

ANALISIS PERBANDINGAN GAYA GEMPA PADA PORTAL BERTINGKAT BERDASARKAN SNI 03-1726-2002 DAN SNI 03-1726-2012 DENGAN VARIASI JUMLAH TINGKAT

Maulidiah Prameswari^{1*)}, Candra Aditya¹⁾, Dafid Irawan¹⁾

¹⁾ Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang, Kota Malang

*Email Korespondensi : maulidiahp@gmail.com

ABSTRAK

Mengingat peraturan gempa baru (SNI 1726- 2012) akan diberlakukan menggantikan (SNI 03-1726-2002), maka tentunya perencanaan perkuatan bangunan juga harus memperhitungkan beban gempa menurut peraturan baru ini. 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. Dalam penelitian, akan menerapkan analisis perbandingan gaya gempa pada portal bertingkat berdasarkan SNI 03 – 1726 – 2002 dan SNI 03 – 1726 – 2012 dengan variasi jumlah tingkat. Dimana dengan adanya variasi pada tingkat portal akan mengetahui perbedaan dan respons yang terjadi akibat adanya gaya gempa. Hasil perhitungan beban gempa maksimal berdasarkan SNI 1726-2002 untuk portal 5 tingkat sebesar 18012.43 kN, portal 10 tingkat sebesar 19271.03 kN, dan untuk 15 portal sebesar 20020.07 kN. Sedangkan berdasarkan SNI 1726-2012 untuk portal 5 tingkat sebesar 16852.79 kN, portal 10 tingkat sebesar 17084.61 kN, dan untuk 15 portal sebesar 17707.25 kN. Sedangkan untuk respon gaya batang dan gaya reaksi tumpuan antara SNI 1726-2002 lebih kecil dibandingkan dengan SNI 1726-2012. Perhitungan beban gempa pada SNI 1726-2012 lebih kecil dikarenakan faktor yang mempengaruhi adalah waktu getar fundamental dan gaya geser.

Kata Kunci : Beban, Gempa, SNI 1726-2002, SNI 1726-2012

ABSTRACT

Considering that the new earthquake regulations (SNI 1726-2012) will be implemented to replace (SNI 03-1726-2002), of course the building retrofitting plan must also take into account the earthquake load according to this new regulation. Since the stipulation of SNI 1726-2012 as an earthquake resistance planning procedure for building structures and non-buildings as the current standard, therefore today to calculate the response of buildings due to earthquakes we must use SNI 1726-2012. In the research, will apply the comparative analysis of earthquake forces on multilevel portals based on SNI 03-1726-2002 and SNI 03-1726-2012 with variations in the number of levels. Where with the variations at the portal level, we will know the differences and responses that occur due to earthquake forces. The results of the calculation of the maximum seismic load based on SNI 1726-2002 for 5-level portals are 18012.43 kN, 10-level portals are 19271.03 kN, and for 15 portals are 20020.07 kN. Meanwhile, based on SNI 1726-2012, the 5-level portal is 16852.79 kN, the 10-level portal is 17084.61 kN, and for 15 portals it is 17707.25 kN. Meanwhile, the rod force response and support reaction force between SNI 1726-2002 were smaller than SNI 1726-2012. The earthquake load calculation on SNI 1726-2012 is smaller because the factors that influence are the fundamental vibration time and the shear force.

Keywords: Load, Earthquake, SNI 1726-2002, SNI 1726-2012

PENDAHULUAN

Gempa-gempa besar sering kali menimbulkan banyak korban jiwa baik di negara maju maupun negara berkembang. Untuk mengurangi resiko timbulnya korban jiwa pada saat terjadi gempa, bangunan-bangunan yang berada di daerah rawan gempa harus direncanakan sebagai bangunan tahan gempa. Yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat membandingkan perhitungan beban gempa dan respon yang terjadi berdasarkan dua peraturan. Dalam penelitian, akan menerapkan analisis perbandingan gaya gempa pada portal bertingkat berdasarkan SNI 03 – 1726 – 2002 dan SNI 03 – 1726 – 2012 dengan variasi jumlah tingkat. Dimana dengan adanya variasi pada tingkat portal akan mengetahui perbedaan dan respons yang terjadi akibat adanya gempa.

