

ANALISA STATIK DAN DINAMIK GEDUNG 8 LANTAI

Raynaldo Roberto Latuheru^{1*}, Rahman Prasajo²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta Jl. Sunter Permai Raya, Sunter Agung Podomoro Jakarta Utara 14350

*Email: raylatuheru30@yahoo.co.id, rahman.prasajo@uta45jakarta.ac.id

ABSTRAK

Gempa bumi merupakan suatu getaran tiba-tiba dari dalam tanah yang berasal dari suatu gelombang pada tempat dan menyebar dari daerah satu ke segala arah. Masing-masing daerah mempunyai sifat yang berbeda terhadap gempa, karena setiap daerah mempunyai bentuk maupun jenis wilayah yang berbeda. Indonesia terletak di daerah rawan gempa, karena Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik yaitu lempeng benua Asia, lempeng benua Australia, lempeng samudra Hindia dan lempeng samudra Pasifik, oleh karena itu dalam proses perencanaan suatu struktur gedung bertingkat memerlukan perhitungan terhadap suatu beban gempa. Salah satu faktor yang paling berpengaruh pada saat proses perencanaan struktur bangunan bertingkat tinggi adalah kekuatan struktur bangunan, seperti kolom, balok, dan plat lantai. Penelitian terhadap struktur utama gedung perkantoran 8 lantai ini bertujuan untuk mengetahui perilaku struktur dalam merespon suatu beban gempa statik dan beban gempa dinamik. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan deformasi struktur yang diperoleh dari hasil analisis *plane frame* (3 derajat kebebasan aktif) menghasilkan nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan struktur yang dianalisis sebagai *space frame* (6 derajat kebebasan aktif). Gaya dalam struktur yang diperoleh dari hasil analisis *plane frame* (3 derajat kebebasan aktif) menghasilkan nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan struktur yang dianalisis sebagai *space frame* (6 derajat kebebasan aktif). Sedangkan periode dan frekuensi natural struktur yang diperoleh dari hasil analisis *plane frame* (3 derajat kebebasan aktif) menghasilkan nilai yang lebih kecil jika dibandingkan dengan struktur yang dianalisis sebagai *space frame* (6 derajat kebebasan aktif). Derajat kebebasan struktur mempengaruhi perilaku suatu struktur dalam merespon beban gempa.

Kata kunci: *Gempa Statik dan Gempa Dinamik.*

ABSTRACT

Earthquakes are a sudden vibration of the ground coming from a wave in place and spreading from the area in all directions. Each region has different behavior toward earthquake, because each region has different shape or kind of region. Indonesia is located in an area prone to earthquakes, because Indonesia is an archipelago country located at a meeting of four tectonic plates of Asian continental plates, Australian continental plates, Indian ocean plate and Pacific ocean plate, therefore in the process of planning a multi-storey building structure requires calculation of the load Earthquake. One of the most influential factors during the planning process of high-rise building structures is the strength of building structures, such as columns, beams, and floor plates. The study of the main structure of the eight-story office building aims to determine the behavior of structures in response to static earthquake loads and dynamic earthquake loads. Based on the result of the analysis, the structural deformation obtained from the plane frame analysis (3 degrees of active freedom) yields a larger value when compared to the structure analyzed as the space frame (6 degrees of active freedom). Structural forces obtained from plane frame analysis (3

degrees of active freedom) yield greater value when compared to structures analyzed as space frames (6 degrees of active freedom). While the period and frequency of the natural structure obtained from the plane frame analysis (3 degrees of active freedom) yielded a smaller value when compared to the structure analyzed as the space frame (6 degrees of active freedom). The degree of freedom of structure affects the behavior of a structure in response to earthquake loads.

Keywords: Static and Dynamic Earthquake.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng tektonik Hindia-Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Eurasia. Pertemuan ketiga lempeng ini menyebabkan negara Indonesia aktif secara gempa, sehingga tingkat risiko terjadinya gempa bumi sangatlah tinggi. Dengan risiko terjadinya gempa yang sangat tinggi di wilayah Indonesia, maka sangat tinggi pula risiko bangunan yang mengalami kerusakan struktur, baik akibat perencanaan maupun pelaksanaan yang kurang baik atau bahkan sama sekali belum dirancang ketahanan akan gempa.

