

Analisis Pengaruh Beban Gempa pada Gedung Tujuh Lantai Menggunakan Metode Statik Ekuivalen

(Study Kasus: Rumah Sakit Ibu dan Anak Hermina Lampung)

Alvino Wafi¹⁾
Mohd Isneini²⁾
Hasti Riakara Husni³⁾

Abstract

Earthquake is one of the natural disasters that often occurs in Indonesia. One of the effects of earthquake natural disasters is that it can damage building structures. Therefore, the building to be built should take into account the effect of the earthquake load. Planning for a safe multi-storey building must minimize the risk of casualties, especially for health building facilities where there is a lot of human activity. SNI 1726: 2019 is the latest regulation governing the planning procedures for earthquake resistant buildings.

In this research, structural modeling software is used to facilitate the analysis to be carried out. The expected results of this study are (1) Comparison of the value of the force in the RSIA Hermina building structure without earthquake loads and with earthquake loads (2) The ability of the RSIA Hermina building structure to withstand the internal forces generated from the analysis using the equivalent static method. From the results of this study, it was found that the increase in moment and latitude values in the beam and column was 2 to 20 times. Meanwhile, the floor slab structure does not experience the impact due to earthquake loads.

Keywords: *earthquake load, equivalent static, internal force.*

Abstrak

Gempa merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Salah satu efek dari bencana alam gempa adalah dapat merusak struktur bangunan. Maka dari itu gedung yang akan dibangun sudah seharusnya memperhitungkan pengaruh beban gempa. Perencanaan bangunan bertingkat yang aman harus memperkecil risiko timbulnya korban jiwa, terutama untuk fasilitas bangunan kesehatan yang terdapat banyak aktivitas manusia di dalamnya. SNI 1726:2019 merupakan peraturan terbaru yang mengatur tata cara perencanaan bangunan tahan gempa.

Dalam penelitian kali ini digunakan *software* permodelan struktur untuk mempermudah dalam analisis yang akan dilakukan. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah (1) Perbandingan nilai gaya dalam struktur bangunan RSIA Hermina tanpa beban gempa dan dengan beban gempa (2) Kemampuan struktur bangunan RSIA Hermina dalam menahan gaya dalam yang dihasilkan dari analisis menggunakan metode statik ekuivalen. Dari hasil penelitian ini didapatkan hasil kenaikan nilai momen dan lintang pada balok dan kolom sebesar 2 s.d 20 kali lipat. Sedangkan pada struktur pelat lantai tidak mengalami pengaruh akibat beban gempa.

Kata Kunci: beban gempa, statik ekuivalen, gaya dalam.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang berada dalam area cakupan *ring of fire*, yang mengakibatkan besarnya terjadi potensi gempa dan tsunami. Selain itu penyebab lainnya adalah letak Indonesia diatas pertemuan lempeng Eurasia, Australia, dan Pasifik yang memiliki potensi pergeseran lempengan tanah cukup tinggi (Teguh, 2016).

Salah satu masalah yang dapat ditimbulkan akibat gempa adalah rusaknya struktur bangunan yang ada, oleh sebab itu bangunan yang akan dibangun di daerah rawan gempa harus memperhitungkan beban gempa. Khususnya untuk bangunan yang banyak aktivitas manusia didalamnya seperti rumah sakit. RSIA Hermina merupakan rumah sakit yang masih baru dibangun di Bandar Lampung dengan total lantai terdiri dari 7 lantai.

