

Pengaruh Beban Gempa pada Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek Berdinding Geser Tidak Simetris dengan Menggunakan Metode Statik Ekuivalen

Siti Zalfa Mardhatillah¹⁾

Mohd. Isneini²

Surya Sebayang³

Chatarina Niken DWSBU⁴

Abstract

Analysis of an earthquake loads effect with asymmetrical shear walls is to determine the strength of the building's structure against earthquake forces. This research reviews the non-surgical inpatient building of RSUD Abdul Moeloek Bandar Lampung with 4 floors by reviewing the increase in moment and shear by considering the dimensions and reinforcement of slabs, columns and beams. The building uses a shear wall at one row in x grid and one row in y grid between the 1st and 2nd floors. Calculation of earthquake loads using the static equivalent method and the data is processed using outlying method. Moments and shears under non-earthquake and seismic conditions were compared. This research was compared with the results of Hakas' research which examined the effects of earthquakes on a 12-story building with a shear wall located in the middle of the building and installed from the 1st to 12th floors. The results of this research are the column moment increased by 222.5%, the shear force was 242.25% when resisting the earthquake. there was an increase in the moment and shear respectively 5 times and 3 times greater than the Hakas' research. The increase in moment and shear of the column near the ramp stairs reached 1153% and 780%. Inter-story drift in the x direction is below the inter-story drift limit except for column on the 5'th floor , which is the column in the additional building. while the y-direction for 2nd, 3rd, 5th and 5' th floor is a floor that does not have a shear wall exceeding the inter-story drift limit. The largest inter-story drift occurs in the 5' th floor in both the x and y directions. inter-story drift values that are too large may cause the floor to be cut off in the event of a large earthquake. As the result of increasing shear forces causing beams and columns that were originally safe to be unsafe, so it is necessary to add dimensions or use an additional structural strengthening.

Key words: concrete, multi story building, earthquake load, shear wall, static equivalent.

Abstrak

Pengaruh beban gempa dengan dinding geser tidak simetris dipelajari untuk mengetahui kekuatan struktur gedung tersebut terhadap gaya gempa. Penelitian mengambil kasus Gedung rawat inap non bedah RSUD Abdul Moeloek Bandar Lampung 4 lantai dengan meninjau peningkatan momen dan geser dengan mempertimbangkan dimensi dan tulangan pada pelat, kolom dan balok. Gedung memakai dinding geser pada salah satu ujung pada lantai 1 dan 2. Perhitungan beban gempa menggunakan metode statik ekuivalen dan data diolah dengan metode *outlying*. Momen dan geser pada kondisi tanpa gempa dan dengan gempa dibandingkan. Penelitian ini dibandingkan dengan hasil penelitian (Prayuda et al., 2020) yang meneliti pengaruh gempa pada Gedung 12 lantai dengan dinding geser terletak di tengah bangunan dan terpasang dari lantai 1 s.d 12. Hasil penelitian ini adalah momen kolom mengalami kenaikan 222.5%, gaya geser 242.25% saat menahan gempa. Peningkatan momen dan geser berturut-turut 5 kali dan 3 kali lebih besar daripada penelitian (Prayuda et al., 2020). Kenaikan momen dan geser kolom di dekat ram berturut-turut mencapai 1153% dan 780%. Simpangan antar lantai arah x di bawah simpangan izin kecuali kolom 5' yaitu kolom pada bangunan tambahan; sedangkan simpangan arah y untuk lantai 2, 3, 5 dan 5' yaitu lantai yang tidak memiliki dinding geser melebihi simpangan izin. Simpangan yang sangat besar terjadi pada bangunan tambahan baik arah x maupun y. Perubahan simpangan yang besar antar lantai, dapat menyebabkan lantai tersebut terpotong bila terjadi gempa besar. Perubahan gaya geser menyebabkan balok dan kolom yang semula aman menjadi tidak aman, sehingga perlu dilakukan penambahan dimensi atau penggunaan perkuatan struktur.