Dengan adanya gempa, jika kolom bawah pada bangunan lebih lemah (*soft story*), maka keruntuhan terjadi pada kolom bawah. Ini dapat menyebabkan kerusakan parah pada struktur bangunan yang membuat bangunan runtuh atau terpaksa harus diruntuhkan karena tidak memungkinkan dilakukan perbaikan. Oleh karena itu, bangunan harus direncanakan untuk dapat memberikan kinerja minimal *life safety*, dimana bangunan diperbolehkan mengalami kerusakan namun tidak mengalami keruntuhan. Dengan demikian, kemungkinan timbulnya korban jiwa dapat diminimalisasi. Penelitian terhadap struktur utama gedung perkantoran 8 lantai ini bertujuan untuk mengetahui perilaku struktur dalam merespon beban gempa statik dan beban gempa dinamik.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen

Pembebanan gempa nominal statik ekuivalen dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t$$

dengan:

- C_1 = nilai faktor respons gempa yang didapat dari spektrum respon gempa rencana menurut SNI 1726 20012 untuk waktu getar alami fundamental T_1 .
- W_t = berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.
- V = baban geser dasar nominal statik ekivalen akibat pengaruh gempa rencana yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung beraturan, kN.
- I = faktor keutamaan gedung.
- R = faktor reduksi gempa. Beban gempa nominal statik ekivalen pada lantai (F_i)

Beban gempa nominal statik ekivalen (F_i) ditentukan berdasarkan pasal 6.1.3 SPKGUSBG-2002, yaitu:

$$F_i = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot z_i} \cdot V$$

dengan:

- F_i = beban gempa nomonal statik ekivalen yang menangkap pada pusat massa pada taraf lantai tingkat ke-i struktur atas gedung (kN).
- W_i = berat lantai tingkat ke-i struktur atas suatu gedung, termasuk beban hidup yang sesuai (kN).
- z_i = ketinggian lantai tingkat ke-i diukur dari taraf penjepitan lateral (m).
- n = nomor lantai tingkat paling atas.

2.2.1 Analisis Statik Ekuivalen Berdasarkan SNI-1726-2012

Analisis statik ekuivalen terbagi atas :

1. Geser dasar seismik

Geser dasar seismik, V dalam arah yang ditetapkan harus sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \cdot W$$

Keterangan :

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

2. Perhitungan koefisien respons seismik

Koefisien respon seismik, C_s , harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R \cdot I_e}$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek

R = faktor modifikasi respon

I_e = faktor gempa

Nilai C_s yang dihitung sesuai, tidak perlu melebihi berikut ini :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

3. Distribusi vertikal gaya gempa

Gaya gempa lateral (F_x) (kN) yang timbul disemua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k}$$

Keterangan:

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton (kN)

w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (w) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat I atau x

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x , dinyatakan dalam meter (m)

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:

untuk struktur yang mempunyai perioda 0,5 detik atau kurang, $k=1$ untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 atau lebih, $k =2$ untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

4. Distribusi horizontal gaya gempa

Geser tingkat desain gempa disemua tingkat (V_x) (kN) harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i$$

Keterangan:

F_i = bagian dari geser dasar seismik (V) yang timbul di tingkat I , dinyatakan dalam kilonewton (kN).

