

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

(Revie dan Jorry, 2016) Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan atau didalam tanah dan atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatan, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus. (UU Nomor 28 tahun 2002, pasal 1)

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil *displacement* dan *base shear* dengan analisa gaya lateral ekuivalen selalu lebih besar dibandingkan dengan analisa respon spektrum ragam pada ketiga model portal.
2. Pada hasil *displacement*, semakin tinggi kenaikan elevasi tingkat maka semakin kecil pertambahan besar nilai *displacement* antar tingkat yang dihasilkan dari kedua metode.
3. 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.
4. Karena hasil *displacement* dan *base shear* pada analisa gaya lateral ekivalen lebih besar dibandingkan pada analisa spektrum respons ragam, maka hasil analisa gaya lateral ekivalen 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 ke keadaan yang sebenarnya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Restu Faizah, (2015) di Yogyakarta pada bulan Januari – April 2015 dengan menggunakan model struktur bangunan perkantoran. Dimensi kolom berubah secara proposional terhadap tinggi struktur. Jumlah portal yang ditinjau adalah 6 buah, dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Variasi tingkat: 5, 10, 20, 25, dan 30.
2. Perbedaan elevasi tiap tingkat: 4,00 m.
3. Jumlah bentang: 4, dengan lebar bentang dibuat sama yaitu 8.00 m.
4. Kekakuan struktur dihitung dengan metode *Shear Building*.
5. Spesifikasi material yang digunakan adalah:
 - a. Beton mutu K-300 dengan $f'_c=30$ MPa dan modulus elastisitas beton, $E_c=25700$ MPa.
 - b. Tulangan pokok digunakan BJTD 40, dengan $f_y = 400$ MPa dan modulus elastisitas baja, $E_s=2.10^5$ MPa.
 - c. Tulangan sengkang digunakan BJTP 30, dengan $f_y = 30$ MPa dan Modulus Elastisitas Baja, $E_s=2.10^5$ MPa.

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah Analisis Dinamik *Time History* menggunakan program *Matlab*, dan analisis statik ekuivalen mengikuti aturan dalam SNI 1726:2012

Setelah dilakukan pembebanan gempa statik ekuivalen mengikuti prosedur dari SNI 1726:2012, diperoleh gaya lateral tingkat (F_i , ton) dan gaya geser dasar (V , ton) statik ekuivalen seperti ditunjukkan dalam gambar dibawah ini.

Tingkat ke	Jml tingkat					
	5	10	15	20	25	30
1	4.105	0.717	0.220	0.068	0.042	0.029
2	8.770	1.884	0.703	0.262	0.169	0.117
3	12.870	3.316	1.389	0.578	0.380	0.263
4	17.637	4.953	2.251	1.013	0.675	0.468
5	15.963	6.299	3.274	1.566	1.055	0.731
6		8.122	4.024	2.154	1.416	1.025
7		10.070	5.213	2.911	1.928	1.395
8		11.516	6.522	3.778	2.518	1.822
9		13.572	7.948	4.755	3.186	2.305
10		11.095	9.485	5.841	3.934	2.846
11			10.436	6.556	4.662	3.282
12			12.076	7.770	5.548	3.906
13			13.397	9.085	6.511	4.584
14			15.171	10.500	7.551	5.317
15			11.967	12.014	8.669	6.103
16				12.392	9.005	6.944
17				13.950	10.166	7.839
18				15.597	11.397	8.383
19				17.333	12.698	9.341
20				13.460	14.070	10.350
21					14.417	11.411
22					15.822	11.959
23					17.293	13.071
24					18.830	14.232
25					14.523	15.443
26						15.849
27						17.091
28						18.381
29						19.717
30						14.703
V (ton)	59.345	71.544	104.07	141.58	186.46	228.91

Gambar 2.1 Tabel Gaya Lateral Statik Ekuivalen (Ton)

Bedasarkan penelitian yang dilakukan oleh Restu Faizah, (2015) dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Perhitungan pembebanan gempa statik ekuivalen pada struktur 5 tingkat dinilai akurat karena memberikan persyaratan yang lebih besar dalam perancangan struktur jika dibandingkan dengan pembebanan gempa dinamik *time history*
2. Perbandingan pembebanan gempa statik ekuivalen pada struktur 10 tingkat atau lebih dinilai tidak akurat karena memberikan persyaratan yang lebih kecil dalam perancangan struktur jika dibandingkan dengan pembebanan dinamik *time history*.

