

Load Analysis on LPMP Makassar Buildings By Using Static and Dynamic

Andi Isdyanto¹, Syukuriah²

Prodi Teknik Sipil Struktur¹, Prodi Teknik Sipil Transportasi²

Email: aisdyanto@unsulbar.ac.id¹, syukuriahkatjo@unsulbar.ac.id²

Abstract: Indonesian territory which consists of several islands, both large and large and small, is an area that has a level of vulnerability. In this case heard and witnessed through the media various events from natural phenomena, namely earthquakes in recent years that hit several regions in Indonesia. The potential for natural phenomena to occur is very large because the position of the Indonesian archipelago is at the confluence of the Australian plate, the Pacific plate, and the Eurasian plate. This condition causes the need to comply with the principles of planning and implementing an earthquake resistant system in every building structure to be built in the territory of Indonesia, especially for areas that have a moderate to high level of earthquake risk or vulnerability. Research on the main structure of the LPMP office building with 8 floors aims to determine the behavior of the structure in response to static earthquake loads and dynamic earthquake loads. The method suitable for building design involving earthquake loads in the calculation is the equivalent static. This method is only intended for regular horizontal and vertical SNI 1726(2012)buildings. One of the characteristics of a regular bulding is that the building's height is less than 40 meters and 10 levels as seen from the building pedestal so that the building tends to be rigid and the building is low. Along with the development of the times, many software that can be used to facilitate an earthquake resistant building design in Indonesia have been revised to SNI-1726(2012). In earthquake SNI 03-1726-2012 article 7.1.3 it is stated that : the final value of the dynamic response of the building structure to the nominal earthquake loading due to the effect of a planned earthquake in a certain direction, should not be taken less than 85 % of the value of the first variety response. If the dynamic response of the building structure is expressed in nominal basic shear force V , where the value of the oh the nominal base shear for each static earthquake in the x direction is 0.867622 and the y direction is 0.975368 where the bigger the dynamic earthquake in the x direction is 3425.624 and the y direction amounting to 3550.92 so that the structural seismicity review shows the result that meet the seismic requirements stipulated in the SNI, starting from the building period, the mass participation ratio, the basic shear force of structural deviations.

Keywords: Earthquake, Statis and Dinamic.

Abstrak: Wilayah Indonesia yang terdiri dari beberapa gugusan pulau-pulau baik besar maupun kecil yang sebagian besar merupakan wilayah yang mempunyai tingkat kerawanan. Dalam hal ini didengar dan disaksikan melalui media berbagai peristiwa dari fenomena alam yaitu gempa dalam beberapa tahun terakhir yang melanda beberapa daerah di Indonesia. Potensi terjadinya fenomena alam sangat besar karena posisi kepulauan Indonesia berada di pertemuan lempeng Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Eurasia. Kondisi ini menyebabkan perlunya pemenuhan terhadap kaidah-kaidah perencanaan

dan pelaksanaan sistem tahan gempa pada setiap struktur bangunan yang akan dibangun di wilayah Indonesia, khususnya untuk daerah yang memiliki tingkat resiko atau kerawanan gempa menengah hingga tinggi. Penelitian terhadap struktur utama gedung perkantoran LPMP dengan 8 lantai ini bertujuan untuk mengetahui perilaku struktur dalam merespon beban gempa statik dan beban gempa dinamik. Metode yang sesuai untuk perancangan gedung dengan melibatkan beban gempa pada perhitungannya adalah statik ekuivalen. Metode ini hanya diperuntukkan bagi bangunan yang reguler horisontal maupun vertikal SNI 1726(2012). Salah satu ciri bangunan reguler adalah tinggi bangunannya kurang dari 40 meter serta 10 tingkat yang dilihat dari tumpuan bangunan sehingga bangunannya cenderung kaku dan bangunannya rendah. Seiring dengan semakin berkembangnya zaman banyak software yang dapat digunakan untuk mempermudah suatu perancangan gedung seperti SAP 2000. SNI-03-1726(2002) yang digunakan untuk pedoman perencanaan gedung tahan gempa di Indonesia telah direvisi menjadi SNI-1726(2012) Pada SNI Gempa 03-1726-2012 Pasal 7.1.3 disebutkan bahwa : Nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 85% nilai respons ragam yang pertama. Bila respons dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal V , dimana nilai Besarnya Gaya Geser Dasar (Base Shear) Nominal untuk Masing- masing Gempa Statik arah x sebesar 0.867622 dan arah y sebesar 0.975368 dimana lebih besar gempa Dinamik arah x sebesar 3425.624 dan arah y sebesar 3550.92 sehingga Tinjauan kegempaan struktur menunjukkan hasil yang memenuhi syarat kegempaan yang diatur dalam SNI, mulai dari periode bangunan, rasio partisipasi massa, gaya geser dasar dan simpangan struktur.

