4.2. Modal Combination

- CQC (*Complete Quadratic Combination*)

Penjumlahan respons ragam getar untuk struktur gedung tidak beraturan yang memiliki waktu-waktu getar alami yang berdekatan, apabila selisih nilai waktu gerarnya kurang dari 15%

- SRSS (*Square Root of the Sum of Squares*)

Untuk struktur gedung tidak beraturan yang memiliki waktu getar alami yang berjauhan.

#### 3.4.3. Input Response Spectra

Faktor keutamaan (I) = 1 (untuk gedung perkantoran)

Faktor reduksi gempa (R) = 8

Faktor skala gempa arah X =  $(G \times I) / R = 9,81 \times 1/8 = 1,2263$

Faktor skala gempa arah Y =  $30\% \times$  Gempa arah X = 0,3679



Gambar 3.12 Respon Spectrum Case arah X

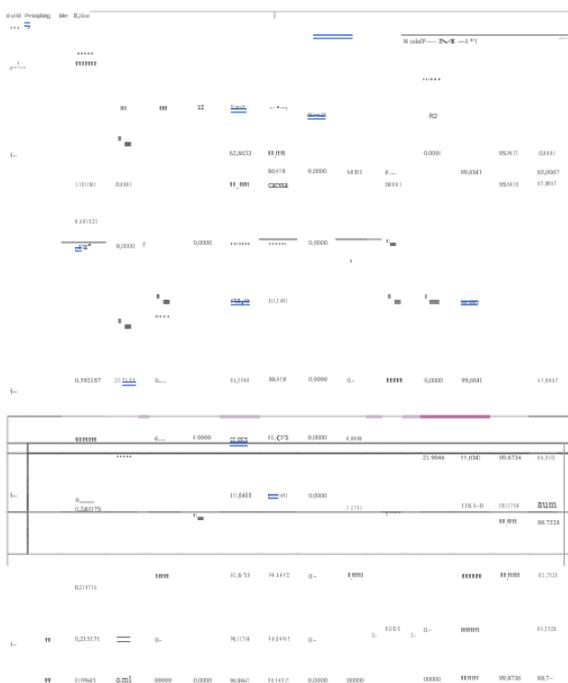


Gambar 3.13 Respon Spectrum Case arah Y

### 3.5. Kontrol dan Analisis

#### 3.5.1. Analisis Ragam Respon Spectrum

Untuk struktur gedung yang memiliki waktu getar alami yang harus dilakukan dengan berdekatan atau selisih nilainya kurang dari 15%. Metoda yang dikenal dengan kombinasi kuadratik lengkap (*Complete Quadratic Combination atau CQC*). Jika waktu getar alami yang berjauhan penjumlahan respons ragam tersebut dapat dilakukan dengan metode yang dikenal dengan akar jumlah kuadrat (*Square Root of the Sum of Squares atau SRSS*).



Gambar 3.14 19 Data Waktu Getar Struktur

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis struktur bangunan tahan gempa gedung 12 lantai dengan menggunakan program ETABS v.9.7.0 di wilayah Kota Tangerang dapat disimpulkan bahwa:

1) Dimensi struktur gedung berdasarkan hasil analisa Program ETABS v.9.7.0 dan perhitungan secara manual menghasilkan dimensi dan jumlah tulangan sebagai berikut :

- Kolom Lantai 1 s/d = K- 80 x 80 cm
  - Tulangan : 36 D16
  - Sengkang : 4 D13 100
- Kolom Lantai 8 s/d 12: K-60 x 60 cm
  - Tulangan : 28 D16
  - Sengkang : 4 D13 100
- Balok lantai 6 s/d 7 : B4-60 x 70 cm
  - Tulangan Atas : 8 D16
  - Tulangan Bawah : 6 D19
  - Sengkang : 2 D13 100
- Balok Lantai 1 s/d 5 : B1- 40 x 60 cm
  - Tulangan Atas : 7 D16
  - Tulangan Bawah : 5 D16
  - Sengkang : 2 D13 100
- Balok Lantai 8 s/d 12: B2- 35x 50 cm
  - Tulangan Atas : 6 D16
  - Tulangan Bawah : 4 D19
  - Sengkang : 2 D13 100
- Balok lantai 1 s/d 12 : B3-30 x 40 cm
  - Tulangan Atas : 2 D10
  - Tulangan Bawah : 3 D13
  - Sengkang : D10 100

### DAFTAR PUSTAKA

Bangunan Gedung dan Non Gedung. 2012.  
Hengky Firmansyah . Perencanaan gedung perkantoran 14 lantai dengan  
Muhammad Madani. 2018. Perencanaan Struktur High-Rise Building Untuk  
SNI 1726:2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur  
SNI 1727:2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan

SNI 2847:2013. Persyaratan Beton Struktural  
untuk Bangunan Gedung. 2013

Struktur Lain. 2013.

variasi balok transfer menggunakan software  
etabs. Tangerang: UMT