

PERBANDINGAN ANALISIS STATIK EKIVALEN DAN ANALISIS DINAMIK RAGAM SPEKTRUM RESPONS PADA STRUKTUR BERATURAN DAN KETIDAKBERATURAN MASSA SESUAI RSNI 03-1726-201X

Fauziah Nasution¹ dan Daniel Rumbi Teruna²

¹ Mahasiswa Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Jl. Perpustakaan No. 1 Kampus USU Medan
Email: fauziah_11nst@yahoo.co.id

² Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Jl. Perpustakaan No. 1 Kampus USU Medan
Email: danielteruna88@gmail.com

ABSTRAK

Analisis beban gempa dapat dilakukan dengan analisis statik maupun analisis dinamik. Tulisan ini bertujuan untuk meninjau sejauh mana keakuratan analisis statik ekuivalen dalam meramalkan respons parameter dari struktur akibat gempa terhadap analisis dinamik spektrum respons. Struktur yang ditinjau yaitu struktur beraturan dan tidak beraturan diambil dari konfigurasi struktur yang memiliki perbedaan massa. Untuk struktur beraturan massa seragam yaitu tidak lebih dari 150% massa efektif tiap tingkat didekatnya. Sedangkan untuk struktur tidakberaturan massa bervariasi yaitu 200%, 350%, dan 500% yang terletak ditingkat 4 dan 7. Kedua struktur masing-masing berlantai 7 dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Analisis dinamik spektrum respons yang digunakan spektrum respons wilayah kota Medan untuk jenis tanah lunak pada bangunan perhotelan yang dikeluarkan oleh Spektra Indonesia. Untuk mempermudah proses perhitungan, analisis dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 versi 14 dilakukan secara 3D. Respons parameter dari struktur yang ditinjau adalah *base shear* dan *displacement* tiap tingkat yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Dari hasil analisis diperoleh perbandingan yang tidak terlalu signifikan terhadap *base shear* dan *displacement*. Maka dalam tugas akhir ini, hasil respons parameter dari struktur yang diperoleh analisis statik ekuivalen masih akurat digunakan pada struktur beraturan dan tidakberaturan variasi massa yaitu 200%, 350%, dan 500% karena memiliki nilai respons parameter dari struktur yang lebih besar dibandingkan dengan spektrum respons. Namun untuk nilai *base shear* yang terbesar berada ditingkat 4 dengan variasi 500%. Sedangkan nilai *displacement* yang terbesar berada ditingkat 7 dengan variasi massa 500%.

Kata kunci: Analisis Statik Ekuivalen, Analisis Dinamik, Analisis Spektrum Respons, Respons Parameter dari Struktur

ABSTRACT

Earthquake load analysis can be conducted with both static analysis and dynamic analysis. The objective of the research was to find out extent the accuracy of equivalent static analysis in predicting the structural parameters response caused by earthquake on the dynamic analysis of spectrum response. The observed structure consisted of regular structure and irregular structure taken from the structural configuration which had the same mass. The regular structure of uniformed mass was not more than 150% for effective mass in each adjacent story. In the irregular structure, the mass varied: 200%, 350%, and 500% which were located on the fourth and seventh stories. Both structure had seven stories with SRPMK. Dynamic analysis of spectrum response in the area of Medan was intended for soft soil type for hotel buildings issued by Spectra Indonesia. In order to simplify the computation, the analysis was conducted by using of an SAP 2000 version 14 software program with 3D method. The observed response parameters of the structures were base shear and displacement of each story presented in the forms of table and graphs. The result of the analysis showed that there was insignificant disparity between base shear and displacement on each story of both structures. Therefore, it could be concluded in this research that equivalent static analysis could still be used in regular and irregular structure with mass variation of 200%, 350%, and 500%. Because the value of response parameter of equivalent static analysis was bigger than that of spectrum response analysis. However, the biggest base shear value was

on the fourth story with the variation of 500%. While the biggest displacement value was on the seventh story with mass variation of 500%.