Kata Kunci: Gempa, Statik dan Dinamik.

I. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia yang terdiri dari beberapa gugusan pulau-pulau baik besar maupun kecil yang sebagian besar merupakan wilayah yang mempunyai tingkat kerawanan. Dalam hal ini didengar dan disaksikan melalui media berbagai peristiwa dari fenomena alam yaitu gempa dalam beberapa tahun terakhir yang melanda beberapa daerah di Indonesia. Potensi terjadinya fenomena alam sangat besar karena posisi kepulauan Indonesia berada di pertemuan lempeng Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Eurasia. Kondisi ini menyebabkan perlunya pemenuhan terhadap kaidah-kaidah perencanaan dan pelaksanaan sistem tahan gempa pada setiap struktur bangunan yang akan dibangun di wilayah Indonesia, khususnya untuk daerah yang memiliki tingkat resiko atau kerawanan gempa menengah hingga tinggi. Keandalan bangunan terhadap tahan

gempa merupakan sebuah hal yang wajib terpenuhi, khususnya untuk daerah dengan tingkat kerawanan gempa menengah hingga tinggi. Berdasarkan pengalaman yang telah terjadi, keruntuhan bangunan akibat bencana gempa bumi menelan banyak korban jiwa. Oleh karena itu, bangunan harus direncanakan untuk dapat memberikan kinerja minimal *life safety*, di mana bangunan diperbolehkan mengalami kerusakan namun tidak mengalami keruntuhan, sehingga meminimalisasi korban jiwa.

Namun dalam realisasi terkait kaidah-kaidah perencanaan dan pelaksanaan struktur bangunan tahan gempa tersebut belum sepenuhnya diterapkan pada pelaksanaan struktur bangunan di berbagai wilayah di Indonesia, khususnya pada pelaksanaan struktur bangunan beton bertulang. Hal ini terlihat dari berbagai kerusakan yang terjadi pada struktur bangunan beton bertulang akibat kejadian gempa besar di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir ini, seperti gempa Aceh, Gempa Yogya, gempa Jabar dan terakhir gempa Palu. Pada tahun 2019 Pemerintah Indonesia telah mengesahkan standar baru tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, yaitu SNI 03-1726-2012. Disebutkan dalam standar tersebut bahwa pengaruh gempa rencana harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung. Gaya gempa rencana dapat dihitung menggunakan analisis statik ekuivalen, analisis dinamik ragam respon spektra maupun analisis dinamik *time history*.

Penelitian terhadap struktur utama gedung perkantoran LPMP dengan 8 lantai ini bertujuan untuk mengetahui perilaku struktur dalam merespon beban gempa statik dan beban gempa dinamik.

II. METODE

Menurut Pawirodikromo, W. (2012), analisis dinamik *Time History* merupakan metode yang paling akurat, tetapi memerlukan hitungan yang banyak dan waktu yang lama. Oleh karena itu, untuk keperluan praktis di lapangan digunakan analisis statik ekuivalen yang merupakan penyederhanaan dari analisis dinamik. Namun analisis statik ekuivalen hanya diperbolehkan untuk bangunan yang reguler horisontal maupun vertikal (SNI1726:2012). Salah satu ciri bangunan reguler adalah ketinggian tidak lebih dari 40 meter atau 10 tingkat yang diukur dari taraf penjepitan lateral. Gaya gempa rencana pada bangunan dengan

Kresna Social Science and Humanities Research

Proceedings of the National Seminar on Research and Community
Service Dissemination for Sustainable Development
<https://doi.org/10.30874/ksshr.55>

ketinggian lebih dari 40 meter atau 10 tingkat harus dihitung menggunakan analisis dinamik (SNI 1726-2012).