Pengertian Beban Gempa

Menurut (Zuhriyah, 2018) beban gempa merupakan beban static ekivalen yang bekerja pada Gedung atau bagian Gedung yang menirukan pengaruh dari Gerakan tanah akibat gempa tersebut. Dalam hal ini pengaruh gempa pada struktur Gedung ditentukan berdasarkan suatu analisis statis dan dinamis, maka yang diartikan gempa disini adalah gaya – gaya di dalam struktur tersebut terjadi oleh Gerakan tanah akibat gempa tersebut. Pendistribusian beban gempa yang terjadi pada setiap lantai dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_i = (W_i z_i) / (\sum_{i=1}^n W_i z_i) \quad (1)$$

Perbandingan SNI 1726 – 2002 dan SNI 1726 – 2012

Pada peraturan perencanaan beban gempa SNI 1726:2002 digunakan faktor-faktor yang disesuaikan dengan perencanaan suatu struktur yang terdiri dari wilayah gempa, percepatan puncak muka tanah (A_0), faktor keutamaan gedung (I), faktor reduksi gempa (R), dan waktu getar alami (T_c). Faktor-faktor tersebut digunakan untuk menghitung faktor respon gempa (C) dengan rumus:

$$C_a = A_r / T \quad (2)$$

Dengan,

$$A_r = A_m \times T_c \quad (3)$$

$$T = \zeta \times n \quad (4)$$

$$A_m = 0.25 \times A_0 \quad (5)$$

Gempa arah vertikal juga diperhitungkan dengan mencari nilai faktor respons gempa vertikal (C_v) dengan rumus :

$$C_v = \Psi \times A_0 \times I \quad (6)$$

Dengan Ψ adalah koefisien yang disesuaikan dengan wilayah gempa tempat struktur berada.

Peraturan perencanaan beban gempa pada gedung-gedung di Indonesia yang berlaku saat ini diatur dalam SNI Gempa 1726:2012. Pada peraturan ini dijelaskan tentang faktor-faktor yang berhubungan dengan perhitungan untuk analisis beban gempa sebagai berikut:

Geografis

Perencanaan beban gempa pada sebuah gedung tergantung dari lokasi gedung tersebut dibangun. Hal ini disebabkan karena wilayah yang berbeda memiliki percepatan batuan dasar yang berbeda pula.

Faktor keutamaan gedung

Faktor ini ditentukan berdasarkan jenis pemanfaatan gedung. Gedung dengan kategori risiko I dan II memiliki faktor keutamaan gedung 1, untuk kategori resiko III memiliki faktor 1.25, dan kategori resiko IV memiliki faktor 1.5.

Analisis Statik Ekuivalen

Analisis beban statik ekuivalen adalah suatu cara analisis statik linier dengan meninjau beban-beban gempa statik ekuivalen, sehubungan dengan sifat struktur gedung beraturan yang praktis berperilaku sebagai struktur dua dimensi, sehingga respons dinamikanya praktis hanya ditentukan oleh respons ragamnya yang pertama dan dapat ditampilkan sebagai akibat dari beban statik ekuivalen. Beban statik ekuivalen arahnya horizontal dan didistribusikan di tiap tingkat gedung.

Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen

Struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah struktur tersebut, berupa beban gempa nominal statik ekuivalen (V).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian analisis dengan membandingkan hasil perhitungan gaya gempa antara SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 dengan variasi jumlah tingkat yang berbeda pada portal, kemudian dianalisis menggunakan metode statik ekuivalen. Dalam penelitian ini model Gedung yang digunakan adalah variasi portal 5, 10 dan 15 lantai. Tinggi model Gedung adalah 20, 40, dan 60 m. untuk faktor keutamaan gempa diasumsikan sebagai Gedung perkantoran dan untuk faktor reduksi gempa diasumsikan dalam Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) beton bertulang karena terletak di wilayah gempa 4.