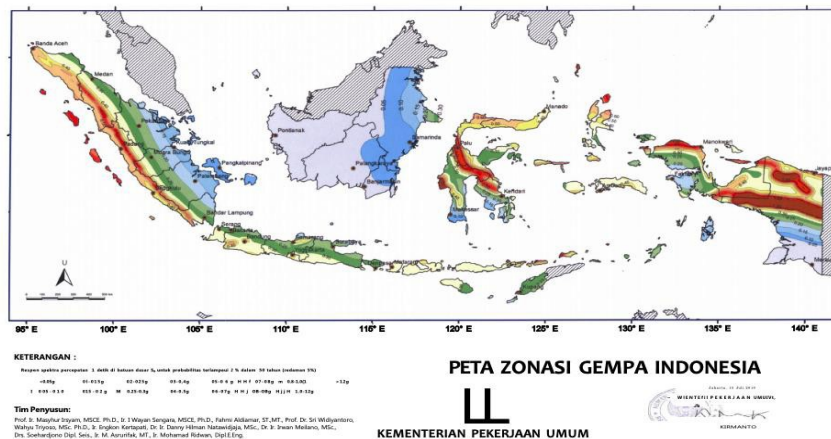
Kata kunci: beton, gedung bertingkat, beban gempa, dinding geser, statik ekuivalen.

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

^{2,3,4)} Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Indonesia terletak di pertemuan 3 lempeng yaitu lempeng Eurasia, Indo-Australia dan Pasifik. Selain karena pertemuan lempeng tersebut, Indonesia juga dilintasi oleh pegunungan. Hal ini membuat Indonesia rawan terhadap gempa bumi baik tektonik maupun vulkanik. Zona rawan gempa di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Zona gempa Indonesia
Sumber : website e-ppid PUPR

Gempa yang pernah terjadi di Indonesia dengan jumlah korban dan bangunan rusak disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Gempa yang pernah terjadi di Indonesia

Tanggal	Magnitudo	Lokasi	Korban (orang)		Bangunan rusak (buah)		
			Meninggal	Luka-luka	Rusak berat	Rusak sedang	Rusak ringan
30 September 2009	7,6	Padang Pariaman	1115		135.229	65.306	78.591
9 November 2009	6,7	Pulau Sumbawa	1	80	282		
25 Oktober 2010	7,7	Kep. Mentawai	509	17	879	116	274
2 Juli 2013	6,2	Aceh	39	>400	>3000		
7 Desember 2016	6,5	Kab. Pidie jaya	104				
23 Januari 2018	6,4	Banten			106		1125
29 Juli 2018	6,4	Lombok	20	401		1454	
19 Agustus 2018	7,0	Lombok	>600	1033		22721	
28 September 2018	7,4	Donggala	2073			65733	
14 Juli 2019	7,3	Halmahera	10	129		900	
2 Agustus 2019	6,9	Banten/ Selat sunda	5	4		>300	
26 September 2019	6,5	Maluku	34	161	853	1823	
15 Januari 2021	6,2	Mamuju	105			>300	
10 April 2021	6,1	Jawa Timur	10	105	2413	5160	8968
26 Agustus 2021	5,8	Tojo Una-una			2	1	25
14 Desember 2021	7,4	Larantuka		7	142		2
14 Januari 2022	6,6	Banten		10		3178	

Jumlah bangunan rusak sangat banyak setiap terjadi gempa, kerusakan bangunan dapat menyebabkan peningkatan korban jiwa (Tabel 1). Gedung bertingkat menjadi salah satu

bangunan yang rawan mengalami keruntuhan saat terjadi gempa. Karena kerawanan tersebut, Pemerintah Indonesia telah membuat standard ketahanan gedung dan non-gedung (SNI 2847, 2019; SNI 1726, 2019)

Analisis gempa dapat dilakukan dengan analisis statik dan analisis dinamik. Analisis statik ekuivalen hanya diperbolehkan untuk bangunan dengan ketinggian tidak lebih dari 40 meter diukur dari taraf penjepitan lateral. Metode ini hanya memperhitungkan mode 1 saja sehingga pada bangunan yang rendah dan cenderung kaku sangat cocok dengan metode ini. Untuk bangunan lebih dari 10 tingkat harus menggunakan analisis dinamis (Safira, 2018). Analisis statik ekuivalen sesuai SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a) meliputi perhitungan: periode fundamental (T), gaya geser dasar (V), dan distribusi gaya gempa/gaya lateral (Fi). Beberapa peneliti telah memberikan perhatian untuk meninjau pengaruh gempa pada momen dan geser seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Peningkatan momen dan geser dari beberapa peneliti