Perbedaan utama antara konsep statik dan dinamik adalah pada karakteristik bangunan yang diperhitungkan dalam analisis. Konsep dinamik memperhitungkan massa, kekakuan dan redaman, sedangkan konsep statik hanya memperhitungkan massa saja. Selain itu, prinsip statik ekuivalen hanya memperhitungkan mode ke 1 saja, sehingga hanya cocok untuk bangunan yang cenderung kaku atau bangunan rendah (Widodo, 2001).

Nasution, F dan Teruna, DR (2013) membandingkan respons parameter berupa base shear dan displacement dari struktur beraturan dan tidak beraturan 7 tingkat, yang dianalisis secara statik ekuivalen dan analisis dinamik spektrum respons, menggunakan software SAP 2000. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai base shear dan displacement tidak berbeda jauh antara hasil analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik ragam respon spektra. Kesimpulan yang diperoleh adalah analisis statik ekuivalen masih dapat digunakan pada bangunan 7 tingkat, namun lebih akurat dianalisis secara dinamik.

Kusumastuti (2010) menyimpulkan bahwa gaya geser dasar bangunan yang timbul akibat gempa yang dihitung dengan metode dinamik secara umum lebih kecil daripada gaya horisontal statik ekuivalen, kecuali pada gempa dengan frekuensi rendah memiliki gaya horisontal pada tingkat-tingkat dasar lebih besar daripada gaya horisontal statik ekuivalen, khususnya pada bangunan yang lebih tinggi.

Dari hasil penelitian yang pernah ada, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui sejauh mana perhitungan pembebanan gempa statik ekuivalen boleh dilakukan. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dibandingkan hasil analisis dinamik time history dan analisis statik ekuivalen, berupa gaya lateral dinamik akibat mode ke 1 saja, gaya lateral dinamik akibat mode lengkap, gaya lateral statik ekuivalen, gaya geser dasar dinamik serta gaya geser dasar statik ekuivalen. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti keakuratan perhitungan pembebanan gempa statik ekuivalen pada struktur bertingkat.

Pada bagian ini minimal memuat informasi-informasi berupa waktu dan lokasi, prosedur, dan analisis data. Jika perlu bagian prosedur juga dapat berisikan bagian-bagian lain. Waktu penelitian perlu diinformasikan secara spesifik. Untuk bagian lokasi dapat diberi gambar peta lokasi yang jelas. Prosedur penelitian agar dituliskan dengan narasi yang jelas. Hindari

penyajian prosedur penelitian dengan menggunakan skema. Analisis data perlu diinformasikan dengan detail.

III. HASIL

Berdasarkan Pasal 4.1.2 SNI 03-1726-2012 disebutkan bahwa Gedung Kantor Susun termasuk dalam katagori resiko II dengan faktor keutamaan gempa I e sebesar 1,0.

Menentukan Kelas Situs

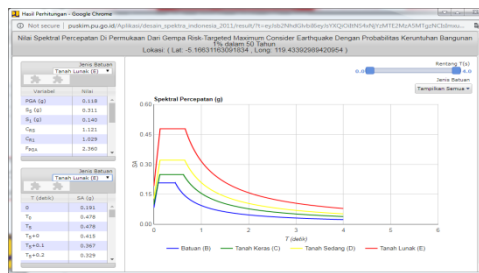
Berdasarkan SNI Gempa 03-1726- 2012 Pasal 5.3, lokasi masuk ke dalam katagori tanah sedang (SD) sesuai pada Tabel berikut.

Tabel 1. Klasifikasi Situs

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{v} atau \bar{v}_{20}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

Menentukan Parameter Percepatan Gempa (S_s , S_1)

Parameter percepatan gempa (S_s , S_1) dapat diketahui secara detail melalui situs online Dinas PU di link : http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

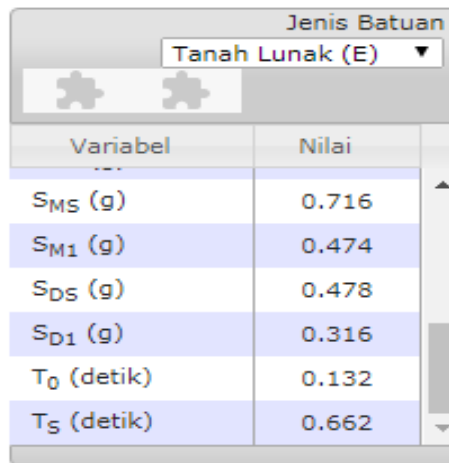


Gambar 2. Ouput Desain Spektra pada Website puskim.pu.go.id

Hasil output percepatan gempa (S_s , S_1) untuk lokasi gedung di Kota Makassar adalah sebesar $S_s = 0,311$ g dan $S_1 = 0,14$.