1. Persiapan Data

Persiapan data ini meliputi memodelkan struktur portal dengan variasi jumlah tingkat yaitu 5 lantai, 10 lantai dan 15 lantai. Menentukan data gempa yang akan dianalisa berdasarkan wilayah yang akan di bangun yaitu berada di sekitar Kota Malang, Jawa Timur dengan wilayah Gempa 4. Gambar denah bangunan portal dengan 5 tingkat, portal 10 tingkat, dan portal 15 tingkat.

2. Pemodelan Struktur

3. Menghitung Berat Struktur

4. Menghitung Beban Gempa

5. Metode Analisis Statik Ekuivalen

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode statik ekuivalen.. Metode ini menirukan bentuk pengaruh Gerakan tanah akibat gempa dengan menganggap beban gempa yang ada sebagai beban statik horizontal. Analisis statik ekuivalen meliputi tahap perhitungan:

- a. Periode Fundamental
- b. Respons Spektrum Gempa
- c. Gaya Geser

Dalam analisis statik ekuivalen pada penelitian ini, dibantu menggunakan aplikasi SAP 2000 versi 19.2.0.

6. Analisis Perbandingan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Analisis

Dalam bab ini akan disajikan hasil analisis gempa secara statik ekuivalen. Analisis dilakukan pada tiga jenis portal untuk masing-masing arah gempa dengan bantuan program SAP2000.

- Mutu Bahan :
 - f'_c = 30 MPa
 - f_y = 400 MPa
- Kategori Gedung sebagai Gedung perkantoran
- Beban hidup : Lantai = $2,50 \text{ kN/m}^2$
: Atap = $1,0 \text{ kN/m}^2$
- Beban mati : Beton bertulang : 24.00 kN/m^3
- Lebar Bentang : 6 m
- Tinggi Perlantai : 4 m
- Dimensi
Tebal pelat lantai untuk portal lima, sepuluh dan lima belas tingkat digunakan 12 cm, dan untuk tebal plat atap digunakan 10 cm.

Tabel 1 Dimensi Kolom dan Balok

Lantai	Portal 5 tingkat				Portal 10 tingkat				Portal 15 tingkat			
	Balok		Kolom		balok		Kolom		Balok		kolom	
1	40	60	80	80	40	60	80	80	50	60	80	80
2	40	60	80	80	40	60	80	80	50	60	80	80
3	40	60	80	80	40	60	80	80	50	60	80	80
4	40	60	80	80	40	60	80	80	50	60	80	80
5	40	60	80	80	40	60	80	80	50	60	80	80
6					30	60	60	60	40	60	80	80
7					30	60	60	60	40	60	80	80
8					30	60	60	60	40	60	80	80
9					30	60	60	60	40	60	80	80
10					30	60	60	60	40	60	80	80
11									30	60	60	60
12									30	60	60	60
13									30	60	60	60
14									30	60	60	60
15									30	60	60	60

Sumber : Data

Perhitungan Berat Struktur

1. Rekapitulasi Berat Struktur Portal 5,10, dan 15 Tingkat

Tabel 2 Rekapitulasi Berat Struktur Portal 5, 10, 15 Tingkat

Lantai	Beban Mati (kN)	Beban Hidup (kN)	Total (kN)	Beban Mati (kN)	Beban Hidup (kN)	Total (kN)	Beban Mati (kN)	Beban Hidup (kN)	Total (kN)
15	3136.32	0.98	3137.30						
14	3395.52	2.45	3397.97						
13	3395.52	2.45	3397.97						
12	3395.52	2.45	3397.97						
11	3395.52	2.45	3397.97						
10	4377.60	2.45	4380.05	3136.32	1.0	3137.30			
9	4377.60	2.45	4380.05	3395.52	2.5	3397.97			
8	4377.60	2.45	4380.05	3395.52	2.5	3397.97			