Revie,dkk (2016) yaitu pada penelitian yang berjudul “Analisa Statik dan Dinamik Gedung Bertingkat Banyak Akibat Gempa Berdasarkan SNI 1726-2012 Dengan Variasi Jumlah Tingkat” untuk membandingkan respons struktur portal bertingkat banyak yang akan dianalisa dengan metode gaya lateral ekuivalen dan metode spektrum respons 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.

Langkah analisis yang akan digunakan yaitu struktur dianalisa dengan metode gaya lateral ekuivalen kemudian dilanjutkan dengan metode spektrum respons ragam.

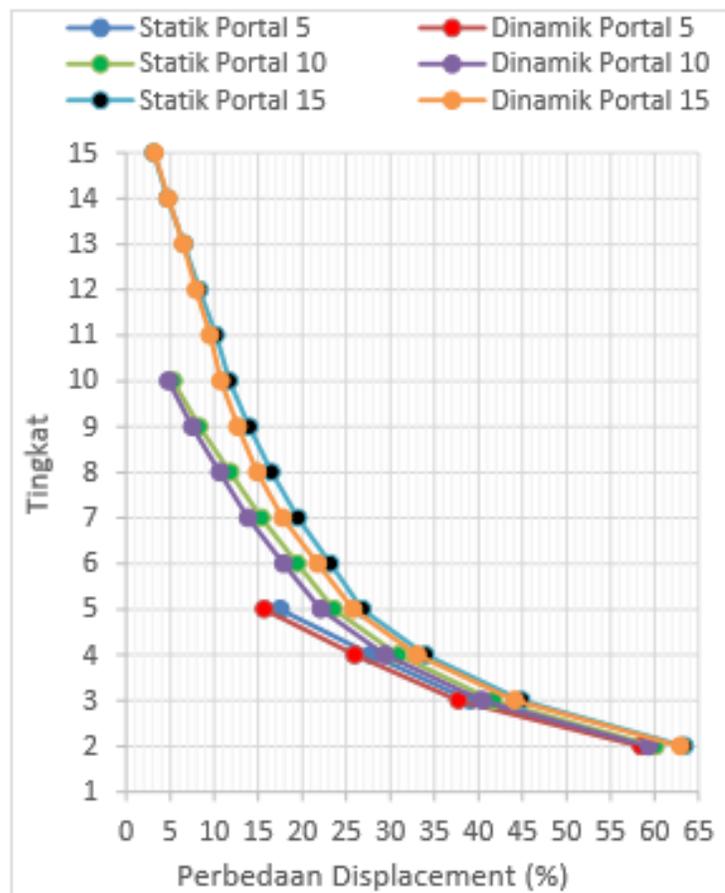
Prosedur analisis gempa yang digunakan untuk merencanakan bangunan tahan gempa dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu analisis statik (analisis gaya lateral ekuivalen) dan analisis dinamik (analisis spektrum respons ragam dan analisis riwayat respons seismik). Dalam menganalisis perilaku struktur yang mengalami gaya gempa, semakin teliti analisis dilakukan, perencanaannya semakin ekonomis dan dapat diandalkan.

Metode dan langkah-langkah perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan prosedur yang disesuaikan dengan SNI 1726-2012 tentang perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung bertingkat. Untuk proses analisa, peneliti menggunakan bantuan *software* SAP 2000 v18. Tahapan penelitian adalah sebagai berikut :

- a) Memodelkan struktur gedung bertingkat yang dibagi menjadi portal 5 tingkat, 10 tingkat, dan 15 tingkat.
- b) Menentukan data gempa yang akan dianalisa berdasarkan pemilihan dimana struktur tersebut akan dibangun. Data gempa diambil dari web:http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ .

- c) Menghitung berat dan massa struktur kemudian menginput ke dalam *software* SAP 2000 beserta data gempa untuk selanjutnya dianalisa terhadap metode gaya lateral ekuivalen dan metode spektrum respons ragam.
- d) Mengoutput hasil analisa dari kedua metode tersebut, kemudian membandingkan dan membahas hasil *displacement* dan *base shear* yang dihasilkan sesuai dengan tujuan dari penelitian ini.
- e) Mengambil kesimpulan berdasarkan hasil dari penelitian yang didapatkan.