Menentukan Koefisien Situs dan Parameter Respons Spectra Percepatan Gempa

Berdasarkan website http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ didapatkan nilai parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (SMS) dan perioda 1 detik (SM1) sesuai ditunjukkan pada Tabel berikut.

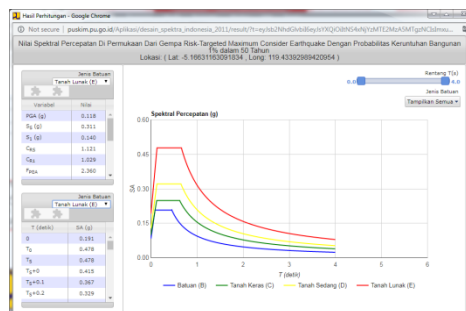


Variabel	Nilai
S_{MS} (g)	0.716
S_{M1} (g)	0.474
S_{DS} (g)	0.478
S_{D1} (g)	0.316
T_0 (detik)	0.132
T_5 (detik)	0.662

Gambar 3. Nilai Koefisien Respons Spektrum Desain Berdasarkan Website Puskim.pu.go.id

Menentukan Spectrum Respon Desain

Penentuan respons spektrum desain berdasarkan website resmi Dinas PU di link http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ yang ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 4. Respons Spektrum Desain Berdasarkan Website Puskim.pu.go.id

Menentukan Katagori Desain Seismic

Penentuan Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan kategori risiko dan parameter respons spektral percepatan desain sesuai Tabel 6 dan Tabel 7 SNI Gempa 03-1276-2012 Pasal 6.5 sebagai berikut.

Tabel 2. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek.

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 3. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Percepatan pada Perioda 1 Detik

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, didapatkan nilai parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, $SDS = 0,478g$ dan parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, $SD1 = 0,316g$, maka termasuk katagori risiko D.

Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem

Berdasarkan SNI Gempa 03-1726-2012 Pasal 7.2.2 dan hasil seminar HAKI dirumuskan pemilihan sistem struktur untuk berbagai tingkat kegunaan pada Tabel berikut :

Tabel 4. Pemilihan Sistem Struktur Berdasarkan Tingkat Resiko Gempa

Code	Tingkat Resiko Kegempaan		
	Rendah	Menengah	Tinggi
SNI 03-1726-2012	A, B	C	D, E, F
Sistem Penahan	SRMB/ M/ K SDSB/	SRMM/ K SDSB/	SRMK SDSK

Jenis struktur Gedung yang ditinjau masuk pada katagori tingkat resiko gempa tinggi (D), sehingga digunakan sistem penahan gempa SRMK (Struktur Rangka Momen Khusus) sesuai ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 5 Faktor R, Cd, Ω0 untuk Sistem Penahan Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R ^s	Faktor kuat-lebih sistem, Ω ₀ ^s	Faktor pembesaran defleksi, C _d ^s	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h _s (m) ¹					
				Kategori desain seismik					
				B	C	D ^a	E ^a	F ^a	
24 Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lenceng	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB	
25 Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30	
26 Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30	
C. Sistem rangka pemikul momen									
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	T1	
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^b	T ^a	T ^a	
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	T ^a	T ^a	T ^a	
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	T1	T1	T1	

Menghitung Periode Struktur (T)

Perioda fundamental pendekatan Ta (detik) ditentukan dari persamaan $T_a = C_t \cdot h_x^n$, Dimana :
 hn : ketinggian struktur (m) di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur,
 Ct dan x : ditentukan sesuai SNI Gempa 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.1 seperti pada Tabel berikut :

Tabel 6 Nilai Parameter Pendekatan untuk Ct dan x

Tipe Struktur	Ct	x
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen		
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75

Perhitungan perkiraan periode struktur untuk rangka beton pemikul momen adalah sebagai berikut.