Lantai	Beban Mati (kN)	Beban Hidup (kN)	Total (kN)	Beban Mati (kN)	Beban Hidup (kN)	Total (kN)	Beban Mati (kN)	Beban Hidup (kN)	Total (kN)
7	4377.60	2.45	4380.05	3395.52	2.5	3397.97			
6	4377.60	2.45	4380.05	3395.52	2.5	3397.97			
5	4714.56	2.45	4717.01	4377.6	2.5	4380.05	4118.4	1.0	4119.38
4	4714.56	2.45	4717.01	4377.6	2.5	4380.05	4377.6	2.5	4380.05
3	4714.56	2.45	4717.01	4377.6	2.5	4380.05	4377.6	2.5	4380.05
2	4714.56	2.45	4717.01	4377.6	2.5	4380.05	4377.6	2.5	4380.05
1	4714.56	2.45	4717.01	4377.6	2.5	4380.05	4377.6	2.5	4380.05
Total			62214.50			38629.45			21639.6

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726 - 2002

Lokasi bangunan di Kota Malang, maka dari itu lokasi gempa di atas maka Kota Malang ada di Wilayah Gempa 4. Percepatan puncak untuk Kota Malang (Wilayah Gempa 4, Tanah Sedang) adalah :

- Percepatan Puncak Batuan Dasar, $A = 0,15$
- Percepatan Maksimum Permukaan Tanah, $A_0 = 0,23$

Dari Tabel Spektrum respons gempa rencana (Tabel 6 - SNI-03-1726-2003) untuk Tanah Sedang di Kota Malang, maka ditentukan Spektrum Respons gempa rencana untuk Kota Malang (Wilayah gempa 4, tanah sedang) adalah :

- $T_c = 0.6$ detik
- $A_m = 0.70$ detik
- $A_r = 0.42$ detik

Sedangkan, faktor keutamaan yang di pakai untuk Gedung perkantoran adalah $I = 1.0$. Waktu Getar Alami Fundamental (T_1), $T_1 < \zeta.H/4$ di mana koefisien ζ didapat dari tabel koefisien, maka di dapat hasilnya seperti tabel di bawah ini :

Tabel 3 Rekapitulasi Nitai T_1

Portal	C_t	ζ	Tinggi Gedung (m)	T_1 (dtk)
5 lantai	0.035	0.17	65.617	0.807
10 lantai	0.035	0.17	131.24	1.357
15 lantai	0.035	0.17	196.85	1.839

Sumber : Hasil Perhitungan

Menghitung gaya geser dasar nominal dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V = \frac{C_i \cdot x_i}{R} W_t, \text{ sehingga didapatkan nilai gaya geser sebagai berikut :}$$

Tabel 4 Gaya Geser Nominal

Portal	V_x (kN)	V_y (kN)
5 lantai	2813.04	2813.04
10 lantai	2988.86	2988.86
15 lantai	3282.23	3282.23

Sumber : Hasil Perhitungan

Menghitung distribusi beban pada tiap portal dengan persamaan $F_i = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot z_i} V$, maka didapatkan hasil distribusi beban seperti tabel di bawah ini :

Tabel 5 Rekapitulasi distribusi beban gempa nominal statik ekuivalen

Lantai ke	Fx kum tegak lurus arah Utama, 30%	Fy kum arah Utama, 100%	Fx kum tegak lurus arah Utama, 30%	Fy kum arah Utama, 100%	Fx kum tegak lurus arah Utama, 30%	Fy kum arah Utama, 100%
	Fx kum (kN)	Fy kum (kN)	Fx kum (kN)	Fy kum (kN)	Fx kum (kN)	Fy kum (kN)
	15 Lantai		10 Lantai		5 Lantai	
15	6006.022	20020.074				
14	6107.212	20357.373				
13	6201.174	20670.579				
12	6287.908	20959.692				
11	6367.414	21224.713				
10	6460.582	21535.273	5781.31	19271.03		
9	6544.433	21814.778	5922.20	19740.65		
8	6618.968	22063.226	6047.43	20158.10		
7	6684.186	22280.618	6157.01	20523.36		
6	6740.086	22466.955	6250.93	20836.44		
5	6790.254	22634.181	6351.83	21172.75	5403.73	18012.43
4	6830.388	22767.962	6432.54	21441.80	5633.56	23645.99
3	6860.489	22868.297	6493.08	21643.58	5805.93	29451.92
2	6880.556	22935.188	6533.43	21778.11	5920.84	35372.76
1	6890.590	22968.633	6553.61	21845.37	5978.30	41351.06