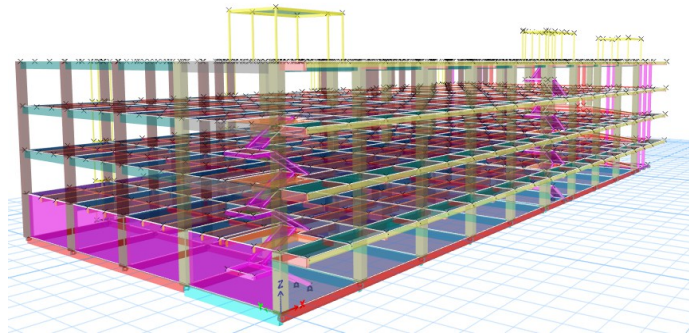
Peneliti	Jumlah lantai dan metode		Balok	Kolom
Alvino Wafi (Wafi, 2021)	7 Lantai, metode statik ekuivalen	Mu Vu	108-1158% 905-2334%	412-1984 630-1111%
Farhan Nurrohmat, (Nurrohmat, 2020)	5 Lantai, metode statik ekuivalen	Tul. Lentur	25-28%	20%
Kamila Shaomi, (Nazila, 2019)	10 Lantai, berbagai zona gempa di Indonesia	Mu Vu	220% 100%	380% 170%
Hakas Prayuda, (Prayuda et al., 2020)	12 Lantai, dengan dinding geser	Tul. Lentur	25-75%	25-50%
Yaseer Alashker, (Alashker et al., 2019)	5 Lantai, Saudi Arabia	Mu dan Vu	-	>1000%
Nadya Safira, (Safira, 2018)	3 Lantai, metode statik ekuivalen	Tul. Lentur	283%	815%
Ida Bagus, (Giri, 2018)	7 Lantai, perbandingan perilaku struktur bangunan tanpa dan dengan dinding geser beton bertulang	Mu	Penurunan momen 10-45%	Penurunan momen 34-521%
		Vu	Penurunan gaya geser 6-28%	Penurunan gaya geser 25-105%
Ali Kifah, (Kadhum & Razzaq, 2018)	20 Lantai, Irak, dengan dinding geser	Tul. Lentur	38-96%	298-425%
		Tul. Geser	363-612%	11-101%

Kecuali penelitian (Giri, 2018); hasil penelitian semua peneliti menunjukkan peningkatan momen, geser dan luasan tulangan (Tabel 2). Penelitian (Giri, 2018) memakai dinding geser.

2. MATERIAL DAN METODE

Penelitian ini memakai studi kasus Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek yang terletak di Jl. Dr. Rivai No.6, Penengahan, Kecamatan Tanjung Karang Pusat Bandar Lampung. Gedung ini memiliki 5 lantai dengan tambahan lantai 5' pada ba-

gian ujung atap (Gambar 1). Struktur dianggap beraturan sehingga dapat menggunakan metode statik ekuivalen dalam perhitungannya. Metode ini berdasarkan SNI-1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a). Gedung memakai dinding geser pada salah satu sudut bangunan pada lantai 1 dan 2. Jenis tanah diasumsikan tanah sedang.



Gambar 2. Pemodelan gedung

Kombinasi pembebanan yang berdasarkan Tabel 5.3.1. SNI 2847, 2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019b). Untuk kondisi tanpa gempa dipakai Persamaan 1 dan 2, dan untuk dengan gempa dipakai Persamaan 1, 2, 5 dan 6.

$$U = 1.4D \quad (1)$$

$$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ atau } R) \quad (2)$$

$$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ atau } R) + (1.0L \text{ atau } 0.5W) \quad (3)$$

$$U = 1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ atau } R) \quad (4)$$

$$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L \quad (5)$$

$$U = 0.9D + 1.0E \quad (6)$$

$$U = 0.9D + 1.0W \quad (7)$$

Analisis pemodelan struktur menggunakan aplikasi penunjang SAP 2000 dan ETABS. Momen dan geser pada balok dan kolom tanpa beban gempa dibandingkan dengan saat terjadi gempa. Pengaruh gempa pada bangunan diperoleh dengan mengolah data momen dan geser pada semua balok dan kolom menggunakan kriteria Dixon berdasarkan (ASTM E178, 2002). Hasil penelitian dibandingkan dengan Penelitian (Prayuda et al., 2020), 12 lantai dengan memakai dinding geser menerus dari lantai 1 – 12 pada bagian tengah bangunan.

3. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

3.1.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini adalah momen kolom mengalami kenaikan 222.5%, gaya geser 242.25% saat menahan gempa. Kenaikan momen dan geser kolom di dekat ram berturut-turut mencapai 1153% dan 780%. Hasil penelitian (Prayuda et al., 2020) menunjukkan kenaikan momen dan geser balok berturut-turut 42.46% dan 77.2%. Pada bangunan dengan dinding geser tidak simetri terjadi peningkatan momen dan geser berturut-turut 5 kali dan 3 kali lebih besar daripada bangunan dengan dinding geser di tengah. Simpangan antar lantai arah x di bawah simpangan izin kecuali kolom 5' yaitu kolom pada bangunan tambahan; sedangkan simpangan arah y untuk lantai 2, 3, 5 dan 5' melebihi simpangan izin. Simpangan yang sangat besar terjadi pada bangunan tambahan

baik arah x maupun y. Simpangan pada lantai yang tidak terdapat dinding geser pada arah y, lebih besar dari simpangan izin.

3.1.2 . Hasil Pengolahan

Hasil pengolahan untuk kolom disajikan pada Tabel 3 dan 4 dan balok Tabel 5 dan 6.

Tabel 3. Pengolahan data momen kolom dengan kriteria dixon.

Jenis kolom	Tanpa beban gempa (kNm)	Dengan beban gempa (kNm)	Kenaikan, %	Urut, %	Keterangan	5% sig level : 0,642
K1	473,1036	1199,9903	153	90	Terkecil dicurigai	0,071 <0,642
K2	209,546	769,595	267	153	Terbesar dicurigai	0,739 >0,642
K3	61,6021	766,2456	1153	267	Terbesar ditolak	
K4	66,570	308,1613	367	367	Pengolahan 4 data	
KP	7,812	14,866	90	1153	Terkecil dicurigai	0,274 <0,642
					Terbesar dicurigai	0,361 <0,642
					Keempat data diterima	
			rata-rata	222,5		

Tabel 4. Pengolahan data gaya geser kolom dengan kriteria dixon.

Jenis kolom	Tanpa beban gempa (kN)	Dengan beban gempa (kN)	Kenaikan, %	Urut, %	Keterangan	5% sig level : 0,642
K1	252,576	570,94	126	126	Terkecil dicurigai	0,119 <0,642
K2	111,95	442,529	295	204	Terbesar dicurigai	0,667 >0,642
K3	50,8121	447,179	780	295	Terbesar ditolak	
K4	58,5156	260,367	344	344	Pengolahan 4 data	
KP	3,977	12,1529	204	780	Terkecil dicurigai	0,358 <0,642
					Terbesar dicurigai	0,225 <0,642
					Keempat data diterima	
			rata-rata	242,25		

Kenaikan momen dan geser terbesar terjadi pada kolom K3 yang terletak di daerah tangga ramp (Tabel 3 dan 4).

Tabel 5. Pengolahan data momen balok dengan kriteria dixon.

Jenis balok	Momen	Tanpa beban gempa (kNm)	Dengan beban gempa (kNm)	Kenaikan, %	Urut, %	Keterangan	5% sig level : 0,521
B1	Mu-	579,03	843,617	45	24	Terkecil	
	Mu+	375,032	582,484	55	33	dicurigai	0,290 <0,521
B2	Mu-	479,662	598,237	24	34	Terbesar	
	Mu+	315,021	465,18	47	35	dicurigai	0,12 <0,521
B3	Mu-	212,696	290,643	36	36		
	Mu+	186,977	265,385	41	39		
B4	Mu-	158,96	222,508	39	41	Semua data diterima	
	Mu+	106,98	161,325	50	45		
B5	Mu-	10,555	16,679	58	47		
	Mu+	9,464	14,756	55	50		
BJ1	Mu-	51,27	69,634	35	55		
	Mu+	23,351	31,005	34	55		
BP1	Mu-	207,94	278,048	33	58		
			rata-rata		42,462		

Tabel 6. Pengolahan data gaya geser balok dengan kriteria dixon.