Keywords: *Equivalent Static Analysis, Dynamic Analysis, Spectrum Response Analysis, Response Parameters of Structure*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Respons struktur akibat gempa yang terjadi dapat dianalisis dengan analisis beban gempa yang sesuai peraturan yang berlaku. Analisis beban gempa dapat dilakukan dengan analisis statik ekuivalen, analisis spektrum respons, dan analisis riwayat waktu (*Time History*). Menurut Widodo (2001) analisis riwayat waktu (*Time History*) merupakan metode yang paling mendekati untuk meramalkan respons parameter dari struktur akibat gempa. Tetapi, untuk melakukan analisis riwayat waktu (*Time History*) diperlukan banyak perhitungan dan waktu yang cukup lama. Untuk penyederhanaan dari alasan tersebut, para ahli menjadikan efek beban dinamik oleh gempa menjadi gaya statik horizontal yang bekerja pada pusat massa, yang disebut dengan analisis statik ekuivalen. Analisis statik ekuivalen yaitu suatu analisis yang hanya memperhatikan ragam getar mode/ragam pertama. Ragam mode pertama tersebut dapat dianggap mengikuti garis lurus (tidak lagi garis lengkung). Respons struktur akibat gempa sangat dipengaruhi oleh bentuk bangunan itu sendiri. Bangunan dengan bentuk beraturan, sederhana, dan simetris akan berperilaku lebih baik terhadap gempa dibandingkan dengan bangunan yang tidak beraturan (Pauly dan Priestley, 1992). Untuk struktur bangunan beraturan pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa yang berperilaku statik, yaitu suatu representasi dari beban gempa setelah disederhanakan dan dimodifikasi. Gaya inersia yang bekerja pada suatu massa akibat gempa disederhanakan menjadi ekuivalen beban statik. Untuk struktur bangunan gedung yang tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa yang berperilaku dinamik dan analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik yaitu suatu analisis dinamik yang memperhatikan semua ragam getar yang mungkin terjadi pada struktur bangunan. Dalam tugas akhir ini analisis respons dinamik akan menggunakan analisis spektrum respons. Analisis spektrum respons yaitu suatu cara analisis dinamik struktur dimana pada suatu model matematik dari struktur diberlakukan suatu spektrum respons gempa rencana dan berdasarkan hal itu ditentukan respons struktur terhadap gempa rencana tersebut melalui superposisi dari respons masing-masing ragamnya. Pada analisis spektrum respons jumlah ragam getar yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam efektif dalam menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%. Dilatarbelakangi hal tersebut penulis tertarik untuk meninjau sejauh mana keakuratan penggunaan statik ekuivalen dibandingkan dengan analisis spektrum respons dalam menghitung respons struktur beraturan dan tidak beraturan. Dalam tugas akhir ini respons struktur yang dibandingkan yaitu pada struktur beraturan dan tidakberaturan massa sesuai dalam RSNi 03-1726-201x.

1.2 Permasalahan

Beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung respons parameter dari struktur beraturan dan tidakberaturan massa dengan analisis statik ekuivalen?
2. Bagaimana menghitung respons parameter dari struktur beraturan dan tidakberaturan massa dengan analisis spektrum respons?
3. Bagaimana keakuratan analisis statik ekuivalen terhadap analisis spektrum respons dari perbandingan respons parameter dari struktur beraturan dan tidakberaturan akibat massa?

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan tulisan ini yaitu untuk membandingkan respons parameter dari struktur beraturan dan tidak beraturan yang dianalisis secara statik ekuivalen dan analisis spektrum respons. Sehingga dari analisis akan diperoleh keakuratan dari analisis statik ekuivalen terhadap analisis spektrum respons dalam menghitung respons parameter dari struktur beraturan dan ketidakberaturan massa dengan variasi massa yang berbeda-beda yaitu 200%, 350%, dan 500%. Respons parameter dari struktur yang akan dibandingkan yaitu berupa *base shear* dan *displacement* tiap tingkat.

1.4 Pembatasan Masalah

Adapun pembatasan masalah yang ditinjau dalam tugas akhir ini adalah 2 buah gedung yang dimodelkan sendiri. Model yang pertama adalah gedung beraturan dengan massa tiap tingkatnya yang tidak lebih dari 150% massa efektif tingkat didekatnya. Sedangkan gedung tidak beraturan dengan variasi massa yaitu 200%, 350%, dan 500% yang terletak pada lantai 4 dan 7. Gedung berfungsi sebagai perhotelan berlantai 7 dengan struktur beton bertulang. Bangunan tersebut diasumsikan terletak di kota Medan dengan jenis tanah lunak, dengan sistem penahan gaya seismik digunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Analisis beban gempa menggunakan analisis statik ekuivalen dan analisis spektrum respons sesuai RSNI 03-1726-201x. Beban gempa yang digunakan yaitu respons spektra desain kota Medan yang dikeluarkan oleh Spektra Indonesia. Hasil *output* yang ditampilkan adalah berupa respons parameter dari struktur yaitu *base shear* dan *displacement* tiap lantai.