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726 – 2012

Nilai S_s dan S_1 ini dapat dilihat pada peta respon spectra SNI 03-1726-2012. Namun untuk mendapatkan nilai S_s dan S_1 yang lebih akurat, penulis menggunakan program bantu desain Spektra Indonesia yang bisa diakses pada situs : http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ untuk kota Malang, di dapat nilai :

$$S_s = 0,781$$

$$S_1 = 0,33$$

Setelah mengetahui nilai S_s dan S_1 , maka didapatkan nilai F_a dan F_v dengan interpolasi linear adalah 1.17 dan 1.74. kategori Gedung yang direncanakan dengan faktor keutamaan $I = 1.0$ dan faktor reduksi

$$R = 5$$

$$C_d = 3$$

$$\Omega = 4.5$$

Menghitung gaya geser menggunakan persamaan berikut $V = C_s \times W$, maka didapatkan hasil seperti berikut :

Tabel 6 Gaya Geser Nominal SNI 1726 - 2012

Portal	Vx (kN)	Vy (kN)
5 lantai	1713.21	1713.21
10 lantai	2294.46	2294.46
15 lantai	2565.5	2565.5

Sumber : Hasil Perhitungan

Menghitung distribusi beban gempa dengan menggunakan persamaan berikut :

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

maka, didapatkan hasil seperti tabel di bawah ini :

Tabel 7. Rekapitulasi distribusi beban gempa

Lantai	Tinggi (m)	Fy 100% (kN)	Fx 30% (kN)	Fy 100% (kN)	Fx 30% (kN)	Fy 100% (kN)	Fx 30% (kN)
		15 Lantai		10 Lantai		5 Lantai	
15 (atap)	60	17707.253	5312.18				
14	56	16420.922	4926.28				
13	52	13898.951	4169.69				
12	48	11608.264	3482.48				
11	44	9544.276	2863.28				
10	40	9928.164	2978.45	17334.61	5200.38		
9	36	7832.756	2349.83	14812.32	4443.70		
8	32	6009.266	1802.78	11363.97	3409.19		
7	28	4449.790	1334.94	8414.884	2524.47		
6	24	3145.642	943.69	5948.643	1784.59		
5	20	2247.704	674.31	5087.677	1526.30	16852.79	5055.84
4	16	1360.478	408.14	3079.442	923.83	10846.05	3253.81
3	12	712.163	213.65	1611.981	483.59	5677.53	1703.26
2	8	286.005	85.80	647.3729	194.21	2280.10	684.03
1	4	60.125	18.04	136.0934	40.83	479.33	143.80
Total		105211.761	31563.53	68436.99	20531.1	36135.8	10840.74

Sumber : Hasil Perhitungan

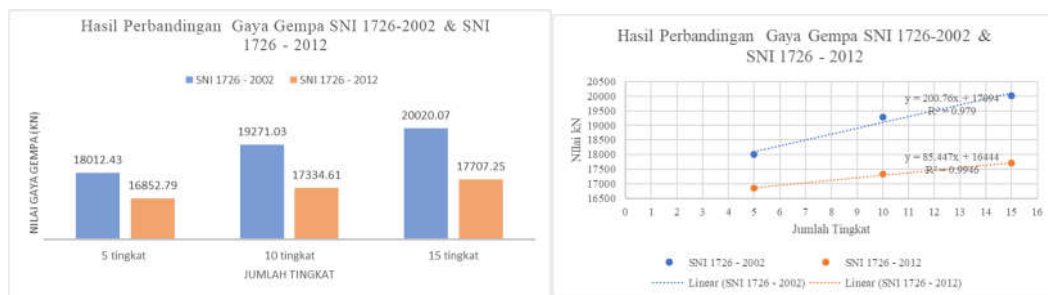
Hasil Perbandingan SNI 1726 – 2002 dengan SNI 1726 – 2012