Jenis balok	Tanpa beban gempa (kN)	Dengan beban gempa (kN)	Kenaikan, %	Urut, %	Keterangan	5% sig level : 0,507
B1	377,14	645,118	71	55	Terkecil dicurigai	$0,06 < 0,507$
B2	320,49	523,3277	63	63	Terbesar dicurigai	$0,647 > 0,507$
B3	152,1625	281,1164	84	71	Terbesar ditolak	
B4	119,383	242,2902	102	84	6 data	
B5	12,5612	36,2723	188	88	Terkecil dicurigai	$0,17 < 0,560$
BJ1	38,3688	59,7483	55	102	Terbesar dicurigai	$0,298 < 0,560$
BP1	123,1413	232,2695	88	188		
		rata-rata		77,167		

Kenaikan momen dan geser pada balok tidak sebesar pada kolom, dan tidak ada kenaikan yang menonjol seperti pada kolom (Tabel 5 dan 6).

3.1.3 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai (δ_x) didapat dari *output* dari ETABS, nilai $C_d = 5.5$ dan $I_e = 1.5$ diperoleh dari SNI 1726, 2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a). Perhitungan simpangan antar lantai arah x dan y dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Perhitungan Nilai δ arah x

Lantai	δ_x (mm)	δ_x (mm)	Δx (mm)	h_{sx} (mm)	Δa (mm)	$\Delta x \leq \Delta a$
5'	108,778	398,8527	280,852	3500	35	Not Ok
5	32,182	118,0007	33,121	4200	42	Ok
4	22,949	84,146	41,88	4200	42	Ok
3	11,536	42,29867	36,08733	4200	42	Ok
2	1,694	6,211333	6,211333	4200	42	Ok
1	0	0	0	4200	42	Ok

Tabel 8. Perhitungan Nilai δ arah y

Lantai	δ_y (mm)	δ_y (mm)	Δy (mm)	h_{sy} (mm)	Δa (mm)	$\Delta y \leq \Delta a$
5'	119,173	436,9677	285,824	3500	35	Not Ok
5	41,221	151,1437	41,382	4200	42	Ok
4	29,935	109,7617	50,33967	4200	42	Not Ok
3	16,206	59,422	43,93033	4200	42	Not Ok
2	4,225	15,49167	15,49167	4200	42	Ok
1	0	0	0	4200	42	Ok

Hanya lantai 5' yang tidak aman simpangan antar lantainya untuk arah x (Tabel 7). Sedangkan pada arah y, lantai 3, 4 dan 5' menunjukkan simpangan antar lantai melebihi simpangan izin (Tabel 8).

3.2.1 Diskusi

Ketahanan terhadap gempa dapat diketahui dari daktilitas struktur. Struktur rangka dapat dengan mudah dibuat ulet dengan merinci tulangan dengan benar di posisi yang tepat dan detil. Karena penelitian ini memakai dinding geser, maka pembahasan ditekankan pada dinding geser.

Bila ketinggian bangunan melampaui batas tertentu, struktur berbingkai kolom menjadi semakin besar sehingga tidak lagi layak secara praktis dalam suatu struktur. Dalam hal ini dinding geser berperan. Dinding geser memberikan kekakuan yang cukup pada rangka bangunan yang menahan beban melalui pembengkokan bidang (Baiq, 2020). Posisi dinding geser di satu ujung pada penelitian ini serta dengan penelitian (Prayuda et al., 2020) yang memasang dinding geser pada bagian tengah masa bangunan membuat pembengkokan bidang berbeda, dan menghasilkan peningkatan gaya dalam yang berbeda. Peningkatan momen dan geser penelitian ini berturut-turut 5.2 kali dan 3.1 kali peningkatan momen dan gaya geser pada penelitian Prayuda. Pemasangan dinding geser pada satu ujung menyebabkan deformasi menjadi tidak simetris.

Dinding geser secara inheren membuat struktur lebih kaku. Jadi, harus ada keseimbangan antara jumlah dinding geser dan elemen rangka yang ada dalam struktur untuk desain yang aman dan ekonomis dari struktur bertingkat (Baiq, 2020).

