

ANALISA STATIK DAN DINAMIK GEDUNG BERTINGKAT BANYAK AKIBAT GEMPA BERDASARKAN SNI 1726-2019 DENGAN VARIASI JUMLAH TINGKAT

Draga Hasan Saputra

Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta
dragasaputra@gmail.com

Abstrak

Diterapkannya SNI 1726-2019 sebagai standar yang baru telah menambah dan mengubah ruang lingkup tata cara perhitungan gempa menjadi lebih luas sehingga dapat mengikuti perkembangan zaman yang ada. Beban gempa dapat dianalisis secara statik maupun dinamik. Untuk analisa statik digunakan metode gaya lateral ekuivalen, dan untuk analisa dinamik digunakan metode spektrum respons ragam. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil kedua metode tersebut, sehingga kita dapat mengetahui metode mana yang lebih optimal dalam merencanakan struktur gedung tahan gempa. Struktur gedung yang dimodelkan merupakan gedung beraturan, dengan jumlah tingkat yang divariasikan. Model struktur dibagi kedalam portal 5 tingkat, 10 tingkat, dan 15 tingkat. Penelitian ini menggunakan bantuan program ETABS v21 untuk mempermudah proses analisa gempa. Hasil penelitian yang akan dibandingkan adalah *displacement* antar tingkat dan *base shear* yang terjadi akibat gaya gempa. Hasil analisa telah menunjukkan bahwa analisa statik mengeluarkan hasil yang lebih besar untuk ketiga model struktur dibandingkan dengan analisa dinamik. Perbedaan *displacement* antar tingkat yang dihasilkan oleh kedua metode pada ketiga model struktur masih masuk dalam batasan *displacement* antar tingkat ijin yang disyaratkan dalam SNI 1726-2019, sehingga ketiga model masih bisa dianalisa dengan analisa statik dan analisa dinamik. Karena hasil *displacement* dan *base shear* pada analisa statik lebih besar dari analisa dinamik, maka analisa statik lebih aman jika digunakan untuk pembebanan gaya gempa dalam perhitungan struktur secara umum. Walaupun dalam analisa gempa, analisa dinamik merupakan analisa yang lebih akurat karena proses analisa yang lebih mendekati ke keadaan yang sebenarnya..

Kata Kunci: SNI 1726-2019, analisis statik gempa, analisis dinamik gempa, ETABS.

1. PENDAHULUAN

Sejak ditetapkan SNI 1726-2012 sebagai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung sebagai standarisasi yang berlaku saat ini, maka dari itu saat ini untuk menghitung respons bangunan akibat gempa kita harus menggunakan SNI 1726-2012. Pada standarisasi yang baru ini, ruang lingkup tata cara telah diperluas, mengingat kebutuhan akan hal-hal baru yang sangat pesat berkembang, atau yang sebelumnya belum diatur di dunia konstruksi bangunan kita, agar kita tetap berada pada perkembangan terkini dari kemajuan dunia dibidang rekayasa kegempanan, dikombinasikan dengan penyesuaian-penyesuaian dengan kondisi di Indonesia saat ini.

Respons bangunan akibat gempa yang terjadi dapat dianalisis secara statik maupun

dinamik. Analisa statik yang umum digunakan adalah analisa gaya lateral ekuivalen. Analisa dinamik dapat dibagi atas dua yaitu analisa spektrum respons ragam dan analisa riwayat respons seismik (*time-history*). Berdasarkan SNI 1726-2019, ada banyak batasan yang diberikan dalam prosedur analisis statik ekuivalen. Pembatasan ini dilakukan karena hasil analisis statik ekuivalen kurang presisi untuk berbagai macam struktur yang dibangun. Oleh karena itu diperlukan analisis secara dinamik untuk memperoleh respons bangunan yang lebih mendekati respons struktur yang sebenarnya ketika terjadi gempa.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membandingkan respon struktur portal bertingkat banyak yang akan di analisa dengan metode gaya lateral ekuivalen dan metode spektrum respon ragam. Hasil yang akan dibandingkan yaitu berupa *displacement*

dan *base shear*. Dari hasil tersebut kita dapat melihat seberapa besar perbedaan hasil dari kedua metode tersebut, kemudian membandingkan penerapannya dalam perhitungan struktur gedung bertingkat secara umum. Adapun penelitian ini dibatasi dengan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Analisa perhitungan akibat gaya gempa berdasarkan SNI 1726-2019.
2. Metode analisa yang akan digunakan dalam perhitungan adalah analisa gaya lateral ekuivalen dan analisa spektrum respon ragam.
3. Hasil analisa yang akan dihitung berupa distribusi *displacement* dan *base shear*.
4. Masalah yang akan ditinjau adalah respon struktur gedung bertingkat beraturan (portal) beton bertulang 5 tingkat, 10 tingkat, dan 15 tingkat.
5. Dimensi (kolom dan balok), jarak, serta elevasi pada portal hanya merupakan pemisalan sebagai bagian dari model analisis.
6. Beban-beban juga merupakan pemodelan saja tetapi dengan angka yang cukup relevan dan merujuk pada peraturan pembebanan untuk gedung yang berlaku tanpa mereduksi beban hidup. Dengan bangunan diasumsikan mempunyai redaman sebesar 5%.
7. Struktur direncanakan berada di kota Jakarta dengan dibangun di atas tanah sedang berdasarkan klasifikasi SNI 1726-2019 dan diasumsikan tanpa terjadi eksentrisitas.

Prosedur Analisis Gaya Gempa
Prosedur analisis gempa yang digunakan untuk merencanakan bangunan tahan gempa dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu analisis statik (analisis gaya lateral ekuivalen) dan analisis dinamik (analisis spektrum respon ragam dan analisis riwayat respons seismik). Dalam menganalisis perilaku struktur yang mengalami gaya gempa, semakin teliti analisis dilakukan, perencanaannya semakin ekonomis dan dapat diandalkan. Untuk bangunan satu tingkat dapat direncanakan hanya dengan menetapkan besarnya beban lateral yang dapat ditahan elemen struktur dan dengan mengikuti ketentuan-ketentuan dalam peraturan.