Perbedaan Hasil *Displacement* Antar Tingkat dan *base share*



Gambar 2.2 Grafik perbedaan besar *displacement* yang terjadi pada tingkat atas terhadap tingkat sebelumnya.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan

- a) Hasil *displacement* dan *base shear* dengan analisa gaya lateral ekuivalen selalu lebih besar dibandingkan dengan analisis spektrum respons ragam pada ketiga model portal.
- b) Pada hasil *displacement*, semakin tinggi kenaikan elevasi tingkat maka semakin kecil pertambahan besar nilai displacement antar tingkat yang dihasilkan dari kedua metode.
- c) 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.
- d) Karena hasil *displacement* dan *base shear* pada analisa gaya lateral ekuivalen lebih besar dibandingkan pada analisa spektrum respons ragam, maka hasil analisa gaya lateral ekuivalen lebih aman jika digunakan gempa yang lebih akurat dan mendekati ke keadaan yang sebenarnya. Untuk penerapan pembebanan gaya gempa dalam perhitungan struktur. Walaupun analisa spektrum respons ragam merupakan analisis

Matahari, dkk (2015) objek penelitian yang dilakukan oleh Teruna dan tarigan dengan menggunakan 2 model struktur gedung. Model pertama adalah struktur beraturan dengan sudut dalam 10% dan model kedua adalah struktur tidak beraturan dengan sudut dalam 40% dengan tinggi antar lantai 4 m dan bentang 4 m.

Analisis Statik Ekuivalen

Gaya gempa lateral (F_x) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut : $F_x = C_{vx} \cdot V$

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 :

- a) untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang,
 $k = 1$
- b) untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih,
 $k = 2$
- c) 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 Statik Ekuivalen Struktur Beraturan dengan Sudut Dalam 10%

Tingkat	w_i (kg)	H_i (m)	$(w_i \cdot h_i)^g$	F_i (kg)	V (kg)
8 (atap)	942.048,00	32	78.786.278,01	147.362,21	147.362,21
7	1.502.611,20	28	105.963.637,74	198.194,86	345.557,07
6	1.606.611,20	24	93.031.511,70	174.006,56	519.563,63
5	1.606.611,20	20	73.705.481,99	137.859,06	657.422,69
4	1.733.011,20	16	59.800.306,69	111.850,76	769.273,45
3	1.733.011,20	12	41.412.519,84	77.459,16	846.731,61
2	1.882.711,20	8	26.805.510,21	50.137,15	896.868,16
1	2.165.011,20	4	12.717.775,91	23.787,38	920.656,14
0	0	0	0,00	0	920.656,14
Σ	13.171.046,40		492.223.022,08		

Tabel 2.2 Distribusi Statik Ekuivalen Struktur Tidak Beraturan dengan Sudut Dalam 40%

Tingkat	w_i (kg)	H_i (m)	$(w_i \cdot h_i)^g$	F_i (kg)	V (kg)
8 (atap)	805.248,00	32	78.786.278,01	147.362,21	147.362,21
7	1.284.019,20	28	105.963.637,74	198.194,86	345.557,07
6	1.374.739,20	24	93.031.511,70	174.006,56	519.563,63
5	1.374.739,20	20	73.705.481,99	137.859,06	657.422,69
4	1.485.619,20	16	59.800.306,69	111.850,76	769.273,45
3	1.485.619,20	12	41.412.519,84	77.459,16	846.731,61
2	1.616.659,20	8	26.805.510,21	50.137,15	896.868,16
1	1.863.619,20	4	12.717.775,91	23.787,38	920.656,14
0	0	0	0,00	0	920.656,14
Σ	11.290.262,40		492.223.022,08		

Untuk mempercepat proses perhitungan analisis statik ekuivalen dan analisis *time history* dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 Versi 14. Hasil *output* yang ditampilkan adalah respon struktur dalam bentuk perpindahan (*displacement*), rasio simpangan antar lantai (*drift ratio*), dan momen lentur (bending momen) balok dan kolom