Tabel 8 Matriks Perbandingan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012

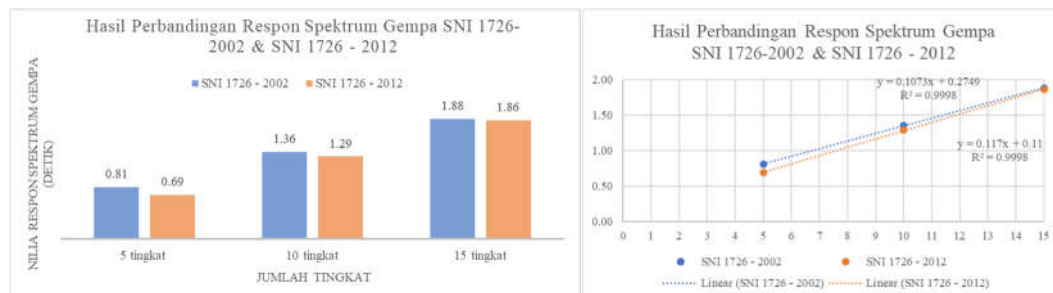
Parameter	SNI 1726 - 2002	SNI 1726 - 2012	Presentase
	Portal 5 Tingkat		
Gaya Gempa (kN)	18012.43	16852.79	11.60%
Spektrum Respon Gempa (dtk)	0.81	0.69	1.16%
Gaya Geser (kN)	2815.85	2398.49	4.17%
Gaya Reaksi Tumpuan (kN)	253.26	234.24	1.90%
Momen Lentur (kN)	351.69	291.06	6.06%
Gaya Aksial (kN)	253.26	234.24	1.90%
Portal 10 Tingkat			
Gaya Gempa (kN)	19271.03	17334.61	19.36%
Spektrum Respon Gempa (dtk)	1.36	1.29	0.68%
Gaya Geser (kN)	2988.86	2444.46	5.44%
Portal 10 Tingkat			
Gaya Reaksi Tumpuan (kN)	657.74	557.94	9.98%

Momen Lentur (kN)	420.35	342.29	7.81%
Gaya Aksial (kN)	657.74	557.94	9.98%
Gaya Gempa (kN)	20020.07	17707.25	23.13%
Spektrum Respon Gempa (dtk)	1.88	1.86	2.34%
Portal 15 Tingkat			
Portal 15 Tingkat			
Gaya Geser (kN)	3282.23	2565.50	7.17%
Gaya Reaksi Tumpuan (kN)	910.66	790.91	11.98%
Momen Lentur (kN)	598.79	521.88	7.69%
Gaya Aksial (kN)	910.66	790.91	11.98%