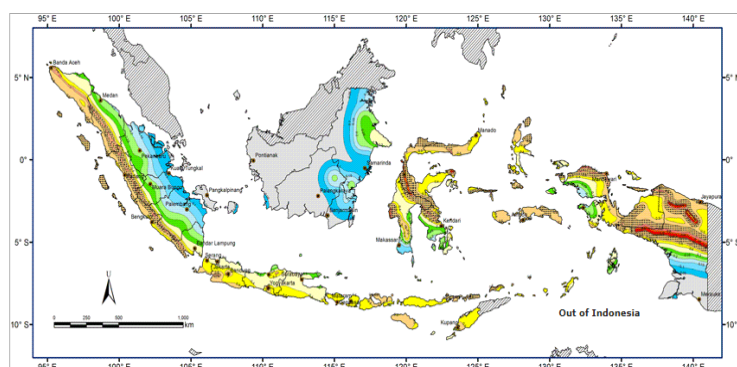
2.2 Respon Spektrum

Respon spektrum adalah suatu spectrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T, lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Respon-respon maksimum dapat berupa simpangan maksimum (*spectral displacement, SD*) kecepatan maksimum (*spectral velocity, SV*) atau percepatan maksimum (*spectral acceleration, SA*) massa struktur *single degree of freedom* (SDOF). Nilai spektrum dipengaruhi oleh periode getar, rasio redaman, tingkat daktailitas, dan jenis tanah. Penyelesaian persamaan yang ada pada SDOF dan MDOF pada tugas akhir ini akan diselesaikan dengan metode respon spektrum. Metode ini tidak termasuk *time history* analisis, karena hanya nilai-nilai maksimum sajalah yang dihitung. Hal ini dimungkinkan karena nilai-nilai *spectrum respon* (simpangan, kecepatan, dan percepatan) tersebut adalah nilai maksimum.

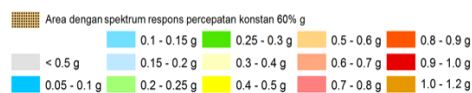
2.3 Beban Gempa (*Earthquake*)

Beban gempa dihitung berdasarkan Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012) dengan 2 metode yaitu cara static ekuivalen, cara dinamik dengan *Spectrum Respon Analysis*. Dari hasil analisis dengan dua cara tersebut akan dilihat bagaimana perilaku struktur dalam respon beban yang diberikan. Dalam analisis struktur terhadap beban gempa, massa bangunan sangat menentukan besarnya gaya inersia akibat gempa. Dalam analisis modal (*modal analysis*) untuk penentuan waktu getar alami / fundamental struktur, mode shape dan analisis dinamik dengan Spectrum Respon, maka massa tambahan yang di-input pada SAP 2000 meliputi massa akibat beban mati tambahan dan beban hidup yang direduksi dengan faktor reduksi 0,5. Dalam hal ini massa akibat berat sendiri elemen struktur (kolom, balok, dan plat) sudah dihitung secara otomatis karena factor pengali berat sendiri (*self weight multiplier*) pada *Static Load Case* untuk BS adalah = 1.

Dalam analisis struktur terhadap beban gempa, plat lantai di anggap sebagai diafragma yang sangat kaku pada bidangnya, sehingga masing-masing lantai tidak didefinisikan sebagai diafragma kaku. Pusat massa lantai tingkat yang merupakan titik tangkap beban gempa statik ekuivalen pada masing-masing lantai diafragma.



KETERANGAN (PGA, MCE_G):



PETA ZONASI GEMPA INDONESIA

Dikembangkan oleh:
Tim Revisi Peta Gempa Indonesia-2010 bersama dengan Tim Pengembangan Peta Gerak Tanah Seismik dan Koefisien Risiko.



Jakarta, Juli 2010
MENTERI PEKERJAAN UMUM

Gambar 1. Peta Zona Gempa

Sumber: Puskim.co.id

2.4 Program SAP 2000

SAP2000, *Structural Analysis Program* merupakan salah satu program aplikasi teknik sipil yang dapat melakukan perhitungan analisis struktur statik atau dinamik dan desain struktur pada