Tabel: 1.1 Prosedur Analisis Gempa

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen pasal 0	Analisis spektrum respon ragam pasal 0	Prosedur respon riwayat waktu seismik pasal 0
B, C	Semua struktur	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II yang tidak melebihi 2 tingkat diatas dasar	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dengan ketinggian melebihi 48,8 m dan $T < 3,5 T_1$	I	I	I
	Struktur dengan ketinggian tidak melebihi 48,8 m dan hanya memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2,3,4 atau 5 atau ketidakberaturan vertikal tipe 4, 5a atau 5b	I	I	I
	Semua struktur lainnya	Ti	I	I

CATATAN I: Dizinkan, Ti: Tidak Dizinkan

Sumber: SNI 1726-2019

Analisa Statik

Geser Dasar Seismik

$$V = C_s \cdot W$$

C_s adalah koefisien respon seismik

W adalah berat seismik efektif.

Berat Seismik

Berat seismik efektif struktur, W , harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya, antara lain di bawah ini:

1. Dalam daerah yang digunakan untuk penyimpanan: minimum sebesar 25 persen beban hidup lantai (beban hidup lantai di garasi publik dan struktur parkir terbuka, serta beban penyimpanan yang tidak melebihi 5 persen dari berat seismik efektif pada suatu lantai, tidak perlu disertakan);
2. Jika ketentuan untuk partisi disyaratkan dalam desain beban lantai: diambil sebagai yang terbesar di antara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar 0.48 kN/m²;
3. Berat operasional total dari peralatan yang permanen;
4. Berat lansekap dan beban lainnya pada taman atap dan luasan sejenis lainnya.

Perhitungan Koefisien Respon Seismik

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

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

$$C_s min = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

S_{DS} adalah parameter percepatan spektrum respon desain dalam retnag periode pendek;

R adalah faktor modifikasi respons;

I_e adalah faktor keutamaan gempa;

SDI adalah parameter percepatan spektrum respon desain pada periode sebesar 1,0 detik;

T adalah periode fundamental struktur (detik);

S_i adalah parameter percepatan spektrum respons maksimum.

Periode Fundamental

$$T_a = C_t h_n^x$$

h_n adalah ketinggian struktur, dalam m, di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur; C_t dan x ditentukan dari:

Tabel: 1.2 Parameter Periode

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bracing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bracing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber: SNI 1726-2019

Distribusi Gaya Gempa

$$F_x = C_{vx} V$$

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

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

C_{vx} adalah faktor distribusi vertikal;

V adalah gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN);

w_i dan w_x adalah bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x ;

h_i dan h_x adalah tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x ;

k adalah eksponen yang terkait dengan periode struktur;

F_i adalah bagian dari geser dasar seismik (V) (kN) yang timbul di tingkat i .

Analisa Dinamik

Prinsip Analisis Spektrum Respon Ragam

Sebelum melakukan analisis dinamis (analisis spektrum respons ragam dan analisis riwayat waktu), harus dilakukan analisis modal terlebih dahulu. Analisis modal dilakukan untuk menentukan periode elastik dan ragam getaran yang dihasilkan suatu struktur atau gedung ketika mengalami gaya gempa. Analisis modal terdiri dari dua tipe yaitu vektor Eigen dan Vektor Ritz. Dalam penelitian ini, analisis modal yang digunakan adalah tipe vektor Eigen. Analisis vektor Eigen menghasilkan bentuk ragam getaran bebas tanpa redaman dan frekuensi dari sistem. Dari ragam getaran tersebut bisa dilihat perilaku suatu struktur ketika mengalami gaya gempa.

Persamaan gerak untuk keseimbangan dinamis:

$$[M] \ddot{u}(t) + [C] \dot{u}(t) + [K] u(t) = P(t)$$

Nilai-nilai *Eigen* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$[K - \omega^2 M] \Phi = 0$$

Hubungan nilai *Eigen* dengan waktu getar dan frekuensi, yaitu:

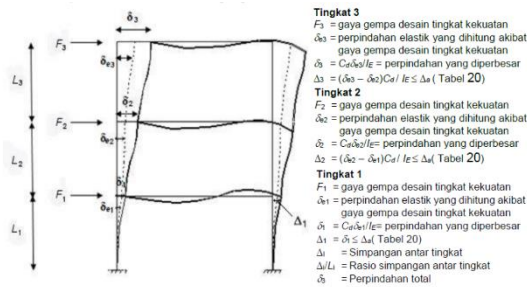
$$T = \frac{1}{f} \quad f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Parameter Respons Ragam

Nilai untuk masing-masing parameter desain terkait gaya yang ditinjau, termasuk simpangan antar lantai tingkat, gaya dukung dan gaya elemen struktur individu untuk masing-masing ragam respon harus dihitung menggunakan properti masing-masing ragam dan spektrum respons didefinisikan dalam SNI 1726-2019 dibagi dengan kuantitas (R/I). Nilai untuk perpindahan dan kuantitas simpangan natar lantai harus dikalikan dengan kuantitas (Cd/I).

Parameter Respons Terkombinasi

Nilai untuk masing-masing parameter yang ditinjau, yang dihitung untuk berbagai ragam, harus dikombinasikan menggunakan metoda akar kuadrat jumlah kuadrat (*SRSS*) atau metoda kombinasi kuadrat lengkap (*CQC*), sesuai dengan *SNI 1726*. Metoda *CQC* harus digunakan untuk masing-masing nilai ragam di mana ragam berjarak dekat mempunyai korelasi silang yang signifikan di antara respons translasi dan torsi.