$T_a = C_t \cdot h_x^n$

Tinggi struktur, h = 32.60 m

Periode struktur, T = 1.071 detik

Periode max, Tmax = 1.501 detik

Besarnya periode struktur untuk arah X dan Y berdasarkan analisis program SAP 2000 adalah sebagai berikut :

Periode getar X, Tcx= 1.189 detik

Periode getar Y, Tcy= 1.020 detik

Jadi periode stuktur tidak melebihi batas periode maksimum yang disyaratkan.

Menghitung Koefisien Seismik

Faktor reduksi, R	=	8.0
Faktor keutamaan, I	=	1.0
$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	=	0.060
Csmin=0,044 SDS Ie	=	0.0210
$C_{s,max} X = \frac{S_{D1}}{T_s \left(\frac{R}{I_e}\right)}$	=	0.0332
$C_{s,max} Y = \frac{S_{D1}}{T_s \left(\frac{R}{I_e}\right)}$	=	0.0387

Menghitung Berat Struktur

Berat struktur yang digunakan dalam perhitungan gempa berdasarkan SNI Gempa 1726-2012 Pasal 7.7.2 adalah beban mati sendiri struktur, beban mati tambahan, dan beban hidup tereduksi 30% seperti ditunjukkan pada Tabel berikut :

Tabel 7 Berat Struktur Gedung

Tingkat	Beban	Beban	Berat	Beban	Beban
Lantai	Mati	Hidup	Sendiri	Total	Hidup
	Tambahan	Tereduksi	(kN)	(kN)	(kN)
	(kN)	(kN)			
LANTAI 1	1783.32	1114.58	3536.80	6434.70	4458.31
LANTAI 2	1942.75	1214.22	8235.20	11392.17	4856.87
LANTAI 3	1942.75	1214.22	9041.91	12198.88	4856.87
LANTAI 4	1783.32	1114.58	9154.79	12052.69	4458.31
LANTAI 5	1783.32	1114.58	8555.10	11452.99	4458.31
LANTAI 6	1783.32	1114.58	8539.39	11437.29	4458.31
LANTAI 7	1783.32	1114.58	8564.43	11462.33	4458.31
LANTAI 8	1783.32	1114.58	8459.48	11357.38	4458.31
LANTAI ATAP	1274.09	796.31	6145.30	8215.70	3185.23
Beban Total	15859.53	9912.20	70232.39	96004.12	39648.82

Menghitung Gaya Geser Dasar

Perhitungan nilai gaya geser dalam arah yang ditetapkan dihitung berdasarkan SNI Gempa 1726 – 2012 Pasal 7.8.1 sebagai berikut:

$$V_x = C_{sx} \times W_{total} = 3189.81 \text{ kN}$$

$$V_y = C_{sy} \times W_{total} = 3718.00 \text{ kN}$$

Menghitung Distribusi Beban Gempa

Perhitungan gaya gempa menggunakan persamaan sesuai SNI gempa 03-1726-2014 Pasal 7.8.3 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Gempa lateral, } F &= C_{vx} \times V \\ &= \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \cdot V \end{aligned}$$

Dimana, $k = 2.00$

Tabel 8. Perhitungan Gaya Gempa Tiap Lantai

Tingkat Lantai	Beban Total (kN)	h (m)	W x hk (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)
LANTAI 1	6434.70	0.00	0.00	0.00	0.00
LANTAI 2	11392.17	4.60	241058.24	23.32	27.19
LANTAI 3	12198.88	8.60	902228.88	87.30	101.75
LANTAI 4	12052.69	12.60	1913484.57	185.14	215.80
LANTAI 5	11452.99	16.60	3155987.27	305.36	355.93
LANTAI 6	11437.29	20.60	4853528.76	469.61	547.37
LANTAI 7	11462.33	24.60	6936545.36	671.16	782.29
LANTAI 8	11357.38	28.60	9289879.99	898.86	1047.70
LANTAI ATAP	8215.70	32.60	8731314.01	844.82	984.71
Σ Wt =	53925.69	Σ W x Z =	32967255.386		