Metode statik ekuivalen merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memperhitungkan beban gempa. Pada penelitian kali ini menggunakan data *existing* sebagai acuan dalam analisis pengaruh beban gempa. Penggunaan *software* ETABS digunakan untuk mempermudah dalam menganalisis bangunan tersebut. Penelitian serupa telah dilakukan oleh Safira (2017) yang dilakukan di Lampung Barat dengan ketinggian bangunan yaitu 12,2 meter.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bagian-Bagian Struktur

2.1.1 Struktur Bawah

Struktur Bawah adalah bagian dari struktur bangunan yang berfungsi untuk menahan beban dari struktur atas. Struktur bawah terdiri dari balok *sloof* dan pondasi. Balok Sloof merupakan balok yang berfungsi untuk mengikat pondasi satu dengan pondasi lainnya. Pondasi adalah struktur yang berada pada bagian paling bawah dari sebuah konstruksi yang berfungsi sebagai penyalur beban vertikal di atasnya dan beban horizontal ke tanah (Pamungkas dan Herianti, 2013).

2.1.2 Struktur Atas

Struktur Atas merupakan bagian struktur bangunan yang berada diatas muka tanah. Struktur atas terdiri dari atap, pelat lantai, kolom, balok dan tangga. Atap merupakan bagian struktur bangunan yang berfungsi melindungi bangunan dari panas dan hujan. Pelat lantai merupakan struktur bidang tipis yang berfungsi memikul beban transversal. Kolom adalah bagian struktur yang mempunyai tugas utama menyangga beban aksial vertikal yang dihasilkan dari struktur bangunan. Balok merupakan elemen struktur yang menerima beban dari struktur pelat dan beban sendirinya (Nur, 2009).

2.2. Analisis Beban Seismik

2.2.1 Menentukan kategori risiko bangunan

Untuk menentukan kategori risiko struktur bangunan disesuaikan berdasarkan tabel pengaruh gempa rencana terhadapnya dan dikalikan dengan suatu faktor gempa I_c yang tercantum di dalam SNI 1726 (2019) pasal 4.1.1.

2.2.2 Menentukan parameter percepatan gempa (S_s , S_1)

Parameter S_s dan S_1 ditetapkan dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R) 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

2.2.3 Menentukan kelas situs

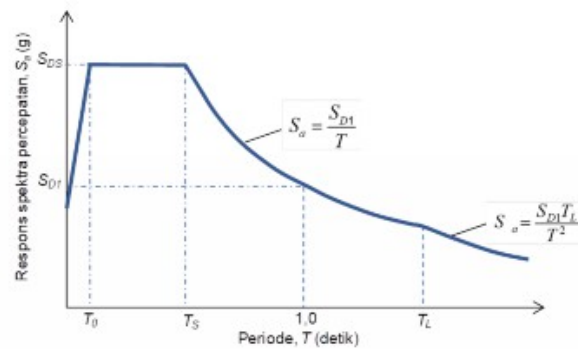
Penetapan kelas situs ditentukan melalui proses penyelidikan tanah yang dilakukan di lapangan dan di laboratorium, pihak yang berhak melakukan penyelidikan harus dari otoritas yang berwenang atau ahli geoteknik yang mempunyai sertifikat (Indarto dkk, 2013).

2.2.4 Menentukan koefisien-koefisien situs

Penentuan nilai koefisien situs dapat ditentukan melalui Tabel 6 dan Tabel 7 SNI 1726 (2019).

2.2.5 Menentukan spektrum respon desain

Untuk menentukan spektrum respon desain dapat dilihat di SNI 1726 (2019) pasal 6.4 dan mengacu pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum Respon Desain

2.2.6 Menentukan kategori desain seismik

Suatu struktur bangunan harus ditetapkan suatu kategori desain seismiknya berdasarkan SNI 1726 (2019) pasal 6.5.

2.2.7 Pemilihan sistem dan parameter sistem

Sistem struktur yang digunakan di dalam bangunan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan di dalam Tabel 12 SNI 1726 (2019).

2.2.8 Batasan perioda fundamental (T)

Periode fundamental struktur (T) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul dalam analisis yang teruji sesuai dengan SNI 1726 (2019) pasal 7.8.2.