Gambar: 1.1 Simpangan Antar Lantai
Sumber: SNI 1726:2019

Skala Gaya

Bila perioda fundamental yang dihitung melebihi $(C_u)(T_a)$, maka $(C_u)(T_a)$ harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 100 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan V/V_t .

Batasan Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai ijin (Δ_a), seperti yang ditetapkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel: 1.3 Tabel simpangan ijin

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Sumber: SNI 1726:2019

2. METODOLOGI

Metode dan langkah-langkah perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan prosedur yang disesuaikan dengan *SNI 1726-2019* tentang perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung bertingkat. Untuk proses analisa, peneliti menggunakan bantuan *software ETABS v21*.

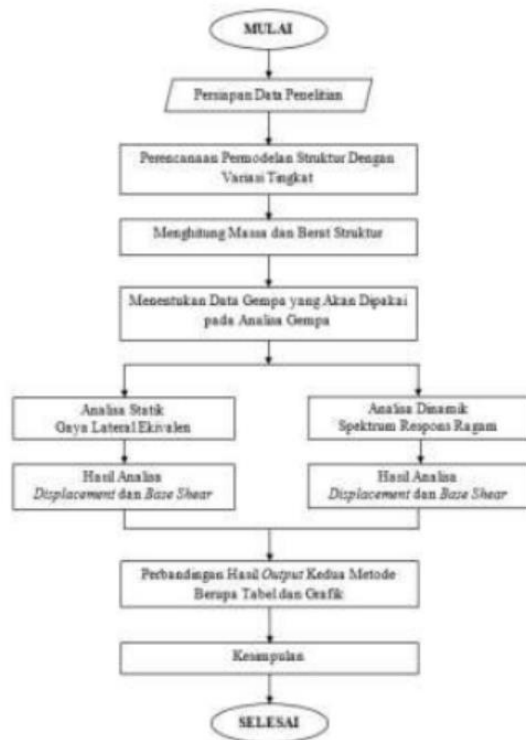
Terdapat dua Variabel dalam penelitian ini, yaitu jumlah tingkat dan *displacement*. Setelah mengetahui jenis penelitian dan variabelnya, maka metodologi yang digunakan yaitu penelitian perancangan dengan analisis terhadap jumlah lantai dan *displacement*.

Pola Pikir / Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran adalah sebuah model atau gambaran berupa konsep yang di dalamnya menjelaskan mengenai suatu hubungan antara suatu variabel dengan variabel lain. Oleh karena itu, kerangka pemikiran dibuat dalam bentuk skema dengan tujuan untuk mempermudah dalam memahami variabel data.

Pada penelitian ini dimulai dengan dua butir rumusan masalah yang kemudian dilakukan proses pengumpulan data yaitu berupa data primer dan sekunder. Secara konsep penelitian ini terdapat dua variabel dimana variabelnya yaitu jumlah tingkat dengan indikator nominal empat macam jumlah tingkat, serta *displacement*.

Kemudian dari hasil analisis dilakukan pembahasan untuk mencapai sebuah kesimpulan yang menjawab rumusan masalah yang sudah ditentukan. Adapun kerangka pemikiran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar: 2.1 Pola Pikir/Kerangka Pemikiran Penulis
Sumber: Olahan Penelitian

1. Memodelkan struktur gedung bertingkat yang dibagi menjadi portal 5 tingkat, 10 tingkat, dan 15 tingkat.
2. Menentukan data gempa yang akan di analisa berdasarkan pemilihan dimana struktur tersebut akan dibangun. Data gempa diambil dari web: [Desain Spektra Indonesia](#).
3. Menghitung berat dan masa struktur kemudian menginput ke dalam software ETABS beserta data gempa untuk selanjutnya dianalisa terhadap metode gaya lateral ekuvalen dan metode spektrum respons ragam.

c. Metode Pembahasan Hasil Analisis

- a. Metode pembahasan hasil analisis program ETABS. Mengoutput hasil analisa dari kedua metode tersebut lalu membandingkan dan membahas hasil *displacement* dan *base shear* yang dihasilkan sesuai dengan tujuan dari penelitian ini.
- b. Mengambil kesimpulan berdasarkan hasil dari penelitian yang didapatkan.

Metode Penelitian

Metode penelitian memberikan gambaran rancangan penelitian meliputi prosedur yang perlu dilakukan yang selanjutnya data tersebut akan dianalisis.

a. Persiapan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah survei lapangan dan studi literatur. Dimana data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer dan sekunder dari SNI 1726-2019 sebagai berikut: Studi Literatur

Studi literatur meliputi hal-hal yang berkaitan dengan struktur/konstruksi bangunan gedung. Bertujuan untuk mencari data sekunder seperti: data material, data profil baja, dan data pembebanan.

b. Metode Analisis Data

a. Metode Analisis Program ETABS

Metode analisis data pada program ETABS. Berupa tata cara atau langkah langkah dari pemodelan sampai hasil output. Berikut penyajian analisis program ETABS pada perancangan elemen struktur pada berbagai model berikut:

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

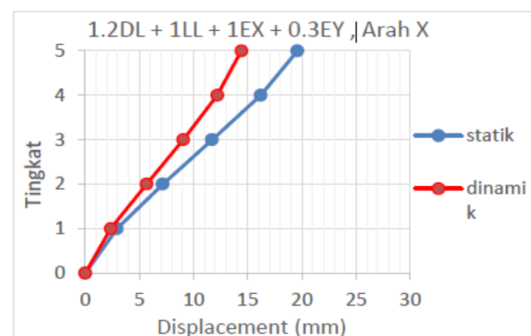
1. Pembahasan Hasil Analisis

a. Portal 5 Tingkat

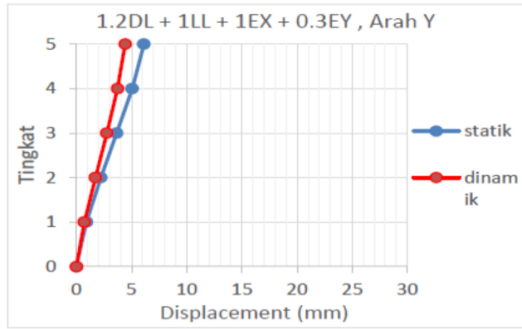
Tabel: 3.1 Tabel *Displacement* Portal 5 Komb.1