Tabel 9. Perhitungan Gaya Gempa arah X dan Y

Tingkat Lantai	Perhitungan gempa 100% arah yang ditinjau dan 30% arah tegak lurus			
	Fx (kN)	30% Fx (kN)	Fy (kN)	30% Fy (kN)
LANTAI 1	0.00	0.00	0.00	0.00
LANTAI 2	23.32	7.00	27.19	8.16
LANTAI 3	87.30	26.19	101.75	30.53
LANTAI 4	185.14	55.54	215.80	64.74
LANTAI 5	305.36	91.61	355.93	106.78
LANTAI 6	469.61	140.88	547.37	164.21
LANTAI 7	671.16	201.35	782.29	234.69
LANTAI 8	898.86	269.66	1047.70	314.31
LANTAI ATAP	844.82	253.44	984.71	295.41

Tabel 10. Pusat Massa dan Rotasi

Lantai	XCM	YCM	XCCM	YCCM	XCR	YCR
LANTAI 1	20.26539	27.20555	20.26539	27.20555	22.49500	24.46900
LANTAI 2	20.10499	28.93625	20.10499	28.93625	20.35974	28.74274
LANTAI 3	19.81289	27.87705	19.81289	27.87705	19.93470	27.79020
LANTAI 4	20.02538	28.03163	20.02538	28.03163	20.35175	27.81900
LANTAI 5	20.10250	29.42943	20.10250	29.42943	20.82162	29.15034
LANTAI 6	20.10476	29.39994	20.10476	29.39994	20.61539	28.95816
LANTAI 7	20.15195	29.41774	20.15195	29.41774	20.72919	29.01744
LANTAI 8	20.15538	29.57317	20.15538	29.57317	20.61111	29.13495
LANTAI ATAP	19.91537	29.72797	19.91537	29.72797	20.71656	28.64195

Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI Gempa 03-1726-2012 Pasal 7.2.1 disebutkan bahwa jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons harus menghasilkan partisipasi massa minimum 95%.

Tabel 11. Nilai Partisipasi Massa untuk Arah X dan Y

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
1	1.188835	0.33589	0.21085	2.06E-10	0.33589	0.21085	2.06E-10	0.07477	0.1801	0.17623
2	1.019947	0.35317	0.42205	0.000003751	0.68906	0.63291	3.75E-06	0.15566	0.19132	0.53874
3	0.814366	0.09795	0.15468	3.122E-07	0.787	0.78759	4.06E-06	0.05913	0.05488	0.07767
4	0.668393	1.838E-07	4.24E-07	0.00131	0.787	0.78759	0.00132	0.00081	0.00057	5.91E-07
5	0.380247	0.03236	0.03716	1.282E-08	0.81937	0.82475	0.00132	0.00025	0.00061	0.01363
6	0.317072	0.06987	0.05669	0.000005514	0.88924	0.88144	0.00132	7.3E-05	5.49E-05	0.09206
7	0.247259	0.02075	0.03457	0.000002689	0.90998	0.916	0.00132	3.82E-06	1.33E-05	0.01624
8	0.207736	0.01348	0.01231	5.249E-07	0.92346	0.92832	0.00132	0.00038	0.00058	0.00612
9	0.164984	0.02415	0.01978	0.000007102	0.94761	0.94809	0.00133	0.00052	0.00068	0.03348
10	0.13369	0.00715	0.00649	0.00008325	0.95477	0.95458	0.00141	0.0001	0.00032	0.00322
11	0.125364	0.0059	0.00903	0.00013	0.96067	0.96361	0.00154	0.00055	0.00079	0.00393
12	0.121773	0.00012	1.07E-06	0.02505	0.96079	0.96361	0.0266	0.00339	0.0045	5.95E-05
		OK	OK		OK	OK				OK

Gaya Geser Dasar Nominal, V (Base Shear)

Pada SNI Gempa 03-1726-2012 Pasal 7.1.3 disebutkan bahwa : Nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 85% nilai respons ragam yang pertama. Bila respons dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal V, seperti persamaan berikut :

$$V_{\text{dinamik}} > 0,85 V_{\text{statik}}$$

Tabel 12. Besarnya Gaya Geser Dasar (Base Shear) Nominal untuk Masing-masing Gempa

Tipe Beban Gempa		Fx (kN)	Fy (kN)	85% Statik X	85% Statik Y	SF _x	SF _y	
Statik	EQx	-3493.236	-1222.4	-2969.2506	-1039.03575	0.867622	0.299934	OK
	EQy	-1047.971	-4074.65	-890.77535	-3463.45335	0.260033	0.975368	OK
Dinamik	RSPx	-3422.285	-3464.21					
	RSPy	-3425.624	-3550.92					