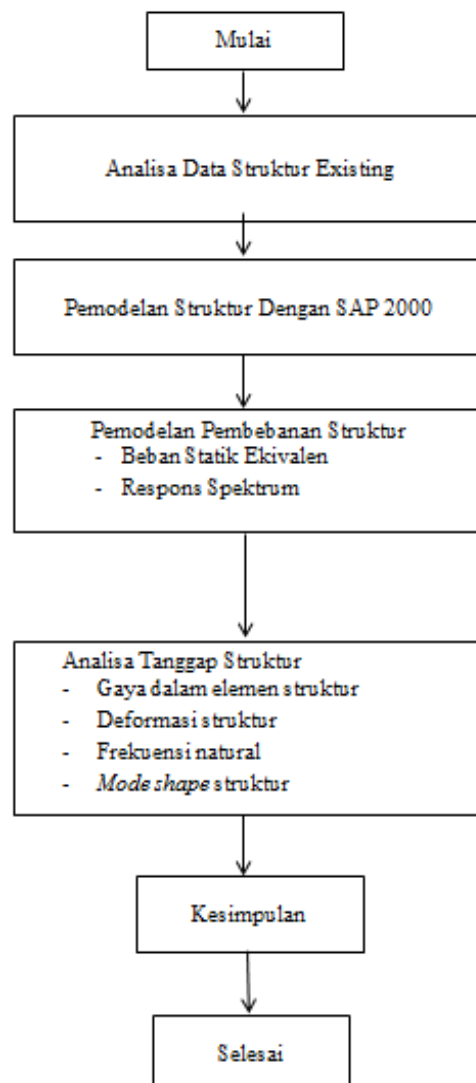
berbagai macam bangunan (umumnya gedung, jembatan, tower dan lain-lain). Prinsip utama penggunaan program SAP2000 adalah pemodelan struktur, eksekusi analisis, dan pemeriksaan atau optimasi desain, yang semuanya dilakukan dalam satu langkah atau satu tampilan.

3. Metode penelitian

3.1 Tahapan Analisis

Metode penelitian ini menggunakan analisa statik dan dinamik pada sebuah gedung. Analisis dengan menggunakan program SAP2000. Hasil output dari program SAP2000 dengan kombinasi beban yang digunakan berupa gaya dalam elemen, perpindahan, frekuensi natural serta ragam bentuk (*mode shape*) dari pola deformasi struktur.

3.2 Bagan Alir



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

4. Pembahasan dan Analisa

4.1 Perhitungan Beban Statik Ekvivalen

Untuk pembebanan statik ekvivalen pada sebuah bangunan terbagi menjadi 2 arah. Pembebanan yang pertama terhadap arah Barat – Timur dan yang kedua adalah arah Utara – Selatan. Dalam melakukan perhitungan untuk pembagian beban statik ekvivalen harus terlebih dahulu melakukan perhitungan sebelum melakukan pemodelan pada aplikasi SAP2000. Perhitungan dapat diselesaikan dengan beberapa cara, seperti dibawah ini:

Arah Barat - Timur

Menghitung periode natural struktur bangunan:

$$T_a = 0.0466x(36)^{\frac{9}{10}} = 1,17235 \text{ detik}$$

Menghitung koefisien respons seismic :

$$C_s = \frac{0.475}{0.685 \left(\frac{5}{1}\right)} = 0.08103$$

Menghitung gaya geser dasar nominal (static lateral ekuivalen):

$$V = C_s W = 0.138x69447,4 = 5627,57kN$$

Menghitung gaya lateral ekuivalen. Beban gempa nominal statik ekuivalen yang bekerja pada pusat masa lantai "i" dengan k =

$$k = 0.5(0.685) + 0.75 = 1,33618$$

Sehingga gaya lateral yang bekerja pada lantai 8 adalah:

$$Z_{8k} = 36^{1.092} = 120,087 \text{ m}$$

$$F_8 = \frac{8680,9x36}{1883530} x 9633,11 = 1429,83kNm$$

Setelah dilakukannya perhitungan maka pada lantai 8 di dapatkan gaya lateral dan geser sebesar 1429,83 kNm. Untuk perhitungan pada lantai yang lainnya menggunakan rumus yang sama seperti di atas. Maka untuk hasil perhitungan lantai – lantai yang lain dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Berat Struktur Perlantai (Arah Barat-Timur)

LANTAI	TINGGI DARI LANTAI DASAR Z _x (m)		BERAT LANTAI W _x (kN)	MOMEN W _x Z _x ^k (kN-m)	Lateral F _x (kN-m)	Geser V _x (kN-m)
	Z _x (m)	Z _x ^k (m)				
8	36	120,1	8680,9	1042461,7	1429,8	1429,8
7	31,5	100,5	8680,9	872112,8	1196,2	2626,0
6	27	81,8	8680,9	709773,7	973,5	3599,5
5	22,5	64,1	8680,9	556313,8	763,0	4362,5
4	18	47,6	8680,9	412886,8	566,3	4928,9
3	13,5	32,4	8680,9	281119,4	385,6	5314,4
2	9	18,8	8680,9	163531,7	224,3	5538,7
1	4,5	7,5	8680,9	64769,8	88,8	5627,6
Jumlah			69447	4102969,7	5627,6	33428