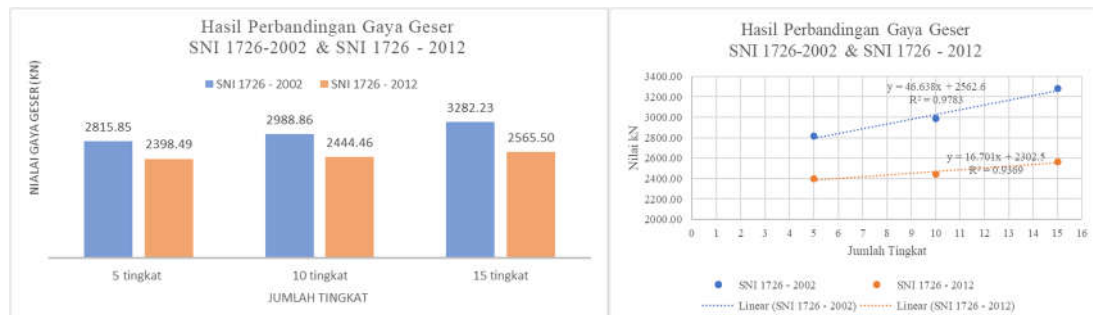
Sumber : Hasil Perhitungan



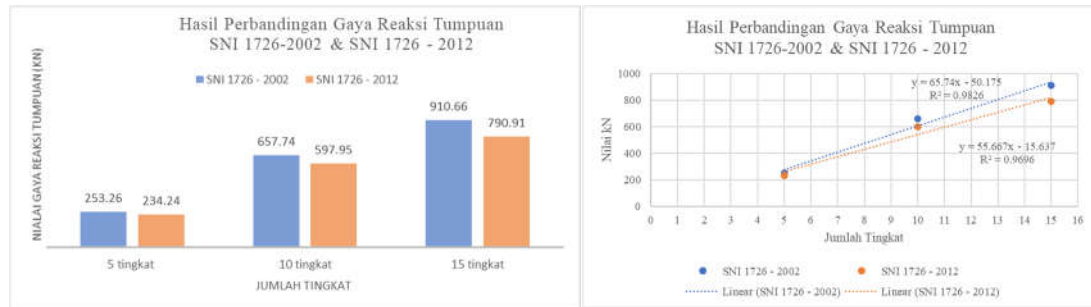
Gambar 1 Grafik Hasil Perbandingan Gaya Gempa



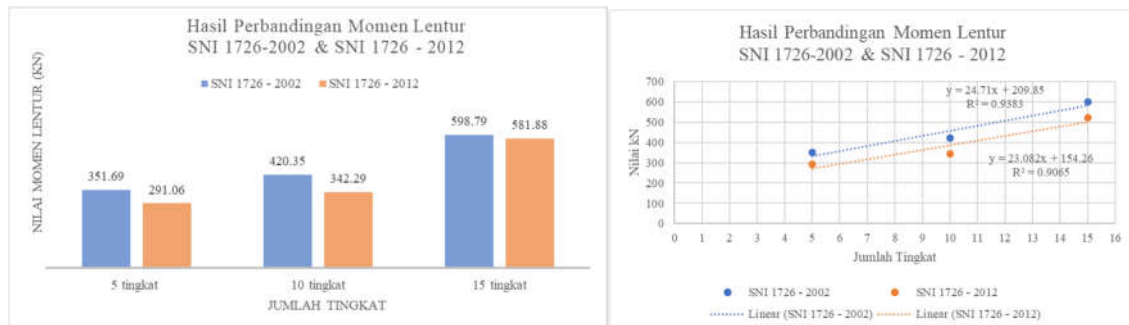
Gambar 2 Grafik Hasil Perbandingan Respon Spektrum Gempa



Gambar 3 Grafik Hasil Perbandingan Gaya Geser



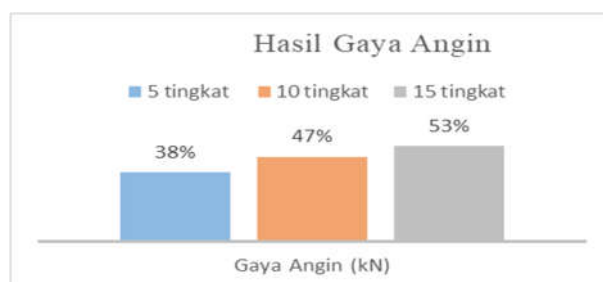
Gambar 4. Grafik Hasil Perbandingan Gaya Reaksi Tumpuan



Gambar 5 Grafik Hasil Perbandingan Momen Lentur



Gambar 6 Grafik Hasil Perbandingan Gaya Aksial



Gambar 7 Hasil Gaya Angin

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap analisis perbandingan beban gempa maka dapat disimpulkan :

1. Hasil perhitungan beban gempa maksimal berdasarkan SNI 1726-2002 untuk portal 5 tingkat sebesar 18012.43 kN, portal 10 tingkat sebesar 19271.03 kN, dan untuk 15 portal sebesar 20020.07 kN. Sedangkan berdasarkan SNI 1726-2012 untuk portal 5 tingkat sebesar 16852.79 kN, portal 10 tingkat sebesar 17084.61 kN, dan untuk 15 portal sebesar 17707.25 kN.