Simpangan Struktur

Kriteria persyaratan simpangan mengacu pada SNI Gempa 2012 dengan faktor- faktor sebagai berikut :

1. Faktor pembesaran defleksi (Cd) untuk SRPMK = 5,5 (Tabel 20 SNI 1726- 2012).
2. Faktor Keutamaan Gempa (Ie) = 1,5 (Tabel 2 SNI 1726- 2012).
3. Faktor redundansi untuk gedung dengan KDS D adalah $\rho = 1,3$ (Pasal 7.3.4.2 1726-2012).
4. Simpangan antara lantai yang diijinkan untuk gedung dengan kriteria risiko II adalah

$\Delta_a = (0,02) \times H$, dimana H : tinggi tingkat (Tabel 16 SNI 1726- 2012).

Besarnya simpangan struktur untuk arah X dan Y ditunjukkan pada Tabel berikut :

Tabel 13. Besarnya Simpangan Struktur Arah - X

Lantai	Tinggi	Simpangan	Perpindahan	Simpangan	Diizinkan	Ket.
	tingkat (mm)	Elastis (mm)	yang Diperbesar	antar Lantai (mm)	(mm)	
ATAP	4000	29.647	163.06	9.06	80.00	OK
8	4000	27.999	153.99	13.37	80.00	OK
7	4000	25.569	140.63	18.43	80.00	OK
6	4000	22.218	122.20	22.92	80.00	OK
5	4000	18.051	99.28	26.03	80.00	OK
4	4000	13.318	73.25	27.80	80.00	OK
3	4000	8.263	45.45	26.99	80.00	OK
2	4600	3.355	18.45	18.45	92.00	OK

Tabel 14. Besarnya Simpangan Struktur Arah - Y

Lantai	Tinggi	Simpangan	Perpindahan	Simpangan	Diizinkan	Ket.
	tingkat (mm)	Elastis (mm)	yang Diperbesar	antar Lantai (mm)	(mm)	
ATAP	4000	32.034	176.19	11.18	80.00	OK
8	4000	30.002	165.01	13.60	80.00	OK
7	4000	27.53	151.42	22.43	80.00	OK
6	4000	23.452	128.99	26.58	80.00	OK
5	4000	18.619	102.40	29.10	80.00	OK
4	4000	13.329	73.31	27.54	80.00	OK
3	4000	8.322	45.77	27.52	80.00	OK
2	4600	3.319	18.25	18.25	92.00	OK

IV. SIMPULAN

1. Gedung tanpa beban gempa tidak menerima beban lateral sehingga tidak menghasilkan simpangan antar lantai, sedangkan gedung dengan beban gempa memiliki simpangan antar lantai dan harus memenuhi syarat yang ada pada SNI 1726(2012)
2. Simpangan antar lantai pada gedung dengan beban gempa tidak melampaui kinerja batas layan sesuai dengan peraturan pada SNI 1726(2012).
3. Tinjauan kegempaan struktur menunjukkan hasil yang memenuhi syarat kegempaan yang diatur dalam SNI, mulai dari periode bangunan, rasio partisipasi massa, gaya geser dasar dan simpangan struktur

V. DAFTAR PUSTAKA

Applied Technology Council. ATC 40, 1996, "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings", Redwood City, California, U.S.A.

SNI 1727, 2013, "Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2013)", Jakarta : BSN.

RSNI3 03-1726, 201x, " Tata cara perencanaan ketahanan gempa

untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (RSNI3 03-1726-201x)", ICS. SNI-03-2847, 2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI-03-2847-2002.

Kresna Social Science and Humanities Research

Proceedings of the National Seminar on Research and Community
Service Dissemination for Sustainable Development
<https://doi.org/10.30874/ksshr.55>

Hayashi, T. Niwa H. & Fukuhara, M., 1980, "Strengthening Methods of the Existing

Reinforced Concrete Buildings", Proceedings of the 7th World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul.

Himawan I., 2002, "Buku Ajar Rekayasa Gempa", Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.

Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik, 2002, Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa, Bandung, Penerbit ITB.

Raditya, M., 2011, "Analisis dan Perencanaan Perkuatan Struktur Gedung LABTEK XI Untuk Mengakomodasi Beban Gempa RSNI 03-1726-2010", Bandung, Institut Teknologi Bandung (ITB).