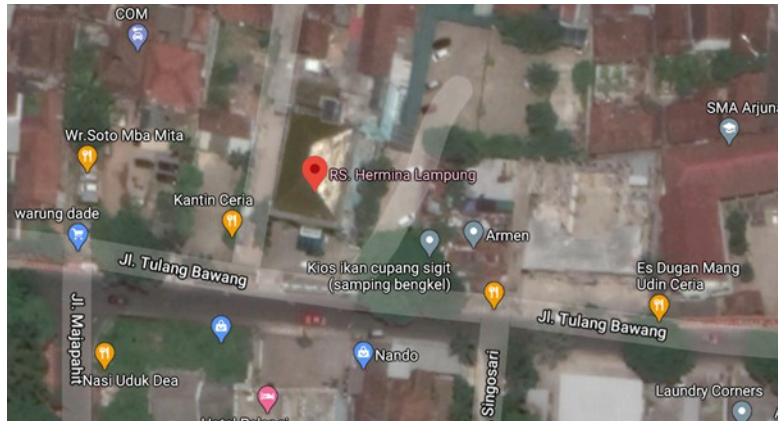
2.2.9 Metode statik ekuivalen

Statik ekuivalen adalah suatu representasi dari beban gempa setelah disederhanakan dan dimodifikasi, yang mana gaya inersia yang bekerja pada suatu massa akibat gempa disederhanakan menjadi gaya horizontal. Beban geser dasar (*base shear*) statik ekuivalen tersebut, meskipun sifatnya statik, namun tidak diperoleh murni dari prinsip statik, tetapi sudah memperhitungkan prinsip-prinsip dinamik. Analisis statik ekuivalen ditentukan didalam SNI 1726 (2019) pasal 7.8.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bangunan Rumah Sakit Ibu dan Anak Hermina Lampung yang beralamat di Jl. Tulang Bawang No.21-23, Enggal, Kota Bandar Lampung, Lampung (35213).



Gambar 2. Lokasi Penelitian.

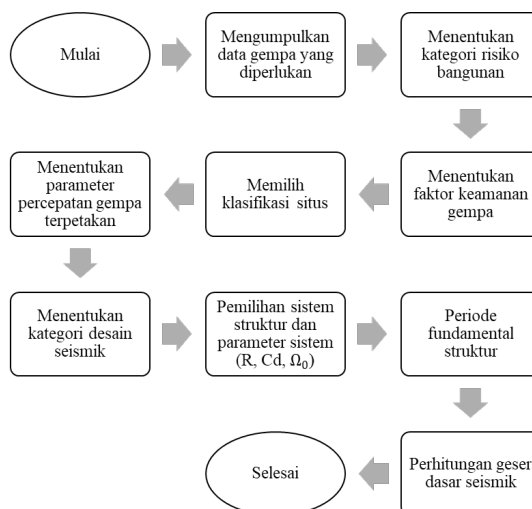
3.2. Spesifikasi dan Mutu Bahan yang digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada data *existing* yang terpasang di lapangan yang akan dimodelkan menggunakan *software* ETABS dan dibandingkan hasil analisisnya.

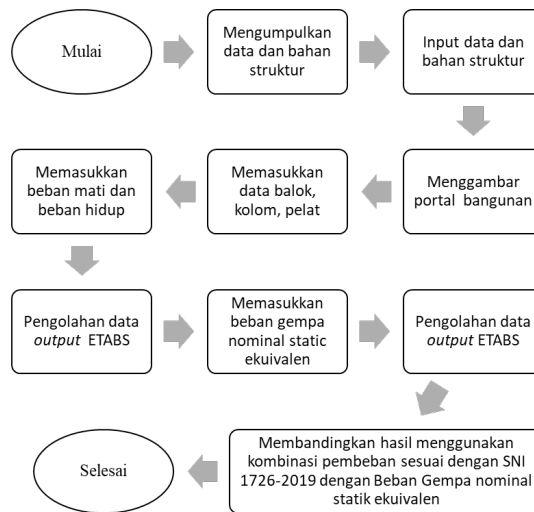
3.3. Prosedur Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian untuk membandingkan pengaruh beban gempa ini perhitungan analisisnya menggunakan metode statik ekuivalen. Secara garis besar, analisis untuk mengetahui pengaruh beban gempa ini dilakukan dengan membandingkan struktur bangunan yang dibebani dengan beban gempa dan tanpa beban gempa.