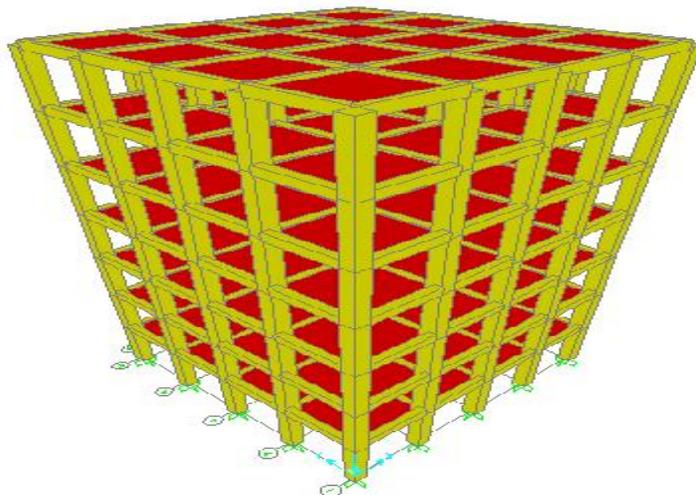
1.5 Metodologi

Dalam penulisan tugas akhir ini, metode yang digunakan adalah studi literatur yaitu dengan mengumpulkan data-data dan keterangan dari buku-buku referensi yang berhubungan dengan pembahasan pada tugas akhir serta masukan-masukan dari dosen pembimbing.

2. METODE

2.1 Data Struktur

Pada tugas akhir ini sebagai perbandingan digunakan 2 model struktur gedung. Model pertama adalah struktur beraturan dengan massa seragam yaitu 150% tiap tingkat dan model kedua adalah struktur tidak beraturan dengan massa bervariasi yaitu 200%, 350%, dan 500%, tinggi antar lantai 4 m dan bentang 4 m, masing-masing 7 tingkat seperti gambar berikut:



Gambar 2. Permodelan Struktur pada Program SAP 2000 Versi 14

Adapun data-data teknis yang digunakan dalam analisis adalah sebagai berikut.

- Lokasi bangunan : Kota Medan
- Jenis bangunan : Perhotelan
- Konstruksi bangunan : Struktur beton bertulang
- Sistem struktur : Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK)
- Jenis tanah : Tanah lunak
- Spesifikasi material :
 - Mutu beton (f_c') = 35 MPa
 - Mutu Tulangan Pokok F_y = 350 Mpa
 - Mutu Tulangan Geser F_{ys} = 240 MPa
- Dimensi struktur :
 - Plat Lantai = 12 cm
 - Plat Atap = 10 cm
 - Balok Lantai = 40x60 cm
 - Balok Atap = 40x50 cm
 - Kolom Lantai 1 s.d. Lantai 2 = 70x70 cm
 - Kolom Lantai 3 s.d. Lantai 5 = 60x60 cm
 - Kolom Lantai 6 s.d. Lantai 7 = 50x50 cm

2.2 Analisis Statik Ekuivalen

Gaya gempa lateral (F_x) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (2.1)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (2.2)$$

Keterangan:

- C_{vx} adalah faktor distribusi vertikal;
- V adalah gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN);
- w_i and w_x adalah bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x ;
- h_i and h_x adalah tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x ;
- k adalah eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :
 - untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
 - untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
 - untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

Dengan menggunakan persamaan 2.1 maka diperoleh distribusi horizontal statik ekuivalen struktur beraturan dan tidak beraturan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Distribusi Horizontal Statik Ekuivalen Struktur Beraturan

Tingkat	w_i (kg)	H_i (m)	$w_i \cdot h_i^k$	F_i (kg)	V (kg)
7 (atap)	203.750,40	28	11.776.422,36	30.191,55	30.191,55
6	271.334,40	24	12.999.062,87	33.326,07	63.517,62
5	292.454,40	20	11.221.791,09	28.769,62	92.287,24
4	292.454,40	16	8.552.128,91	21.925,34	114.212,58
3	292.454,40	12	6.025.059,32	15.446,62	129.659,19
2	317.414,40	8	3.991.523,44	10.233,18	139.892,37
1	364.454,40	4	1.970.839,41	5.052,70	144.945,07
	2.034.116,80		56.536.827,40		

Tabel 2.2 Distribusi Horizontal Statik Ekuivalen Struktur Tidak Beraturan Massa 200% ditingkat 4