2. Hasil analisis beban gempa yang telah di input ke dalam aplikasi maka berdasarkan SNI 1726-2002 untuk portal 5 tingkat terdapat respons gaya geser sebesar 2815.85 kN dengan respon spektrum sebesar 0.81 detik, portal 10 tingkat gaya geser sebesar 2988.86 kN dengan respon spektrum sebesar 1.36 detik dan portal 15 tingkat sebesar 3282.23 kN dengan respon spektrum sebesar 1.88 detik. Sedangkan berdasarkan SNI 1726-2012 untuk portal 5 tingkat terdapat respons gaya geser sebesar 2398.49 kN dengan respon spektrum sebesar 0.69 detik, portal 10 tingkat sebesar 2444.46 kN dengan respon spektrum sebesar 1.29 detik, dan portal 15 tingkat sebesar 2565.50 kN dengan respon spektrum sebesar 1.86 detik.
3. Dari hasil perbandingan berdasarkan kedua SNI tersebut pada portal 5, 10, 15 tingkat nilai beban gempa, spektrum respon gempa, gaya geser, gaya reaksi tumpuan, momen lentur dan gaya aksial berdasarkan SNI 1726 - 2012 lebih kecil dari SNI 1726-2002, faktor yang mempengaruhi kenaikan gaya gempa pada setiap portal adalah waktu getar fundamental dan gaya geser.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Bapak Candra Aditya, ST, MT dan Bapak Dr. Dafid Irawan, ST, MT. selaku dosen pembimbing I dan II yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan saran – saran dalam menyelesaikan penyusunan penelitian ini.
2. Bapak Ir. Abdul Halim, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Widyagama Malang.
3. Kedua Orang Tua, Bapak Djunaedi Hidayat dan Ibu Hamba Puji Astutik serta adik saya Vidya Rizky Safira yang sangat peneliti cintai, terima kasih atas doa, kasih sayang, cinta dan perhatian yang selalu diberikan dalam penyelesaian artikel ini.
4. Diki Romadani Kurniawan, ST. yang telah menemani dan membantu.

REFERENSI

- [1] Alghuff, A.Y., Samir, M.S., Bassam, A.T., 2019. Comparative Study of Static and Response Spectrum Methods for Seismic Analysis of Regular RC Buildings. Islam. Univ. Gaza Gaza Palest. 495–503.
- [2] Badan Standarisasi Nasional Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, 2002.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. Tata Cara Perencanaan Gempa Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, 2012.
- [4] Jose Manuel Freitas Belo, 2015. Studi Perencanaan Struktur Tahan Gempa Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Pada Bangunan Gedung B Program Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang Tahap I. Universitas Brawijaya, Malang.
- [5] Ma'arif, M.A., 2013. Kebutuhan Material pada Perencanaan Portal 3 Lantai dengan Sistem Daktil Parsial di Wilayah Gempa Empat (Skripsi). Surakarta.
- [6] Nugroho, H., 2013. Perkuatan Kolom Beton Bertulang dengan Fiber Glass Jacket yang Dibebani Konsentris (Skripsi). Yogyakarta.
- [7] Nur, O., 2009. Kajian Eksperimental Perilaku Balok Beton Tulangan Tunggal berdasarkan Tipe Keruntuhan Balok. J. Rekayasa Sipil, 2 5, 39–52.
- [8] Pradlwarter, HJ., G.L., S., 2016. Earthquake Loading. Institute of Engineering Mechanics. University of Innsbruck. Austria.
- [9] Safira, N., 2018. Analisis Pengaruh Beban Gempa Pada Gedung Tiga Lantai Menggunakan Metode Statistik Ekuivalen. JRSDD 6, 273–282.
- [10] Setiawan, A., 2016. Perancangan Struktur Beton Bertulang berdasarkan SNI 1847:2013.
- [11] SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, 2013. . Badan Standarisasi Nasional.
- [12] Zuhriah, F., 2018. Analisis Portal Baja Pada Gedung Bertingkat Tinggi Berdasarkan SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729-2015. Skripsi, Malang.