3.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir beban gempa dengan metode statik ekuivalen.



Gambar 4. Diagram alir analisis struktur menggunakan *software* ETABS.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

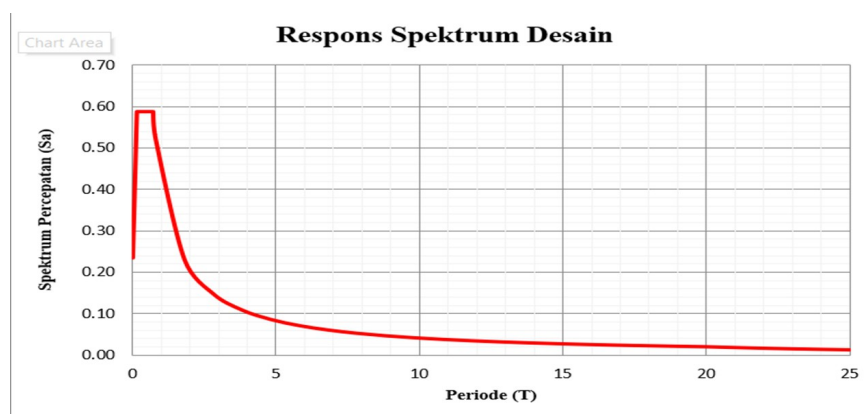
4.1. Perhitungan Pembebanan

Perhitungan dilakukan dengan meninjau berat seluruh bagian struktur yang ada di setiap lantai. Perhitungan tersebut akan digunakan untuk menghitung gaya gempa menggunakan metode statik ekuivalen dan di transferkan secara *horizontal* di tiap lantainya. Total berat lantai 1 adalah 5421,5192 kN, lantai 2 adalah 6118,2219 kN, lantai 3 s.d. 6 adalah 5667,0783 kN dan atap adalah 4741,9654 kN.

4.2 Perencanaan gempa statik ekuivalen

4.2.1 Parameter respon spektrum

Parameter respon spektrum untuk wilayah Bandar Lampung berada di kelas situs tanah lunak (SE) dengan nilai $S_s = 0,758$, $S_1 = 0,324$ yang didapatkan dari laman rsapuskim2019.litbang.pu.go.id. Kemudian didapatkan nilai $F_a = 1,2936$, $F_v = 2,7040$, $S_{ms} = 0,9805$, $S_{M1} = 0,8761$, $S_{ds} = 0,6537$, $S_{d1} = 0,581$. Setelah itu dapat ditentukan desain respon spektrum dari data tersebut.



Gambar 5. Respon spektrum desain.

4.2.2. Kontrol Gaya Geser Dasar Bangunan

Menurut Pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726:2019, Apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) kurang dari 100 % dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/V_t .

Tabel 1. Gaya geser (V_t) sebelum dan sesudah di cek

Load Case	Sebelum di Cek		Setelah di Cek	
	F _x (kN)	F _y (kN)	F _x (kN)	F _y (kN)
Ex Max	4947,2835	958,3065	5122,0133	987,0557
Ey Max	972,0245	5323,9734	1003,2452	5498,7252

- Koreksi skala gempa arah x
 $V_t = 4947,2835 < V = 5122,0133$ kN
 Skala gaya gempa harus diperbesar sebesar $5122,0133/4947,2835 = 1,03$
- Koreksi skala gempa arah y
 $V_t = 5323,9734 < V = 5498,7252$ kN
 Skala gaya gempa harus diperbesar sebesar $5498,7252/5323,9734 = 1,03$