Tingkat	wi (kg)	Hi (m)	wi.hi ^k	Fi (kg)	V (kg)
7 (atap)	203.750,40	28	11.776.422,36	29.843,56	29.843,56
6	271.334,40	24	12.999.062,87	32.941,95	62.785,51
5	292.454,40	20	11.221.791,09	28.438,03	91.223,53
4	877.414,40	16	25.657.883,96	65.021,67	156.245,20
3	292.454,40	12	6.025.059,32	15.268,58	171.513,78
2	317.414,40	8	3.991.523,44	10.115,23	181.629,01
1	364.454,40	4	1.970.839,41	4.994,46	186.623,47
	2.619.276,80		73.642.582,44		

Tabel 2.3 Distribusi Horizontal Statik Ekuivalen Struktur Tidak Beraturan Massa 350% ditingkat 4

Tingkat	wi (kg)	Hi (m)	wi.hi ^k	Fi (kg)	V (kg)
7 (atap)	203.750,40	28	11.776.422,36	29.672,98	29.672,98
6	271.334,40	24	12.999.062,87	32.753,66	62.426,65
5	292.454,40	20	11.221.791,09	28.275,48	90.702,13
4	1.315.942,40	16	38.481.585,66	96.961,83	187.663,95
3	292.454,40	12	6.025.059,32	15.181,31	202.845,26
2	317.414,40	8	3.991.523,44	10.057,42	212.902,68
1	364.454,40	4	1.970.839,41	4.965,91	217.868,59
	3.057.804,80		86.466.284,15		

Tabel 2.4 Distribusi Horizontal Statik Ekuivalen Struktur Tidak Beraturan Massa 500% ditingkat 4

Tingkat	wi (kg)	Hi (m)	wi.hi ^k	Fi (kg)	V (kg)
7 (atap)	203.750,40	28	11.776.422,36	29.546,40	29.546,40
6	271.334,40	24	12.999.062,87	32.613,94	62.160,34
5	292.454,40	20	11.221.791,09	28.154,86	90.315,21
4	1.754.726,40	16	51.312.773,47	128.740,96	219.056,16
3	292.454,40	12	6.025.059,32	15.116,55	234.172,71
2	317.414,40	8	3.991.523,44	10.014,52	244.187,22
1	364.454,40	4	1.970.839,41	4.944,73	249.131,95
	3.496.588,80		99.297.471,96		

Tabel 2.5 Distribusi Horizontal Statik Ekuivalen Struktur Tidak Beraturan Massa 200% ditingkat 7

Tingkat	wi (kg)	Hi (m)	wi.hi ^k	Fi (kg)	V (kg)
7 (atap)	611.251,20	28	35.329.267,08	76.746,08	76.746,08
6	271.334,40	24	12.999.062,87	28.237,98	104.984,06
5	292.454,40	20	11.221.791,09	24.377,20	129.361,26
4	292.454,40	16	8.552.128,91	18.577,87	147.939,12
3	292.454,40	12	6.025.059,32	13.088,29	161.027,41
2	317.414,40	8	3.991.523,44	8.670,82	169.698,23
1	364.454,40	4	1.970.839,41	4.281,27	173.979,50
	2.441.817,60		80.089.672,12		

Tabel 2.6 Distribusi Horizontal Statik Ekuivalen Struktur Tidak Beraturan Massa 350% ditingkat 7

Tingkat	wi (kg)	Hi (m)	wi.hi ^k	Fi (kg)	V (kg)
7 (atap)	916.966,40	28	52.999.079,34	106.129,76	106.129,76
6	271.334,40	24	12.999.062,87	26.030,40	132.160,16
5	292.454,40	20	11.221.791,09	22.471,45	154.631,61
4	292.454,40	16	8.552.128,91	17.125,49	171.757,10
3	292.454,40	12	6.025.059,32	12.065,08	183.822,18
2	317.414,40	8	3.991.523,44	7.992,96	191.815,14
1	364.454,40	4	1.970.839,41	3.946,57	195.761,71
	2.747.532,80		97.759.484,38		

Tabel 2.7 Distribusi Horizontal Statik Ekuivalen Struktur Tidak Beraturan Massa 500% ditingkat 7