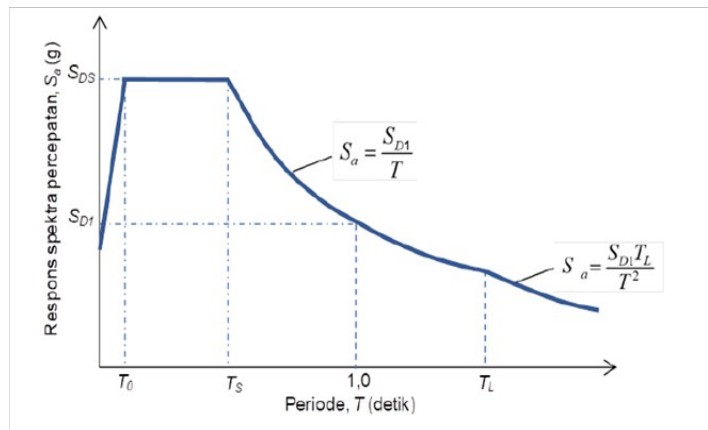
Deskripsi yang tepat dari sistem dinding geser beton bertulang (RCSW) di bawah beban dinamis yang parah tetap menjadi pertanyaan. Penelitian untuk menjawab hal tersebut cukup sulit karena mekanisme yang mendasarinya adalah multi-skala intrinsik, mulai dari ketidakaturan bangunan hingga dinding inti individu, dan bahkan hingga skala milimeter geser nonlinier, retakan dan tekuk kolom yang progresif (Tong, 2018).

Dinding geser membawa beban seismik dan angin dengan menggabungkan aksi-geser-lentur aksial dan menarik sebagian besar beban lateral yang pada gilirannya menyebabkan pengurangan momen dan tuntutan geser dari berbagai elemen struktur. Penempatan dinding geser yang tidak tepat menimbulkan eksentrisitas pada bangunan yang merupakan penyebab utama terjadinya sistem puntir (Tajzadah, 2019).

Tingkat kinerja berkaitan dengan situasi kerusakan yang dapat terjadi pada struktur setelah gempa. Dalam desain struktur berbasis kinerja, diperkirakan bahwa lebih dari satu tingkat kerusakan dapat muncul di bawah satu efek gempa (Çavdar et al., 2018). Hal ini terjadi pada penelitian ini dimana simpangan lantai 3, 4 dan 5 pada arah y melebihi simpangan izin; sedangkan pada arah x hanya kolom 5' yang merupakan bangunan anak di bagian ujung (Gambar 1) yang melebihi simpangan izin. Hasil ini menunjukkan bangunan tambahan dapat runtuh karena deformasi yang sangat besar. Lantai 1 dan 2 terdapat dinding geser, dan simpangan yang terjadi cukup aman. Hal ini disebabkan dinding geser diletakkan di salah satu ujung pada lantai 1 dan 2. Lantai 1 dan 2 pada arah y menunjukkan angka yang aman. Dengan demikian dapat disarankan agar dinding geser dipasang menerus dari lantai 1 hingga 5.

3.2.2 Analisis Beban Seismik

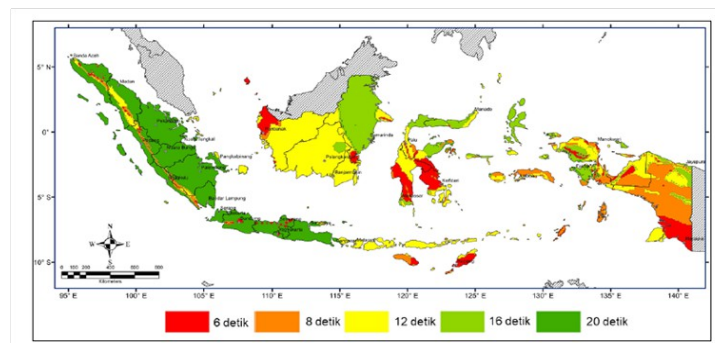
Berdasarkan SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a) analisis beban seismik adalah menentukan: kategori risiko bangunan, faktor keutamaan gempa (I_e), parameter percepatan gempa yang terjadi di dalam tanah yaitu S_s dan S_1 , kelas situs, koefisien situs dan parameter percepatan respon spektra (Gambar 1), parameter percepatan respon desain, kategori desain seismik. Respon Spektral Desain dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Respon Spektra Desain

Sumber : SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a)

T_L (*long-period transition*) adalah periode transisi yang merupakan awal penyambungan dari kurva respon spektrum periode panjang ke kurva respon. T_L wilayah Indonesia dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Transisi Periode Panjang (T_L) Wilayah Indonesia

Sumber : SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a)