4.2.3. Distribusi Gaya Gempa

Setelah didapatkan nilai *base shear* (V), lalu selanjutnya distribusi gaya gempa untuk arah x dan arah y ke masing-masing lantai. Persamaan untuk menghitung gaya gempa adalah sebagai berikut:

$$F = C_v \times V \tag{1}$$

$$C_v = \frac{w_x \times (h_x)^k}{\sum_{i=1}^n w_i \times (h_i)^k} \tag{2}$$

Tabel 2. Perhitungan gaya gempa arah x

No Lantai	h (m)	h ^{kx} (m)	W (kN)	W h ^{kx} (kNm)	Cvx	Fx (kN)
7	27,045	31,4939	4741,9654	149342,9960	0,1639	843,0053
6	23,245	27,0688	7973,7988	215841,1849	0,2368	1218,3715
5	19,445	22,6437	7973,7988	180556,3278	0,1981	1019,1970
4	15,645	18,2186	7973,7988	145271,4708	0,1594	820,0225
3	11,845	13,7935	7973,7988	109986,6137	0,1207	620,8480
2	7,550	8,7920	8626,2211	75841,5203	0,0832	428,1071
1	3,850	4,4833	7710,8492	34570,2430	0,0379	195,1407
total				911410,356	1,0000	5144,692

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan gaya gempa arah x yang selanjutnya didistribusikan ke masing masing lantainya secara *horizontal*.

Tabel 3. Perhitungan gaya gempa arah y

No Lantai	h (m)	h ^{ky} (m)	W (kN)	W h ^{ky} (kNm)	Cvx	Fy (kN)
7	27,045	30,7096	4741,9654	145623,8488	0.1639	906.7766
6	23,245	26,3947	7973,7988	210466,0073	0,2368	1310,5385
5	19,445	22,0798	7973,7988	176059,8628	0,1981	1096,2969
4	15,645	17,7649	7973,7988	141653,7184	0,1594	882,0553
3	11,845	13,4500	7973,7988	107247,5739	0,1207	667,8137
2	7,550	8,5730	8626,2211	73952,8091	0,0832	460,4924
1	3,850	4,3717	7710,8492	33709,3267	0,0379	209,9026
		total		888713,1470	1,0000	5533,8760

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan gaya gempa arah y yang selanjutnya didistribusikan ke masing masing lantainya secara *horizontal*.

4.3 Perbandingan Analisis Struktur Tanpa Beban Gempa dan Dengan Beban Gempa

Setelah dilakukan analisis menggunakan *software*, maka dapat diketahui hasil gaya dalam struktur bangunan. Lalu dibandingkan hasil analisisnya antara struktur tanpa beban gempa dan struktur dengan beban gempa

4.3.1. Momen pada balok

Perbandingan nilai momen pada balok tanpa beban gempa dan dengan balok menggunakan beban gempa akan ditampilkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4. Perbandingan nilai momen pada balok

Jenis Balok	Tanpa Beban Gempa	Dengan Beban Gempa	Pembesaran
15 x 40	12,6878	151,7189	12 kali
15 x 50	14,8761	183,2877	13 kali
25 x 40	22,0126	195,9036	9 kali
25 x 50	63,0674	363,1096	6 kali
30 x 60	162,0497	671,5267	5 kali
30 x 70	111,8739	1129,1543	11 kali
40 x 40	9,6170	203,3152	20 kali
40 x 70	609,4823	1269,2671	3 kali

Dari hasil analisis diatas, dapat dilihat perubahan momen antara tanpa beban gempa dan dengan beban gempa terjadi perubahan dari 2 – 20 kali lipat atau dengan rata-rata perubahan sebesar 8 kali lipat. Akibat dari pembesaran momen tersebut dibutuhkan pembesaran dimensi untuk dapat memenuhi syarat yang ada.

4.3.2. Lintang pada balok

Perbandingan nilai lintang pada balok tanpa beban gempa dan dengan balok menggunakan beban gempa akan ditampilkan pada tabel berikut ini:

Tabel 5. Perbandingan nilai lintang pada balok.