2. Arah Utara - Selatan

Menghitung periode natural struktur bangunan:

$$T_a = 0.0466x(36)^{\frac{3}{4}} = 0,68488 \text{ detik}$$

Menghitung koefisien respons seismic :

$$C_s = \frac{0.475}{1.172 \left(\frac{5}{1}\right)} = 0.13871$$

Menghitung gaya geser dasar nominal (statik lateral ekuivalen):

$$V = C_s W = 0.08103 \times 69447,4 = 9633,11 \text{ kN}$$

Menghitung gaya lateral ekuivalen. Beban gempa nominal statik ekuivalen yang bekerja pada pusat masa lantai “i” dengan k =

$$k = 0.5(1.172) + 0.75 = 1,09244$$

Sehingga gaya lateral yang bekerja pada lantai 8 adalah:

$$Z_{8k} = 36^{1,336} = 50,1378$$

$$F_8 = \frac{8680,9 \times 36}{4102969,7} \times 5627,57 \text{ N} = 1199,38 \text{ kNm}$$

Setelah dilakukannya perhitungan maka pada lantai 8 di dapatkan gaya lateral dan geser sebesar 1199,38 kNm. Untuk perhitungan pada lantai yang lainnya menggunakan rumus yang sama seperti di atas, maka untuk hasil perhitungan lantai – lantai yang lain dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Berat Struktur Perlantai (Arah Utara-Selatan)

LANTAI	TINGGIDARI		BERAT LANTAI W_x (kN)	MOMEN $W_x Z_x^k$ (kN- m)	Lateral F_x (kN- m)	Geser V_x (kN- m)
	LANTAI DASAR					
	Z_x (m)	Z_x^k (m)				
8	36	50,1	8680,9	435242,0	1199,4	1199,4
7	31,5	100,5	8680,9	872112,8	2403,2	3602,6
6	27	81,8	8680,9	709773,7	1955,9	5558,5
5	22,5	64,1	8680,9	556313,8	1533,0	7091,5
4	18	47,6	8680,9	412886,8	1137,8	8229,3
3	13,5	32,4	8680,9	281119,4	774,7	9004,0
2	9	18,8	8680,9	163531,7	450,6	9454,6
1	4,5	7,5	8680,9	64769,8	178,5	9633,1
Jumlah			69447	3495750,0	9633,1	53773

4.2 Kombinasi Pembebanan

Untuk kombinasi pembebanan gempa dengan metode statik ekuivalen, menurut Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012) harus dilakukan dengan meninjau secara bersamaan 100% gempa arah X (E_x) dan 30% gempa arah Y (E_y), dan sebaliknya. Sehingga semua komponen struktur dirancang memiliki kekuatan minimal sebesar kekuatan yang dihitung berdasarkan kombinasi beban. Dengan demikian kombinasi pembebanan untuk gempa statik ekuivalen menjadi sebagai berikut :

Tabel 3. Kombinasi beban

COMBO	BEBAN						
	DEAD	LIVE	WIND		EQX	EQY	SPEKTRA
			WINDX	WINDY			
COMBO 1	1,4	-	-	-	-	-	-
COMBO 2	1,2	1,6	-	-	-	-	-
COMBO 3	1,2	1	0,5	-	-	-	-
COMBO 4	1,2	1	-	0,5	-	-	-
COMBO 5	1,2	1	-	1	-	-	-
COMBO 6	1,2	1	1	-	-	-	-
COMBO 7	1,2	1	-	-	1	-	-
COMBO 8	1,2	1	-	-	-	1	-
COMBO 9	0,9	-	1	-	-	-	-
COMBO 10	0,9	-	-	1	-	-	-
COMBO 11	0,9	-	-	-	1	-	-
COMBO 12	0,9	-	-	-	-	1	-
COMBO 13	1	-	-	-	-	-	-
COMBO 14	1	1	-	-	-	-	-
COMBO 15	1	-	-	-	-	-	-
COMBO 16	1	0,75	-	-	-	-	-
COMBO 17	1	-	0,6	-	-	-	-
COMBO 18	1	-	-	0,6	-	-	-
COMBO 19	1	0,75	0,45	-	-	-	-
COMBO 20	1	0,75	-	0,45	-	-	-
COMBO 21	1	-	0,6	-	-	-	-
COMBO 22	1	-	-	0,6	-	-	-
COMBO 23	1	-	-	-	0,7	-	-
COMBO 24	1	-	-	-	-	0,7	-