Tingkat	Elevasi (m)	Displacement (mm)					
		Arah X			Arah Y		
		Statik	Dinamik	Beda (%)	Statik	Dinamik	Beda (%)
5	19.75	19.586	14.422	26	6.121	4.424	28
4	16.00	16.199	12.194	25	5.050	3.729	26
3	12.25	11.711	9.051	23	3.643	2.761	24
2	8.50	7.156	5.658	21	2.218	1.718	23
1	4.75	2.925	2.361	19	0.902	0.713	21
base	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: Olahan Penelitian



Gambar: 3.1 Grafik Hubungan *Displacement* dengan Tingkat Portal 5 Kombinasi 1 Arah X
Sumber: Olahan Penelitian

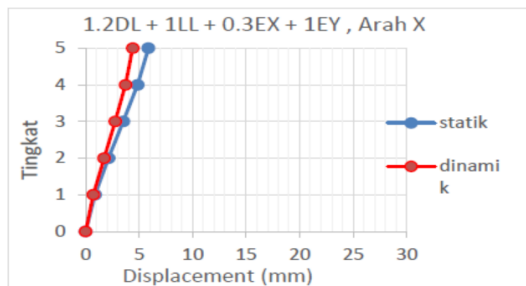


Gambar: 3.2 Grafik Hubungan *Displacement* dengan Tingkat Portal 5 Kombinasi 1 Arah Y
Sumber: Olahan Penelitian

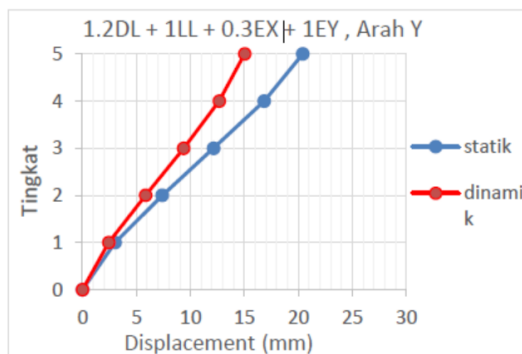
Tabel: 3.2 Tabel *Displacement* Portal 5 Komb.2

Tingkat	Elevasi (m)	Kombinasi 2					
		Displacement (mm)					
		Arah X			Arah Y		
		Statik	Dinamik	Beda (%)	Statik	Dinamik	Beda (%)
5	19.75	5.875	4.409	25	20.405	15.032	26
4	16.00	4.859	3.728	23	16.834	12.671	25
3	12.25	3.513	2.767	21	12.145	9.380	23
2	8.50	2.147	1.730	19	7.394	5.840	21
1	4.75	0.877	0.721	18	3.007	2.424	19
base	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: Olahan Penelitian



Gambar: 3.3 Grafik Hubungan *Displacement* dengan Tingkat Portal 5 Kombinasi 2 Arah X
Sumber: Olahan Penelitian

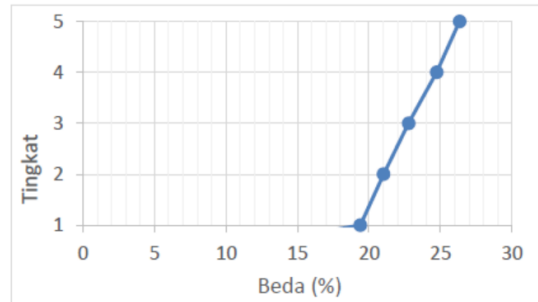


Gambar: 3.4 Grafik Hubungan *Displacement* dengan Tingkat Portal 5 Kombinasi 2 Arah Y
Sumber: Olahan Penelitian

Tabel: 3.3 Tabel *Displacement* Portal 5

Tingkat	Elevasi (m)	Displacement Maks.			Beda (%)
		Statik (mm)	Dinamik (mm)	Beda (%)	
5	19.75	20.405	15.032	26	
4	16.00	16.834	12.671	25	
3	12.25	12.145	9.380	23	
2	8.50	7.394	5.840	21	
1	4.75	3.007	2.424	19	
base	0	0	0	0	

Sumber: Olahan Penelitian



Gambar: 3.5 Grafik Hubungan Tingkat dengan Perbedaan Hasil *Displacement* Kedua Metode Portal 5
Sumber: Olahan Penelitian

Tabel: 3.4 Perbedaan *Displacement* Antar Tingkat Portal 5

Tingkat	Elevasi (m)	Statik (mm)	Beda Antar Tingkat		Dinamik (mm)	Beda Antar Tingkat	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)
5	19.75	20.405			15.032		
4	16.00	16.834	3.571	18	12.671	2.361	16
3	12.25	12.145	4.689	28	9.380	3.291	26
2	8.50	7.394	4.751	39	5.840	3.540	38
1	4.75	3.007	4.387	59	2.424	3.416	58
base	0	0	0	0	0	0	0