3.2.3 Perbandingan dengan Penelitian Hakas (2019)

Penempatan dinding geser pada inti struktur secara simetris memberikan kinerja terbaik untuk mereduksi *displacement* dan *story-drift*. Dinding geser tersebut mengurangi perpindahan hingga 61,16% (X-dir) dan 70,60% (Y-dir). Penempatan dinding geser di pinggir secara simetris akan mengurangi perpindahan hingga 53,85% (X-dir) dan 47,87% (Y-dir) sedangkan penempatan dinding geser di pinggir secara asimetris mengurangi perpindahan hingga 59,42% (X-dir) dan 66,99% (Y-dir) (Tarigan et al., 2018). Pengurangan perpindahan pada dinding geser di pinggir asimetris ternyata lebih besar dari pada simetris namun bentuk asimetris dapat menyebabkan puntir. Penelitian (Prayuda et al., 2020) menunjukkan peningkatan momen dan geser yang relatif kecil. Hal ini disebabkan dinding geser diletakkan di bagian tengah dan menerus dari lantai 1 hingga lantai 12.

Dengan demikian hasil penelitian (Prayuda et al., 2020) sesuai dengan penelitian (Tarigan et al., 2018).

Pada dasarnya waktu, arah dan besar gempa belum dapat diprediksi hingga saat ini, sehingga pemilihan posisi dinding geser di salah satu ujung mengandung resiko yang harus diperhatikan. Provinsi Lampung termasuk daerah transisi periode panjang 20 detik (Gambar 3). Hal ini perlu dipertimbangkan dalam penempatan dinding geser agar bangunan tahan terhadap gempa. Bangunan tahan gempa memiliki Filosofi sebagai berikut (Pawirodikromo, 2012) :

1. Ketika menahan gempa kecil, bagian struktur utama bangunan tetap berfungsi dengan baik dan tidak mengalami kerusakan. Pada bagian non struktur, jika terdapat kerusakan kecil masih dapat ditoleransikan.
2. Ketika terjadi gempa menengah, bagian struktur utama mengalami kerusakan/ retak ringan dan harus dapat diperbaiki. Pada bagian non struktur, jika terdapat kerusakan maka harus diganti yang baru.
3. Ketika terjadi gempa kuat, bangunan mengalami kerusakan berat namun tidak boleh runtuh total (*totally collapse*).

3.3. Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem penahan gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan. Sistem penahan gaya gempa terdiri dari koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih sistem (Ω_0) dan faktor pembesaran defleksi (C_d). Sistem pemikul gaya seismik ditentukan berdasarkan Tabel 12 SNI 1726, 2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a). Kekakuan struktur dapat diukur dari besarnya simpangan antar lantai (*drift* bangunan), semakin kecil simpangan struktur maka bangunan tersebut akan semakin kaku. Simpangan antar lantai (Δ_x atau δ_x) harus kurang dari simpangan ijin (Δ_a). Nilai Δ_a dihitung berdasarkan Tabel 20 SNI 1726, 2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a). Simpangan antar lantai (δ_x) adalah rasio perpindahan elastic akibat gaya gempa desain (δ_{xe}) dikalikan factor pembesaran defleksi (C_d) terhadap factor keutamaan gempa (I_e).

Kategori risiko bangunan untuk bangunan rumah sakit berada di kategori IV sehingga didapat factor keutamaan gempa (I_e) 1.50. Percepatan batuan dasar periode pendek 0.2 detik $S_s = 0.8726$, percepatan batuan dasar periode pendek 1 detik $S_1 = 0.4317$, $F_a = 1.1509$, $F_v = 1.8683$, $S_{MS} = 1.0044$, $S_{M1} = 0.8066$, $S_{DS} = 0.6695$, $S_{D1} = 0.5377$

Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek dan pada periode 1 detik masuk pada kategori D. Dari SNI 1726, 2019 diperoleh nilai $R = 7$, $\Omega_0 = 2.5$, $C_d = 5.5$. Nilai parameter kegempaan untuk metode statik ekuivalen adalah: periode bangunan (T) = 0.9801 detik, gaya geser dasar (V) = 14306.0794 kN

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini adalah momen kolom mengalami kenaikan 222.5%, gaya geser 242.25% saat menahan gempa. Kenaikan momen dan geser kolom di dekat ram berturut-turut mencapai 1153% dan 780%. Penelitian ini dibandingkan dengan hasil penelitian Hakas, 2019 yang meneliti pengaruh gempa pada Gedung 12 lantai dengan dinding geser terletak di tengah bangunan dan terpasang dari lantai 1 s.d 12. Hasil penelitian (Badan Standardisasi Nasional, 2019a), menunjukkan kenaikan momen dan geser balok berturut-turut 42.46% dan 77.2%. Pada bangunan ini dimana dinding geser tidak simetri terjadi peningkatan momen dan geser berturut-turut 5 kali dan 3 kali lebih besar daripada penelitian (Prayuda et al., 2020).