Jenis Balok	Tanpa Beban Gempa	Dengan Beban Gempa	Pembesaran
15 x 40	17,4189	171,6248	10 kali
15 x 50	23,7401	256,8388	12 kali
25 x 40	50,6286	592,4534	12 kali
25 x 50	104,3492	1779,3866	17 kali
30 x 60	52,5862	1266,5867	20 kali
30 x 70	256,5178	3002,7180	12 kali
40 x 40	44,7886	604,1538	14 kali
40 x 70	325,6571	5427,3778	17 kali

Dari hasil analisis diatas, dapat dilihat perubahan gaya *shear* antara tanpa beban gempa dan dengan beban gempa terjadi perubahan dari 10 – 20 kali lipat.

4.3.3. Gaya pada kolom

Perbandingan gaya dalam meliputi momen arah x (Mx), momen arah y (My), beban aksial (Pu) dan geser (Vu) pada kolom tanpa beban gempa dan dengan kolom menggunakan beban gempa akan ditampilkan pada tabel berikut ini:

Tabel 6. Perbandingan nilai gaya dalam pada kolom.

Jenis	Lokasi	Mx (kNm)	My (kNm)	Pu (kN)	Vu (kN)
600 x 600	Tanpa Beban Gempa	354,0064	412,9030	1299,7483	306,8740
	Dengan Beban Gempa	4252,3253	4876,030	15760,416	3433,253
	Pembesaran	12 kali	12 kali	12 kali	11 kali
600 x 400	Tanpa Beban Gempa	34,9022	100,761	2431,312	76,7363
	Dengan Beban Gempa	368,6563	851,1639	19662,023	555,5128
	Pembesaran	11 kali	9 kali	8 kali	7 kali
400 x 400	Tanpa Beban Gempa	26,8246	80,4024	426,1083	42,7687
	Dengan Beban Gempa	542,7369	409,7935	10715,7580	509,6799
	Pembesaran	20 kali	5 kali	20 kali	12 kali

Dari hasil analisis diatas, dapat dilihat perubahan gaya yang bekerja pada struktur bangunan diantaranya adalah Mx, My, Pu, dan Vu mengalami perubahan 5 sampai 20 kali lipat. Hal itu dikarenakan penambahan beban gempa pada bangunan dan menyebabkan dimensi kolom pun harus dilakukan perubahan untuk dapat mencukupi syarat yang ada.

4.4. Pengecekan Simpangan Antar Lantai.

Dalam analisis pengaruh beban gempa perlu diperhitungkan simpangan antar lantai dikarenakan akibat gaya lateral dari gaya gempa itu sendiri. Simpangan pusat massa di tingkat-x (δ_x) harus ditentukan menurut SNI 2847 (2019) pasal 7.8.6 dengan persamaan berikut :

$$\Delta_x = \frac{Cd \times \delta \times e}{I_e} \quad (3)$$

Menurut SNI 2847:2019 pasal 7.12.1 simpangan antar tingkat izin Δ_a adalah $0,010 h_{sx}$

Tabel 7. Pengecekan simpangan antar lantai.

δ_x Tingkat	Δ total	$\delta_x e$	Cd	Ie	Δ_x	Δ_a	Ket
--------------------	----------------	--------------	----	----	------------	------------	-----

7	57,509	0,0042	5,5	1,5	0,0155	0,2325	Ok
6	53,279	0,0072	5,5	1,5	0,0264	0,1945	Ok
5	46,079	0,0104	5,5	1,5	0,0381	0,1565	Ok
4	35,676	0,0150	5,5	1,5	0,0549	0,1185	Ok
3	20,699	0,0131	5,5	1,5	0,0481	0,0755	Ok
2	7,584	0,0076	5,5	1,5	0,0278	0,0375	Ok
1	0	0	5,5	1,5	0	0	Ok

Dari hasil analisis diatas dapat diketahui bahwa simpangan antar lantai pada struktur bangunan setelah ditambahkan beban gempa tidak melebihi kinerja batas layan sesuai dengan peraturan SNI 1726 (2019) atau dapat dikatakan sudah memenuhi.