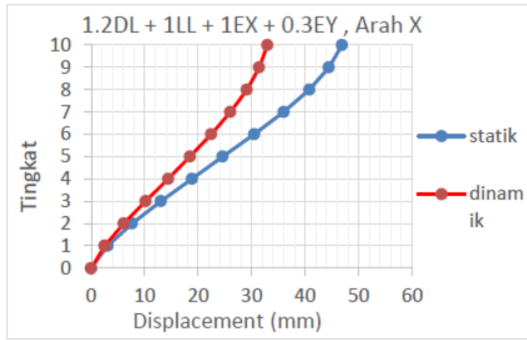
Sumber: Olahan Penelitian

b. Portal 10 Tingkat

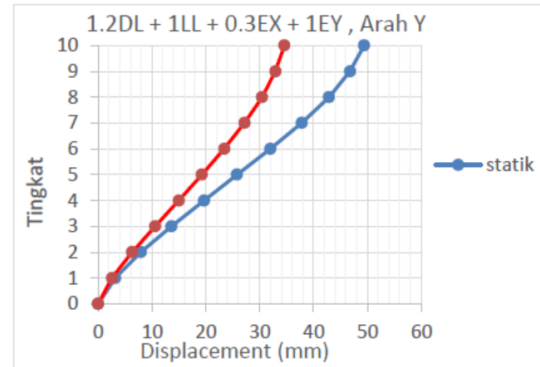
Tabel: 3.5 *Displacement* Portal 10 Kombinasi 1

Tingkat	Elevasi (m)	Kombinasi 1					
		Displacement (mm)					
		Arah X			Arah Y		
		Statik	Dinamik	Beda (%)	Statik	Dinamik	Beda (%)
10	38.50	46.885	32.950	30	14.817	10.173	31
9	34.75	44.435	31.409	29	14.025	9.682	31
8	31.00	40.781	29.090	29	12.859	8.957	30
7	27.25	35.978	26.011	28	11.338	8.001	29
6	23.50	30.476	22.428	26	9.596	6.894	28
5	19.75	24.571	18.440	25	7.729	5.662	27
4	16.00	18.811	14.386	24	5.905	4.409	25
3	12.25	13.035	10.179	22	4.082	3.113	24
2	8.50	7.627	6.084	20	2.379	1.854	22
1	4.75	3.062	2.487	19	0.949	0.753	21
base	0	0	0	0	0	0	0

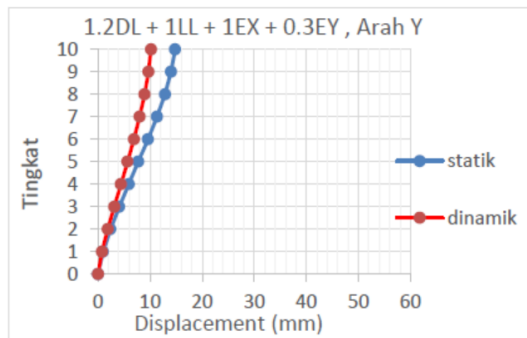
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar: 3.6 Grafik Hubungan *Displacement* dengan Tingkat Portal 10 Kombinasi 1 Arah X
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar: 3.9 Grafik Hubungan *Displacement* dengan Tingkat Portal 10 Kombinasi 2 Arah Y
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar: 3.7 Grafik Hubungan *Displacement* dengan Tingkat Portal 10 Kombinasi 1 Arah Y
Sumber: Olahan Penelitian

Tabel: 3.7 *Displacement* Maksimum Portal 10

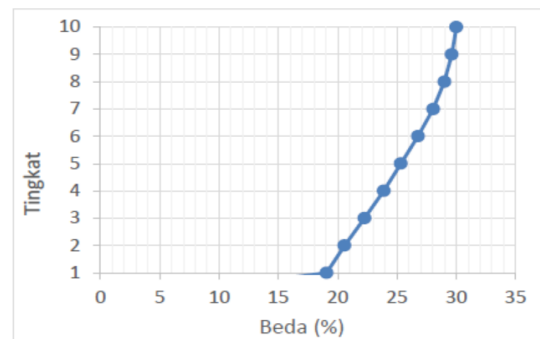
Displacement Maks.				
Tingkat	Elevasi (m)	Statik (mm)	Dinamik (mm)	Beda (%)
10	38.50	49.392	34.569	30
9	34.75	46.750	32.901	30
8	31.00	42.866	30.435	29
7	27.25	37.793	27.190	28
6	23.50	31.988	23.425	27
5	19.75	25.765	19.240	25
4	16.00	19.686	14.983	24
3	12.25	13.607	10.578	22
2	8.50	7.932	6.300	21
1	4.75	3.164	2.561	19
base	0	0	0	0

Sumber: Olahan Penelitian

Tabel: 3.6 *Displacement* Portal 10 Kombinasi 2

Tingkat	Elevasi (m)	Kombinasi 2					
		Displacement (mm)					
		Arah X			Arah Y		
		Statik	Dinamik	Beda (%)	Statik	Dinamik	Beda (%)
10	38.50	14.065	10.076	28	49.392	34.569	30
9	34.75	13.330	9.605	28	46.750	32.901	30
8	31.00	12.234	8.896	27	42.866	30.435	29
7	27.25	10.793	7.955	26	37.793	27.190	28
6	23.50	9.142	6.858	25	31.988	23.425	27
5	19.75	7.371	5.639	23	25.765	19.240	25
4	16.00	5.643	4.399	22	19.686	14.983	24
3	12.25	3.910	3.112	20	13.607	10.578	22
2	8.50	2.288	1.860	19	7.932	6.300	21
1	4.75	0.918	0.760	17	3.164	2.561	19
base	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: Olahan Penelitian

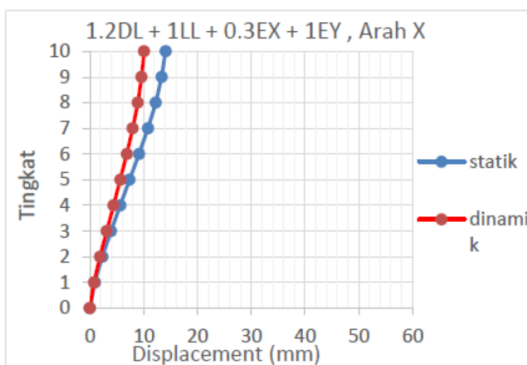


Gambar: 3.10 Hubungan Tingkat dengan Perbedaan Hasil *Displacement* Kedua Metode Portal 10
Sumber: Olahan Penelitian