Simpangan antar lantai arah x di bawah simpangan izin kecuali kolom 5' yaitu kolom pada bangunan tambahan; sedangkan simpangan arah y untuk lantai 2, 3, 5 dan 5' yaitu

lantai yang tidak memiliki dinding geser melebihi simpangan izin. Simpangan yang sangat besar terjadi pada bangunan tambahan baik arah x maupun y. Data penelitian kolom di daerah ram, tidak ikut diolah karena sangat besar. Kolom di daerah ram perlu diperhatikan dan diteliti lebih lanjut untuk penempatan dinding geser. Lantai yang tidak memiliki dinding geser menunjukkan simpangan antar lantai yang cukup besar melebihi simpangan izin. Perubahan simpangan yang besar antar lantai, dapat menyebabkan lantai tersebut terpotong bila terjadi gempa besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Alashker, Y., Elhady, K., & Ismaeil, M. (2019). Effect of Earthquake loads on School Buildings in the Kingdom of Saudi Arabia. *Civil Engineering Journal*, 5(1), 142.
- Annual Book of ASTM Standars. 2002. ASTM E 178 *Standard Practice for Dealing With Outlying Observations*, ASTM International, United States.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019a). *SNI-1726 2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019b). *SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta.
- BAIG, M. A., & Rashid, R. (2020). Effect of Shear Wall on Performance of Multistorey Building. *International Journal of Engineering Science Technologies*, 4(5), 26–39.
- Çavdar, Ö., Çavdar, A., & Bayraktar, E. (2018). *Earthquake Performance of Reinforced-Concrete Shear-Wall Structure Using Nonlinear Methods*. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 32(1), 1–12.
- E-ppid PUPR. <https://eppid.pu.go.id>. Diakses pada 23 Maret 2022.
- Giri, I. B. (2018). *Perbandingan Perilaku Struktur Bangunan Tanpa Dan Dengan Dinding Geser Beton Bertulang*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 22(2), 123–129.
- Jawid Ahmad Tajzadah, Proff. A. N. Desai, P. V. V. A. (2019). *Optimum location of a shear wall in a R.C building*. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*. 6(4), 131–136.
- Kadhun, A. K., & Abdul-Razzaq, K. S. (2018). *Effect of seismic load on steel frame multistorey building from economical point of view*. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 9(11), 588–598.
- Nazila, K. S. K. (2019). *Pembesaran Gaya Dalam dan Rasio Kekuatan Elemen Struktur Baja untuk Berbagai Koefisien Modifikasi Respon (R)*. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 5, 75–84.

- Nurrohmat, F. (2020). *Evaluasi Gedung Rumah Sakit terhadap Beban gempa dengan menggunakan metode statik ekuivalen*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Prayuda, H., Maulana, T. I., Riyandar, A. R., & Siswantoro, E. P. (2020). *Perancangan Struktur Bangunan 12 Lantai Menggunakan SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012*. Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, 18(2), 365–374.
- Safira, N. (2018). *Analisis Pengaruh Beban Gempa Pada Gedung Tiga Lantai Menggunakan Metode Statik Ekuivalen*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Tarigan, J., Manggala, J., & Sitorus, T. (2018). *The effect of shear wall location in resisting earthquake*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1–6.
- Tong, T. (2018). Multiscale investigations into reinforced concrete shear wall buildings. In *Iowa State University*. Thesis. Iowa State University.
- Wafi, A. (2021). *Analisis Pengaruh Beban Gempa pada Gedung Tujuh Lantai Menggunakan Metode Statik Ekuivalen (Studi Kasus : Rumah Sakit Ibu dan Anak Hermina Lampung)*. Jurnal Rekayasa dan Desain (JRSDD), 9(2), 377-386.