Tingkat	wi (kg)	Hi (m)	wi.hi ^k	Fi (kg)	V (kg)
7 (atap)	1.222.630,40	28	70.665.932,34	133.181,79	133.181,79
6	271.334,40	24	12.999.062,87	24.498,91	157.680,70
5	292.454,40	20	11.221.791,09	21.149,35	178.830,05
4	292.454,40	16	8.552.128,91	16.117,92	194.947,97
3	292.454,40	12	6.025.059,32	11.355,23	206.303,20
2	317.414,40	8	3.991.523,44	7.522,69	213.825,89
1	364.454,40	4	1.970.839,41	3.714,38	217.540,27
	3.053.196,80		115.426.337,38		

2.3 Analisis Spektrum Respons

Beban gempa yang digunakan dalam analisis spektrum respons diambil dari spektrum respons wilayah kota Medan pada jenis tanah lunak untuk fungsi bangunan perhotelan yang dikeluarkan oleh Spektra Indonesia. Dengan yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Beban Gempa Desain Spektrum Respons Zonasi Gempa 2010 Kota Medan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mempermudah proses perhitungan analisis statik ekuivalen dan analisis spektrum respons dilakukan dengan program SAP 2000 Versi 14. Hasil *output* yang ditampilkan adalah respon parameter dari struktur dalam *base shear* dan *displacement* disajikan dan dirangkum dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut:

3.1 Base Shear (Gaya Geser Dasar)

Tabel 3.1 Hasil *Output* Nilai *Base Shear* untuk Struktur Bangunan Beraturan

Analisis yang digunakan	Nilai <i>base shear</i>	
	Arah X	Arah Y
Statik Ekuivalen Arah X	144.945,08	2,44E-08
Statik Ekuivalen Arah Y	2,44E-08	144.945,08
Spektrum Respons X	128.924,58	2.210,25
Spektrum Respons Y	2.210,25	128.924,58

Tabel 3.2 Hasil *Output* Nilai *Base Shear* untuk Struktur Bangunan Tidak Beraturan Massa 200% Terletak pada Tingkat 4

Analisis yang digunakan	Nilai <i>base shear</i>	
	Arah X	Arah Y
Statik Ekuivalen Arah X	186.623,48	3,015E-08
Statik Ekuivalen Arah Y	3,015E-08	186.623,48
Spektrum Respons X	172.400,48	2.812,61
Spektrum Respons Y	2.812,61	172.400,48

Tabel 3.3 Hasil *Output* Nilai *Base Shear* untuk Struktur Bangunan Tidak Beraturan Massa 350% Terletak pada Tingkat 4

Analisis yang digunakan	Nilai <i>base shear</i>	
	Arah X	Arah Y
Statik Ekuivalen Arah X	217.868,59	3,453E-08
Statik Ekuivalen Arah Y	3,453E-08	217.868,59
Spektrum Respons X	203.303,29	3.225,45
Spektrum Respons Y	3.225,45	203.303,29

Tabel 3.4 Hasil *Output* Nilai *Base Shear* untuk Struktur Bangunan Tidak Beraturan Massa 500% Terletak pada Tingkat 4

Analisis yang digunakan	Nilai <i>base shear</i>	
	Arah X	Arah Y
Statik Ekuivalen Arah X	249.131,96	3,882E-08
Statik Ekuivalen Arah Y	3,882E-08	249.131,96
Spektrum Respons X	235.067,21	739,02
Spektrum Respons Y	739,02	235.067,21

Tabel 3.5 Hasil *Output* Nilai *Base Shear* untuk Struktur Bangunan Tidak Beraturan Massa 200% Terletak pada Tingkat 7

Analisis yang digunakan	Nilai <i>base shear</i>	
	Arah X	Arah Y
Statik Ekuivalen Arah X	173.979,51	3,278E-08
Statik Ekuivalen Arah Y	3,278E-08	173.979,51
Spektrum Respons X	153.134,48	3.330,2
Spektrum Respons Y	3.330,2	153.134,48

Tabel 3.6 Hasil *Output* Nilai *Base Shear* untuk Struktur Bangunan Tidak Beraturan Massa 350% Terletak pada Tingkat 7

Analisis yang digunakan	Nilai <i>base shear</i>	
	Arah X	Arah Y
Statik Ekuivalen Arah X	195.761,71	27.625,99
Statik Ekuivalen Arah Y	27.625,99	195.761,71
Spektrum Respons X	172.467,36	3.407,83
Spektrum Respons Y	3.407,83	172.467,36