Tabel: 3.8 Perbedaan *Displacement* Antar Tingkat Portal 10

Tingkat	Elevasi (m)	Displacement Maks.		Beda Antar Tingkat	
		Statik (mm)	Dinamik (mm)	(mm)	(%)
10	38.50	49.392	34.569		
9	34.75	46.750	32.901	2.642	5
8	31.00	42.866	30.435	3.884	8
7	27.25	37.793	27.190	5.073	12
6	23.50	31.988	23.425	5.805	15
5	19.75	25.765	19.240	6.223	19
4	16.00	19.686	14.983	6.079	24
3	12.25	13.607	10.578	6.079	31
2	8.50	7.932	6.300	5.675	42
1	4.75	3.164	2.561	4.768	60
base	0	0	0	0	0

Sumber: Olahan Penelitian



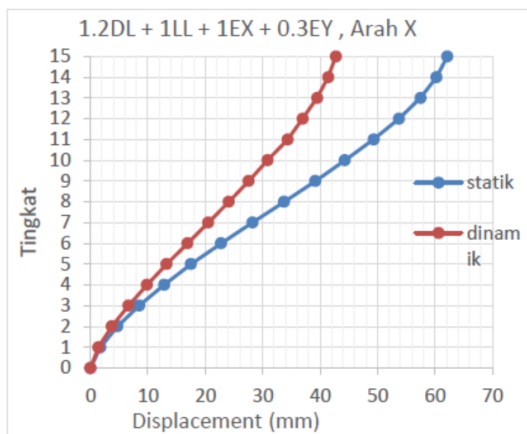
Gambar: 3.8 Grafik Hubungan *Displacement* dengan Tingkat Portal 10 Kombinasi 2 Arah X
Sumber: Olahan Penelitian

c. Portal 15 Tingkat

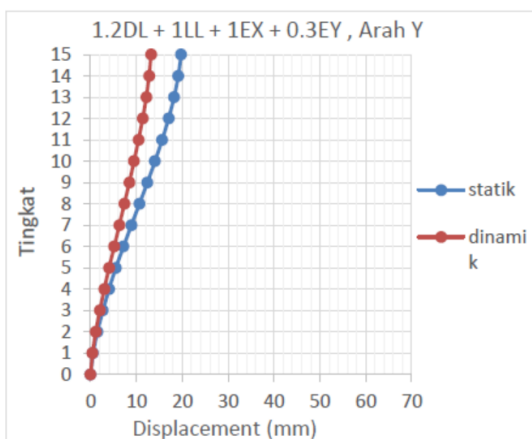
Tabel: 3.9 Displacement Portal 15 Kombinasi 1

Tingkat	Elevasi (m)	Displacement Maks.					
		Statik (mm)	Beda Antar Tingkat (%)		Dinamik (mm)	Beda Antar Tingkat (%)	
10	38.50	49.392	2.642	5	34.569	1.668	5
9	34.75	46.750	3.884	8	32.901	2.466	7
8	31.00	42.866	5.073	12	30.435	3.245	11
7	27.25	37.793	5.805	15	27.190	3.765	14
6	23.50	31.988	6.223	19	23.425	4.184	18
5	19.75	25.765	6.079	24	19.240	4.257	22
4	16.00	19.686	6.079	31	14.983	4.405	29
3	12.25	13.607	5.675	42	10.578	4.278	40
2	8.50	7.932	4.768	60	6.300	3.739	59
1	4.75	3.164			2.561		
base	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: Olahan Penelitian



Gambar: 3.11 Grafik Hubungan Displacement dengan Tingkat Portal 15 Kombinasi 1 Arah X
Sumber: Olahan Penelitian

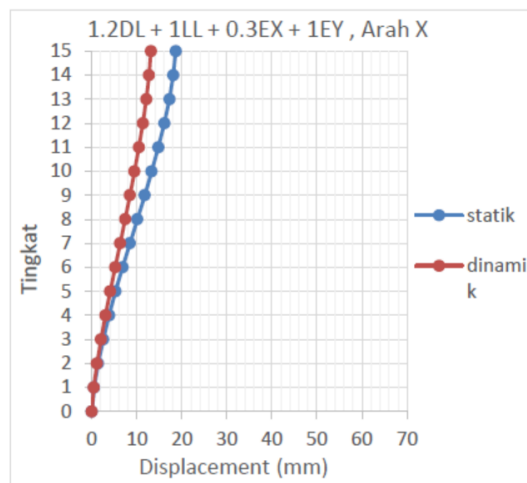


Gambar: 3.12 Grafik Hubungan Displacement dengan Tingkat Portal 15 Kombinasi 1 Arah Y
Sumber: Olahan Penelitian

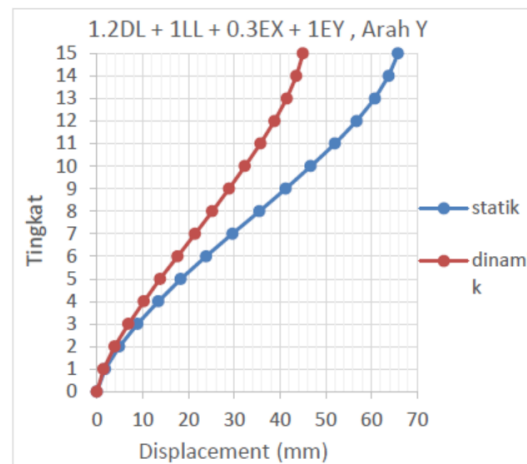
Tabel: 3.10 Displacement Portal 15 Kombinasi 2