4.2 Perhitungan Respons Spektrum Perhitungan Koefisien Gempa

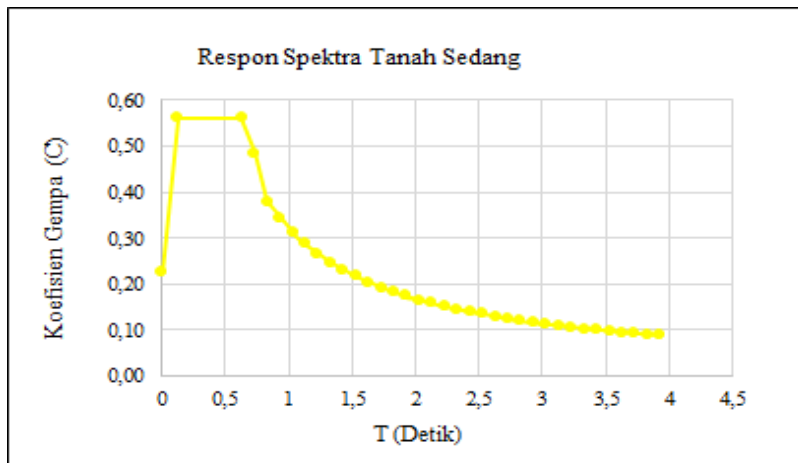
Lokasi = Jakarta

Kelas/Jenis Tanah = Tanah Sedang (SD)