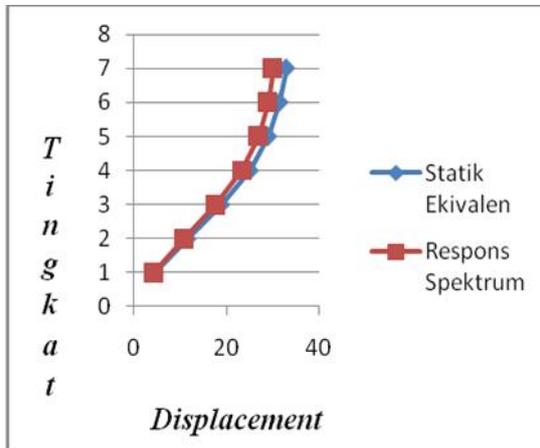
Tabel 3.7 Hasil *Output* Nilai *Base Shear* untuk Struktur Bangunan Tidak Beraturan Massa 500% Terletak pada Tingkat 7

Analisis yang digunakan	Nilai <i>base shear</i>	
	Arah X	Arah Y
Statik Ekuivalen Arah X	217.540,27	26.000,66
Statik Ekuivalen Arah Y	26.000,66	217.540,27
Spektrum Respons X	185.054,75	3.753,11
Spektrum Respons Y	3.753,11	185.054,75

3.2 Displacement (Perpindahan) Tiap Tingkat

Tabel 3.8 Perbandingan Nilai *Displacement* untuk Struktur Bangunan Beraturan

Tingkat	<i>Displacement</i>	
	Statik (mm)	Dinamik (mm)
7	21,0197	18,0326
6	19,6826	16,9860
5	17,4827	15,2029
4	14,4362	12,6611
3	10,7269	9,4834
2	6,6181	5,8844
1	2,5725	2,2936



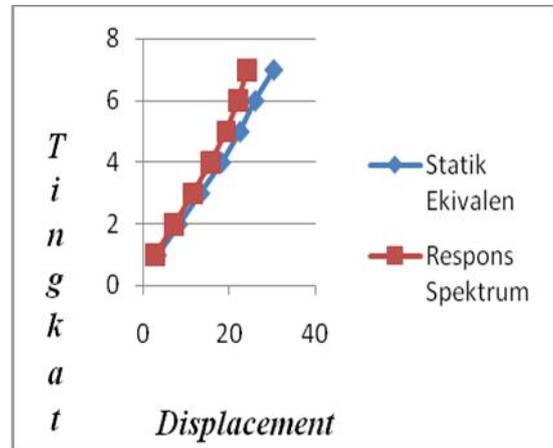
Gambar 3.1 Grafik Perbandingan *Displacement* Statik dengan Dinamik untuk Struktur Bangunan Beraturan 7 Tingkat

Tabel 3.10 Nilai *Displacement* dari untuk Gedung Tidak Beraturan Massa 350% Terletak pada Tingkat 4

Tingkat	<i>Displacement</i>	
	Statik (mm)	Dinamik (mm)
7	29,314002	26,559951
6	27,908174	25,435177
5	25,543794	23,462723
4	21,856102	20,238922
3	16,373876	15,254450
2	10,055678	9,402394
1	3,888782	3,641423

Tabel 3.9 Nilai *Displacement* dari untuk Gedung Tidak Beraturan Massa 200% Terletak pada Tingkat 4

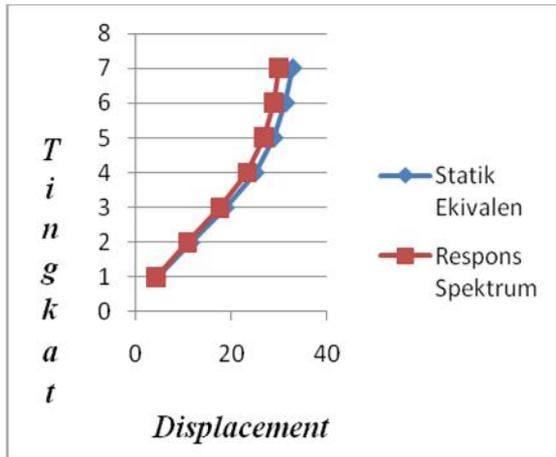
Tingkat	<i>Displacement</i>	
	Statik (mm)	Dinamik (mm)
7	25,752699	22,990754
6	24,378281	21,893695
5	22,087480	19,992443
4	18,677432	17,047961
3	13,955190	12,825411
2	8,583156	7,924698
1	3,324889	3,077627