Tingkat	Elevasi (m)	Kombinasi 2					
		Displacement (mm)					
		Arah X			Arah Y		
15	57.25	18.639	13.118	30	65.782	45.025	32
14	53.50	18.080	12.713	30	63.734	43.577	32
13	49.75	17.242	12.117	30	60.729	41.491	32
12	46.00	16.119	11.340	30	56.735	38.797	32
11	42.25	14.789	10.448	29	52.018	35.717	31
10	38.50	13.289	9.461	29	46.707	32.315	31
9	34.75	11.745	8.454	28	41.234	28.840	30
8	31.00	10.114	7.391	27	35.463	25.185	29
7	27.25	8.457	6.299	26	29.608	21.433	28
6	23.50	6.819	5.186	24	23.834	17.621	26
5	19.75	5.245	4.064	23	18.308	13.789	25
4	16.00	3.845	3.020	21	13.397	10.232	24
3	12.25	2.544	2.028	20	8.843	6.853	23
2	8.50	1.406	1.137	19	4.870	3.827	21
1	4.75	0.516	0.422	18	1.781	1.417	20
base	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: Olahan Penelitian



Gambar: 3.13 Grafik Hubungan Displacement dengan Tingkat Portal 15 Kombinasi 2 Arah X
Sumber: Olahan Penelitian

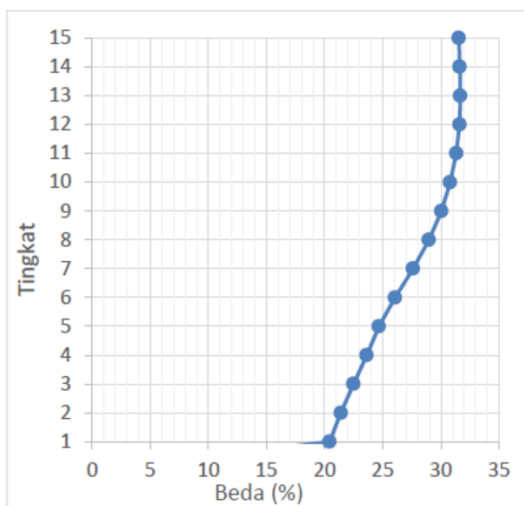


Gambar: 3.14 Grafik Hubungan Displacement dengan Tingkat Portal 15 Kombinasi 2 Arah Y
Sumber: Olahan Penelitian

Tabel: 3.11 Displacement Portal 15

Tingkat	Displacement Maks.			
	Elevasi (m)	Statik (mm)	Dinamik (mm)	Beda (%)
15	57.25	65.782	45.025	32
14	53.50	63.734	43.577	32
13	49.75	60.729	41.491	32
12	46.00	56.735	38.797	32
11	42.25	52.018	35.717	31
10	38.50	46.707	32.315	31
9	34.75	41.234	28.840	30
8	31.00	35.463	25.185	29
7	27.25	29.608	21.433	28
6	23.50	23.834	17.621	26
5	19.75	18.308	13.789	25
4	16.00	13.397	10.232	24
3	12.25	8.843	6.853	23
2	8.50	4.870	3.827	21
1	4.75	1.781	1.417	20
base	0	0	0	0

Sumber: Olahan Penelitian



Gambar: 3.15 Grafik Hubungan Tingkat dengan Perbedaan Hasil Displacement Kedua Metode Portal 15
Sumber: Olahan Penelitian

Tabel: 3.12 Perbedaan Displacement Antar Tingkat Portal 15

Tingkat	Elevasi (m)	Displacement Maks.		Beda Antar Tingkat	
		Statik (mm)	Dinamik (mm)	(mm)	(%)
15	57.25	65.782	45.029	1.448	3
14	53.50	63.734	43.582	2.086	5
13	49.75	60.729	41.496	2.695	6
12	46.00	56.735	38.801	3.081	8
11	42.25	52.018	35.721	3.402	10
10	38.50	46.707	32.319	3.476	11
9	34.75	41.234	28.843	3.655	13
8	31.00	35.463	25.188	3.753	15
7	27.25	29.608	21.435	3.812	18
6	23.50	23.834	17.623	3.832	22
5	19.75	18.308	13.791	3.558	26
4	16.00	13.397	10.233	3.379	33
3	12.25	8.843	6.854	3.026	44
2	8.50	4.870	3.828	2.411	63
1	4.75	1.781	1.417	0	0
base	0	0	0	0	0

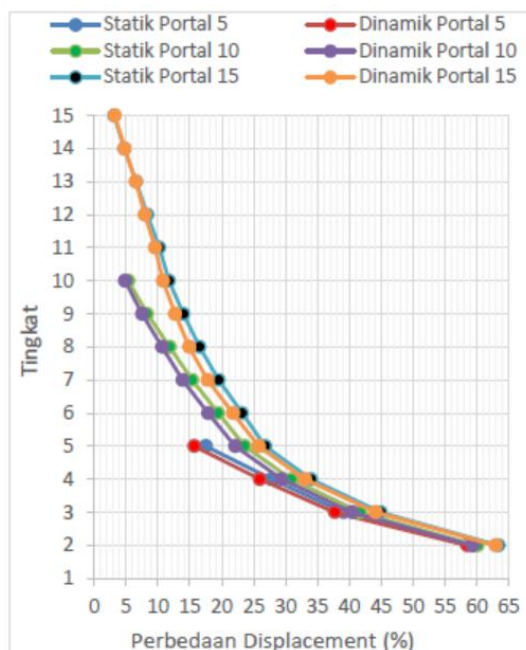
Sumber: Olahan Penelitian

d. Perbedaan Hasil Displacement Antar Tingkat

Tabel: 3.13 Perbedaan Hasil Displacement Antar Tingkat

Portal 5			Portal 10			Portal 15		
Tingkat	Statik	Dinamik	Tingkat	Statik	Dinamik	Tingkat	Statik	Dinamik
15	3	3	15	10	10	15	63	63
14	5	5	14	12	11	14	45	44
13	7	6	13	14	13	13	34	33
12	8	8	12	17	15	12	27	26
11	10	10	11	20	18	11	20	18
10	5	5	10	23	22	10	17	15
9	8	7	9	27	26	9	14	13
8	12	11	8	31	29	8	11	10
7	15	14	7	38	36	7	8	8
6	19	18	6	42	40	6	7	7
5	24	22	5	58	58	5	5	5
4	28	26	4	60	59	4	4	4
3	39	38	3	0	0	3	3	3
2	59	58	2	0	0	2	2	2
1	0	0	1	0	0	1	1	1
base	0	0	base	0	0	base	0	0