Dari hasil perhitungan dengan bantuan program SAP 2000 versi 14 dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perpindahan (*displacement*) dan rasio simpangan antar lantai (*drift ratio*) pada struktur beraturan dengan sudut dalam 10% pada analisis statik ekuivalen masih memiliki nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan analisis *time history*, berbeda halnya dengan perpindahan (*displacement*) dan rasio simpangan antar lantai (*drift ratio*) pada struktur tidak beraturan dengan sudut dalam 40%, dimana pada analisis statik ekuivalen memiliki sebagian nilai yang lebih kecil bila dibandingkan dengan analisis *time history*. Dari peninjauan perpindahan dan rasio simpangan antar lantai tersebut dapat disimpulkan bahwa analisis statik ekuivalen masih akurat digunakan pada struktur beraturan dengan sudut

dalam 10%, tetapi tidak akurat apabila digunakan pada struktur tidak beraturan dengan sudut dalam 40%.

2. Momen kolom pada struktur beraturan dengan sudut dalam 10% pada analisis statik ekuivalen hampir seluruhnya memiliki nilai momen yang lebih besar bila dibandingkan dengan analisis *time history*, berbeda halnya dengan momen kolom pada struktur tidak beraturan dengan sudut dalam 40%, dimana pada analisis statik ekuivalen memiliki banyak nilai momen yang lebih kecil bila dibandingkan dengan analisis *time history*. Dari peninjauan momen kolom tersebut dapat disimpulkan analisis statik ekuivalen masih akurat digunakan pada struktur beraturan dengan sudut dalam 10%, tetapi tidak akurat apabila digunakan pada struktur tidak beraturan dengan sudut dalam 10%.
3. Momen balok pada struktur beraturan dengan sudut dalam 10% pada analisis statik ekuivalen hampir seluruhnya memiliki nilai momen yang lebih besar bila dibandingkan dengan analisis *time history*, berbeda halnya dengan momen balok pada struktur tidak beraturan dengan sudut dalam 40%, dimana pada analisis statik ekuivalen memiliki banyak nilai momen yang lebih kecil bila dibandingkan dengan analisis *time history*. Dari peninjauan momen balok tersebut dapat disimpulkan analisis statik ekuivalen masih akurat digunakan pada struktur beraturan dengan sudut dalam 10%, tetapi tidak akurat apabila digunakan pada struktur tidak beraturan dengan sudut dalam 10%

(Fauizah, 2014) Analisis beban gempa dapat dilakukan dengan analisis statik maupun analisis dinamik. Tulisan ini bertujuan untuk meninjau sejauh mana keakuratan analisis statik ekivalen 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%.

(Deddy, 2014) Dalam penelitian ini dilakukan analisis atas model komputer spesimen struktur bangunan gedung tingkat tinggi menggunakan program komputer ETABS 2013. Spesimen terbagi ke dalam dua kelompok, spesimen pada kelompok pertama menggunakan sistem rangka (spesimen 9F36) sedangkan pada kelompok kedua menggunakan sistim dinding geser (9SW36). Tinggi awal setiap spesimen adalah 36 m (9 tingkat). Atas setiap spesimen dilandakan 4 akselelogram gempa yaitu El-Centro, Kobe, Chi-Chi Taiwan dan Jepang; dan asesmen untuk mengetahui moda pergoyangan meraka dilakukan. Jika moda pergoyangan yang ditunjukkan adalah moda 1 maka satu tingkat (4 m) ditambahkan kepada spesiemen dan akselelogram gempa-gempa dilandakan atasnya dengan cara yang sama seperti sebelumnya, sampai spesiemen menunjukkan pergoyangan dalam moda yang lebih tinggi daripada moda 1.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa spesimen dengan sistem rangka beralih dari bergoyang dalam mode 1 ke mode 2 pada ketinggian 9 lantai (36 m) sedangkan spesimen dengan sistem dinding geser beralih dari bergoyang dalam mode 1 ke mode 2 pada ketinggian 15 lantai (60 m). Terbukti bahwa metoda statik ekuivalen dapat diterapkan pada struktur bangunan tingkat tinggi dengan sistem dinding geser yang ketinggiannya melebihi 10 tingkat (40 m) sampai dengan ketinggian 14 tingkat (54 m). Dengan demikian kedalam butir 4.2.1 SNI 1726-2002 perlu integrasikan perbedaan sistem penahan lateral.