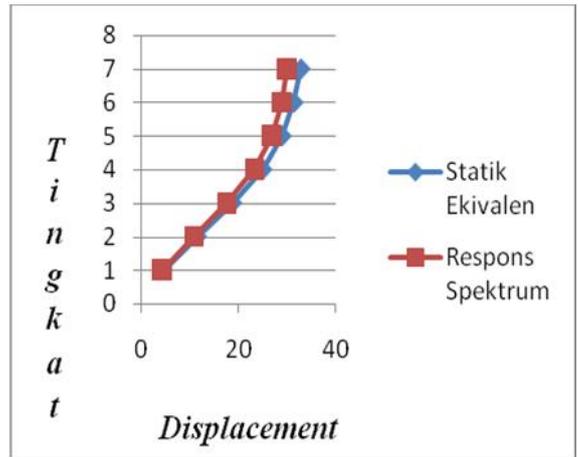
Gambar 3.2 Grafik Perbandingan *Displacement* untuk Gedung Tidak Beraturan Massa 200% Terletak pada Tingkat 4

Tabel 3.11 Nilai *Displacement* dari untuk Gedung Tidak Beraturan Massa 500% Terletak pada Tingkat 4

Tingkat	<i>Displacement</i>	
	Statik (mm)	Dinamik (mm)
7	32,883740	30,040734
6	31,444836	28,891278
5	29,004190	26,853696
4	25,036188	23,362719
3	18,793274	17,635929
2	11,528757	10,852731
1	4,452942	4,198583



Gambar 3.3 Grafik Perbandingan *Displacement* untuk Gedung Tidak Beraturan Massa 350% Terletak pada Tingkat 4



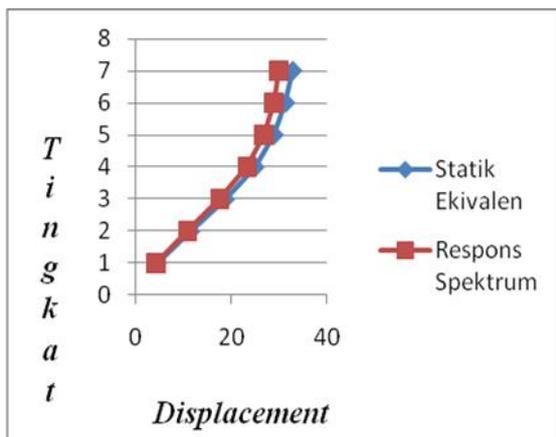
Gambar 3.4 Grafik Perbandingan *Displacement* untuk Gedung Tidak Beraturan Massa 500% Terletak pada Tingkat 4

Tabel 3.12 Nilai *Displacement* dari untuk Gedung Tidak Beraturan Massa 200% Terletak pada Tingkat 7

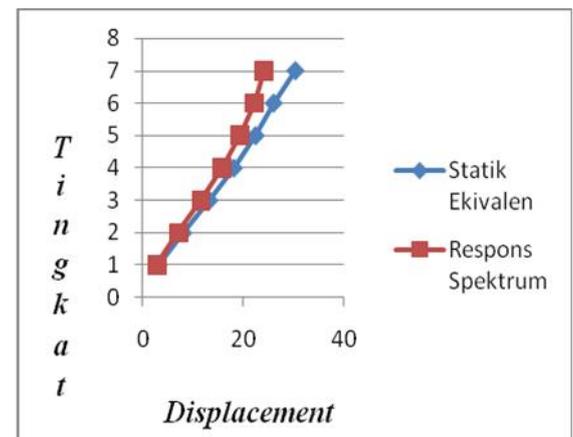
Tingkat	<i>Displacement</i>	
	Statik (mm)	Dinamik (mm)
7	30,289404	24,170441
6	25,970514	22,158851
5	22,419625	19,300282
4	18,104310	15,722883
3	13,235303	11,582903
2	8,072989	7,103765
1	3,114869	2,749134

Tabel 3.13 Nilai *Displacement* dari untuk Gedung Tidak Beraturan Massa 350% Terletak pada Tingkat 7

Tingkat	<i>Displacement</i>	
	Statik (mm)	Dinamik (mm)
7	34,691962	28,731762
6	31,264790	26,040126
5	26,739585	22,412385
4	21,440657	18,077729
3	15,600606	13,216448
2	9,489688	8,061598
1	3,657246	3,108626