Sumber: Olahan Penelitian



Gambar: 3.16 Grafik Perbedaan Besar Displacement yang Terjadi Pada Tingkat Atas Terhadap Tingkat Sebelumnya
Sumber: Olahan Penelitian

e. Base Shear

- Portal 5 Tingkat

Tabel: 3.14 Base Shear Portal 5 Kombinasi 1

Kombinasi 1									
Base Shear									
Arah X					Arah Y				
Statik		Dinamik		Beda (%)	Statik		Dinamik		Beda (%)
KN	Kg	KN	Kg		KN	Kg	KN	Kg	
3.031.906	309.372.313	2.579.820	262.966.489	15	910.172	92.811.714	759.080	77.409.650	17

Sumber: Olahan Penelitian

Tabel: 3.15 Base Shear Portal 5 Kombinasi 2

Kombinasi 2									
Base Shear									
Arah X					Arah Y				
Statik		Dinamik		Beda (%)	Statik		Dinamik		Beda (%)
KN	Kg	KN	Kg		KN	Kg	KN	Kg	
910.172	92.811.714	759.802	80.402.782	13	3.031.906	309.372.313	2.579.820	262.966.489	15

Sumber: Olahan Penelitian

- Portal 10 Tingkat

Tabel: 3.16 Base Shear Portal 10 Kombinasi 1

Kombinasi 1									
Base Shear									
Arah X					Arah Y				
Statik		Dinamik		Beda (%)	Statik		Dinamik		Beda (%)
KN	Kg	KN	Kg		KN	Kg	KN	Kg	
3.237.445	330.127.515	2.751.828	281.601.409	15	971.231	99.016.203	889.889	92.583.701	17

Sumber: Olahan Penelitian

Tabel: 3.17 Base Shear Portal 10 Kombinasi 2

Kombinasi 2									
Base Shear									
Arah X					Arah Y				
Statik		Dinamik		Beda (%)	Statik		Dinamik		Beda (%)
KN	Kg	KN	Kg		KN	Kg	KN	Kg	
971.231	99.016.203	881.847	90.544.492	11	3.237.445	330.127.515	2.751.828	281.601.409	15

Sumber: Olahan Penelitian

- Portal 15 Tingkat

Tabel: 3.18 Base Shear Portal 15 Kombinasi 1

Kombinasi 1									
Base Shear									
Arah X					Arah Y				
Statik		Dinamik		Beda (%)	Statik		Dinamik		Beda (%)
KN	Kg	KN	Kg		KN	Kg	KN	Kg	
3.796.805	387.166.500	3.227.613	329.124.910	15	1.139.042	116.349.959	946.150	96.480.474	17

Sumber: Olahan Penelitian

Tabel: 3.19 Base Shear Portal 15 Kombinasi 2

Kombinasi 2									
Base Shear									
Arah X					Arah Y				
Statik		Dinamik		Beda (%)	Statik		Dinamik		Beda (%)
KN	Kg	KN	Kg		KN	Kg	KN	Kg	
1.139.042	116.349.959	990.818	101.047.504	13	3.796.805	387.166.500	3.227.613	329.124.910	15

Sumber: Olahan Penelitian

4. KESIMPULAN

- Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:
- Hasil displacement dan base shear dengan analisa gaya lateral ekuivalen selalu lebih besar dibandingkan dengan analisa spektrum respons ragam pada ketiga model portal.
 - Pada hasil displacement, semakin tinggi kenaikan elevasi tingkat maka semakin kecil pertambahan besar nilai displacement antar tingkat yang dihasilkan dari kedua metode.
 - Model dari struktur yang diteliti merupakan gedung beraturan dan pembebanan tiap-tiap tingkat relatif sama, maka perbedaan besar displacement yang dihasilkan dari kedua metode selalu bertambah lebih besar seiring dengan kenaikan tinggi elevasi tingkat struktur. Namun pada portal 10 dan 15 tingkat pada tingkat atas, perbedaan displacement dari kedua metode sudah tidak bertambah besar lagi tetapi telah mendekati konstan.
 - Karena hasil displacement dan base shear pada analisa spektrum respons ragam, maka hasil analisa gaya lateral ekuivalen lebih aman jika digunakan untuk penerapan pembebanan gaya gempa dalam perhitungan struktur. Walaupun analisa spektrum respons ragam merupakan analisa gempa yang lebih akurat dan mendekati keadaan yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

SNI 1729-2020 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung.

SNI 03-1729- 2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung.

SNI 1726-2019 Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung.

Badan Standarisasi Nasional: Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain SNI 03-1727-2020.

Amelia, Rica. 2005. Perbandingan Analisis Statik dan Analisis Dinamis Pada Portal Bertingkat Banyak Sesuai SNI 03-1726-2002. Universitas Sumatera Utara

Peta Parameter Ss Wilayah Indonesia. Sumber:<http://rsa.ciptakarya pu.go.id/2021/>

Peta Parameter S1 Wilayah Indonesia. Sumber:<http://rsa.ciptakarya pu.go.id/2021/>