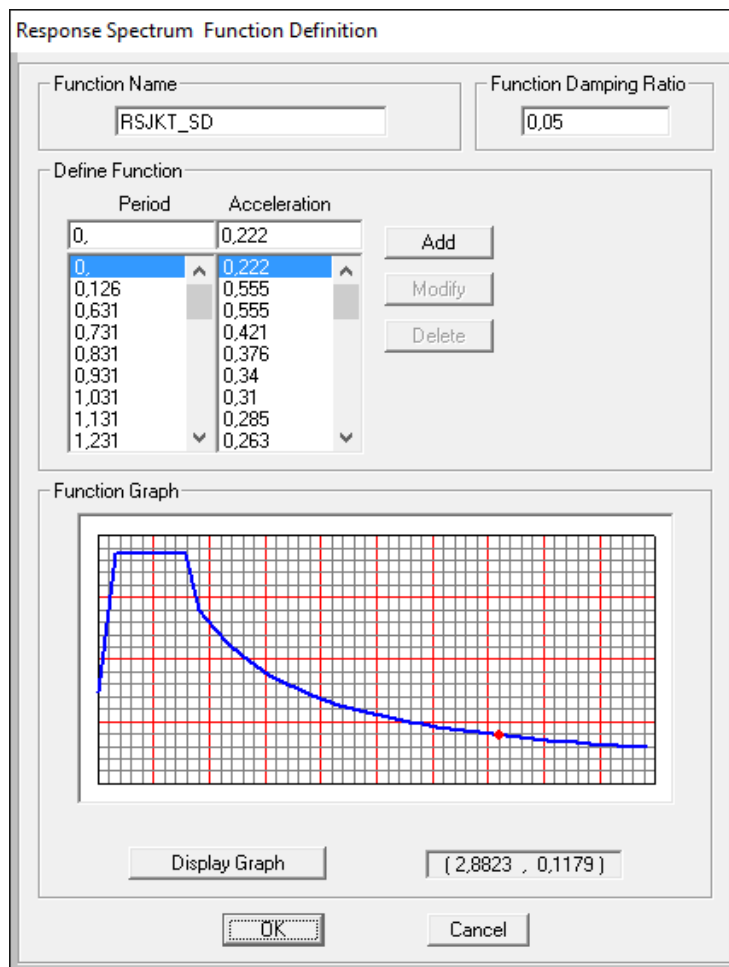
Tabel 4. Respons Spektra

Sedang		T (Detik)	Cs (g)		
Variabel	Nilai	0	0.225	2.13	0.159
PGA (g)	0.353	0.126	0.562	2.23	0.152
SS (g)	0.664	0.63	0.562	2.33	0.146
S1 (g)	0.293	0.73	0.485	2.43	0.14
CRS	0.989	0.83	0.381	2.53	0.135
CR1	0.938	0.93	0.344	2.63	0.13
FPGA	1.147	1.03	0.313	2.73	0.125
FA	1.268	1.13	0.288	2.83	0.121
FV	1.815	1.13	0.288	2.93	0.117
PSA (g)	0.405	1.23	0.266	3.03	0.113
SMS (g)	0.843	1.33	0.248	3.13	0.11
SM1 (g)	0.531	1.43	0.231	3.23	0.106
SDS (g)	0.562	1.53	0.217	3.33	0.103
SD1 (g)	0.354	1.63	0.205	3.43	0.1
T0 (detik)	0.126	1.73	0.193	3.53	0.098
TS (detik)	0.63	1.83	0.183	3.63	0.095
		1.93	0.174	3.73	0.092
		2.03	0.166	3.83	0.09
				3.93	0.089

(Sumber:puskim.co.id)



Gambar 3. Grafik Respons Spektrum
Sumber: Puskim.co.id



Gambar 4. Data Respon Spektrum

4.3 Hasil Analisa

Tabel 5. Data Periode dan Frekuensi Statik Ekuivalen

Mode	Statik Ekuivalen			
	Plane Frame		Space Frame	
	Periode	Frekuensi	Periode	Frekuensi
1	1,570803	0,63662	1,570804	0,6366
2	0,485054	2,06160	1,476925	0,6771
3	0,257086	3,88970	1,382842	0,7232
4	0,160197	6,2423	0,485054	2,062
5	0,109751	9,1115	0,455687	2,195
6	0,106798	9,3634	0,427549	2,339
7	0,105151	9,5101	0,257087	3,89
8	0,102045	9,7996	0,240973	4,15
9	0,101864	9,817	0,226676	4,412
10	0,098708	10,131	0,160199	6,242
11	0,098617	10,14	0,153408	6,5189
12	0,096839	10,326	0,143991	6,945

Tabel 6. Data Periode dan Frekuensi Respon Spektrum

Mode	Respon Spektrum			
	Plane Frame		Space Frame	
	Periode	Frekuensi	Periode	Frekuensi
1	12,7078	0,078692	12,70781	0,078692
2	3,890527	0,25703	11,91685	0,083915
3	2,055024	0,48661	10,66394	0,093774
4	1,292222	0,77386	3,890552	0,25703
5	0,930892	1,0742	3,662438	0,27304
6	0,915965	1,0917	3,280503	0,30483
7	0,902069	1,1086	2,055072	0,4866
8	0,874391	1,1437	1,938004	0,51599
9	0,873618	1,1447	1,737149	0,57566
10	0,845903	1,1822	1,292303	0,77381
11	0,845441	1,1828	1,247914	0,80134
12	0,787533	1,2698	1,113636	0,89796

Tabel 7. Joint Displacement Statik Ekuivalen (Plane Frame)

Joint Displacement (Statik Ekuivalen)							
Joint	Combo	U1	U2	U3	R1	R2	R3
18	COMB7	0,297482	0	-0,00544	0	0,003274	0
288	COMB7	0,297482	0	-0,00544	0	0,003274	0
135	COMB7	0,296132	0	-0,01583	0	0,002744	0
13	COMB7	0,12276	0	-0,00316	0	0,010856	0
283	COMB7	0,12276	0	-0,00316	0	0,010856	0

Tabel 8. Joint Displacement Statik Ekuivalen (Space Frame)