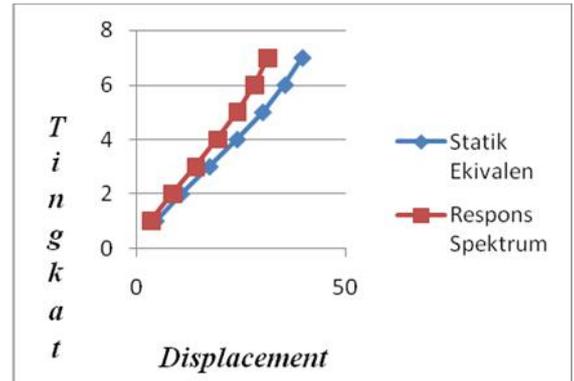
Gambar 3.5 Grafik Perbandingan *Displacement* untuk Gedung Tidak Beraturan Massa 200% Terletak pada Tingkat 7



Gambar 3.6 Grafik Perbandingan *Displacement* untuk Gedung Tidak Beraturan Massa 350% Terletak pada Tingkat 7

Tabel 3.14 Nilai *Displacement* dari untuk Gedung Tidak Beraturan Massa 500% Terletak pada Tingkat 7

Tingkat	<i>Displacement</i>	
	Statik (mm)	Dinamik (mm)
7	39,638537	31,342643
6	35,472970	28,186775
5	30,116230	24,063108
4	24,000678	19,277309
3	17,380920	14,020148
2	10,53572	8,520452
1	4,50609	3,278034



Gambar 3.7 Grafik Perbandingan *Displacement* untuk Gedung Tidak Beraturan Massa 500% Terletak pada Tingkat 7

Dari tabel dan gambar di atas dapat dilihat bahwa pada struktur beraturan dan tidak beraturan analisis statik ekuivalen masih akurat digunakan, karena memiliki nilai *base shear* dan *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan spektrum respons.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Pada struktur yang memenuhi syarat sebagai struktur dapat dianalisis dengan menggunakan analisis statik ekuivalen maupun analisis dinamik, dikarenakan hasil yang diperoleh dari kedua analisis tersebut menunjukkan besaran yang tidak terlalu jauh perbedaannya dengan nilai analisis statik ekuivalen yang sedikit lebih tinggi dikarenakan yaitu berdasarkan RSNI 03-1726-201x struktur dengan ketinggian tidak melebihi 40 meter yang masih bisa dijangkau dengan analisis statik ekuivalen, sedangkan pada objek struktur tugas akhir ini ketinggian yang dipakai hanya 28 meter;
2. Nilai *base shear* dan *displacement* tidak berbeda jauh hasil dari yang dianalisis dengan analisis statik ekuivalen maupun analisis dinamik ragam spektrum respons. Maka analisis statik ekuivalen masih dapat digunakan pada bangunan 7 tingkat namun lebih akurat dianalisis secara dinamik.

4.2 Saran

Analisis yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini masih dapat dikembangkan dan terbuka terhadap studi-studi lebih lanjut, contohnya dengan menambahkan jumlah data yang digunakan untuk analisis dalam hal variasi denah atau elevasi yang ditinjau lebih besar lagi, menggunakan program komputer yang lain untuk membandingkan hasil analisis, variasi wilayah gempa, dan kondisi tanah bangunan berada. Dan analisis dalam Tugas Akhir ini dilakukan dengan massa yang dibuat merata setiap tingkat maka dihasilkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan untuk hasil *base shear* (gaya geser dasar) dan *displacement* (perpindahan) maka masih dapat dikembangkan atau diaplikasikan untuk beban merata tapi tidak keseluruhan tiap tingkat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Agus. (2002). *Rekayasa Gempa Untuk Teknik Sipil*. Padang: Institut Teknologi Padang.
- Chopra, A. K. (1995). *Dynamics of Structure: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. New Jersey. Prentice Hall.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA) 451B. *NEHRP Recommended Provisions for New Buildings And Other Structures: Training and Instructional Materials*.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2010). Peta Hazard Gempa Indonesia 2010. Jakarta. Mulia, Rezky. *Perencanaan Respons Spektrum*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. <<http://rezkymulia.wordpress.com/2011/07/22/Perencanaan-Respons>>
- Pauly, T. and Priestley, M. J. N. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. John Wiley & Sons.Inc. New York.
- Pawirodikromo,W. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Penerbit Pustaka Belajar. Yogyakarta.
- Paz, M. (1985). *Dinamika Struktur-Teori Perhitungan, Edisi. 2*. Van Nostrand Reinhold Com. Inc. RSNI 03-1726-201x. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*.Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Widodo. (2001). *Respons Dinamik Struktur Elastik*. Penerbit UII Press. Jogjakarta.