4.5 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Pada penelitian Safira (2017) yang dilakukan di daerah Lampung Barat dengan bangunan sekolah tiga lantai, didapatkan faktor keutamaan gempa berada di kategori IV dan nilai $I_e = 1,5$. Berdasarkan penyelidikan tanah yang sudah dilakukan, didapatkan kondisi tanah di lapangan adalah tanah keras (SC). Setelah dilakukan analisis statik ekuivalen dan dilakukan analisis struktur bangunan dengan tidak menggunakan beban gempa dan menggunakan beban gempa, maka didapatkan kesimpulan bahwa kenaikan nilai momen dan lintang dari struktur bangunan tersebut sebesar:

- Mu Balok : 2 s.d. 17 kali
- Vu Balok : 2 s.d. 8 kali
- Mu Kolom : 8 s.d. 25 kali
- Vu Kolom : 2 s.d. 8 kali
- Pu Kolom : 8 s.d. 25 kali

Dari data diatas dapat diketahui bahwa nilai perbandingan kenaikan gaya struktur bangunan setelah diberi beban gempa tidak terlalu berbeda jauh dengan hasil yang dilakukan pada penelitian ini yang didapatkan kenaikan gaya struktur rata-rata sebesar 2 s.d. 20 kali.

5. KESIMPULAN

- 1 Terdapat perbedaan hasil perhitungan respon spektrum dengan menggunakan SNI 1726:2019 karena adanya pembaharuan rumus dari SNI sebelumnya.
- 2 Untuk struktur dengan beban gempa membutuhkan dimensi yang lebih besar dari struktur tanpa beban gempa.
- 3 Perhitungan kebutuhan tulangan utama dan geser pada balok dan kolom membutuhkan tulangan yang lebih banyak dan diameter lebih besar dibandingkan struktur tanpa beban gempa.
- 4 Pada dimensi dan tulangan pelat tidak dipengaruhi oleh beban gempa karena pelat berdeformasi secara bersamaan dan beban gempa didistribusikan secara lateral di tiap lantainya.
- 5 Perbedaan momen dan lintang pada balok tanpa beban gempa mengalami perbesaran 2 sampai 20 kali lipat dengan penambahan beban gempa.
- 6 Perbedaan gaya dalam pada kolom seperti M_x , M_y , P_u dan V_u mengalami perbesaran 5 sampai 20 kali lipat dengan penambahan beban gempa.
- 7 Pada hasil analisis struktur tanpa beban gempa, untuk elemen struktur balok, kolom, dan pelat yang terpasang di lapangan dikategorikan aman terhadap gaya yang bekerja.

- 8 Simpangan antar lantai pada struktur gedung setelah ditambahkan beban gempa tidak melebihi kinerja batas layan sesuai dengan peraturan SNI 1726:2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Indarto, H., Cahyo, H. T., & Putra, K. C. A. 2013. *Aplikasi SNI Gempa 1726:2012 for Dummies*. Jurusan Teknik Sipil UNNES.
- Nur, O. 2009. *Kajian Ekperimental Perilaku Balok Beton Tulangan Tunggal berdasarkan Tipe Keruntuhan Balok*. Padang:Jurnal Rekayasa Sipil. Vol.5, No.2:39-52.
- Pamungkas, A., & Harianti, E. 2013. *Desain Pondasi Tahan Gempa*. ISBN: 978-979-29-3569-1, Yogyakarta.
- Safira N. 2017. *Analisis Pengaruh Beban Gempa pada Gedung Tiga Lantai Menggunakan Metode Statik Ekuivalen [skripsi]*. Lampung:Universitas Lampung.
- SNI 1726. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standar Nasional Indonesia, Jakarta.
- Teguh, M. 2016. *Perencanaan Gedung Tahan Gempa*. *UNISIA*, 0(21), 78–87. <https://doi.org/10.20885/unisia.v0i21.5371>