Joint Displacement (Statik Ekuivalen)							
Joint	Combo	U1	U2	U3	R1	R2	R3
18	COMB7	0,297482	0,047995	-0,00497	-0,00067	0,00327	0,000012
288	COMB7	0,297532	0,048108	-0,00589	-0,00051	0,003278	-0,000019
135	COMB7	0,296129	0,047969	-0,01505	-0,00054	0,002743	3,248E-07
13	COMB7	0,12277	0,01876	-0,00286	-0,00175	0,010855	0,00000494
283	COMB7	0,122772	0,018813	-0,00346	-0,00154	0,010859	-5,606E-06

Tabel 9. Joint Displacement Respon Spektrum (Plane Frame)

Joint Displacement (Respon Spektrum)							
Joint	Combo	U1	U2	U3	R1	R2	R3
18	COMB1	0,000073	0	-0,00442	0	0,000091	0
135	COMB1	0,000016	0	-0,00822	0	0,000032	0
144	COMB1	-0,000016	0	-0,00822	0	-0,000032	0
107	COMB1	0,000004044	0	-0,00513	0	0,000104	0
197	COMB1	0,000004014	0	-0,00513	0	0,000104	0

Tabel 10. Joint Displacement Respon Spektrum (Space Frame)

Joint Displacement (Respon Spektrum)							
Joint	Combo	U1	U2	U3	R1	R2	R3
18	COMB1	0,000063	-0,00035	-0,00442	-4,2E-05	0,000089	-1,13E-06
135	COMB1	0,000015	-0,00038	-0,00825	0,000045	0,000032	3,725E-07
144	COMB1	-0,000015	-0,00038	-0,00825	0,000045	-3,2E-05	-3,73E-07
107	COMB1	0,000003661	-0,00031	-0,00515	0,000065	0,000104	-4,62E-08
197	COMB1	0,000003891	-0,00031	-0,00513	-4,2E-05	0,000104	-2,86E-07

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Deformasi struktur yang diperoleh dari hasil analisis *plane frame* (3 derajat kebebasan aktif) menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan struktur yang dianalisis sebagai *space frame* (6 derajat kebebasan aktif). Ini dikarenakan beban yang bekerja lebih terkonsentrasi hanya pada derajat kebebasan struktur yang dianalisis, sehingga nilai perpindahan yang dihasilkan akan lebih besar sebanding dengan nilai derajat kebebasan strukturnya.
2. Gaya dalam struktur yang diperoleh dari hasil analisis *plane frame* (3 derajat kebebasan aktif) menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan struktur yang dianalisis sebagai *space frame* (6 derajat kebebasan aktif).
3. Periode dan frekuensi natural struktur yang diperoleh dari hasil analisis *plane frame* (3 derajat kebebasan aktif) menghasilkan nilai yang lebih kecil jika dibandingkan dengan struktur yang dianalisis sebagai *space frame* (6 derajat kebebasan aktif).
4. Derajat kebebasan struktur mempengaruhi perilaku suatu struktur dalam merespon beban gempa.

5.2 Saran

1. Untuk analisa yang lebih dalam, sebaiknya analisis dilanjutkan sampai pada tahap pemodelan *static nonlinear* dengan *push over analysis* untuk melihat pola keruntuhan dari masing-masing metode analisis dengan *plane frame* dan *space frame*.
2. Analisa dengan penyederhanaan tingkat derajat kebebasan dapat dijadikan sebagai acuan awal dalam tahapan perencanaan awal (*preliminary design*).
3. Penentuan tingkat derajat kebebasan sebaiknya mempertimbangkan dominasi serta perilaku dari beban yang bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

Budiono, B & Supriatna, L, 2011. Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x, ITB. Bandung.

- Imran, I & Hendrik, F, 2014. Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang, ITB. Bandung.
- Imran, I & Hendrik, F, 2009. Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa, ITB. Bandung.
- Iskandarsyah, Helmy. 2009. Analisa Respon Spektrum Pada Bangunan Yang Menggunakan Yielding Damper Akibat Gempa. Medan.
- Pada Bangunan Dengan Soft First Story. Jurnal Sipil Statik Vol. 2 No. 4, April 2014 (214-224).
- SNI-1726-2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- Wahyudi, Laurentius dan Sjahrir A.Rahim. Metode Plastis Analisa dan Desain. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.