

DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG KELAS & LAB PUPR SEMARANG MENGGUNAKAN *PERFORMANCE BASED DESIGN*

Akhmad Khairil^{1*}, Wahiddin², Anisah Nur Fajarwati³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil. Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil. Politeknik Negeri Malang³
akhmadkhairil03@gmail.com^{*1}, wahiddin@polinema.ac.id², anisa.nur.fajarwati@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Struktur Gedung Kelas & Lab PUPR Semarang merupakan sebuah struktur yang memiliki level kinerja struktur *life safety* pada gempa Kobe BSE-1E dan BSE-2E. Berdasarkan hasil kinerja level struktur tersebut, tidak sesuai dengan ASCE 41-17. Oleh sebab itu maka akan didesain ulang struktur Gedung Kelas & Lab PUPR Semarang. Metode desain berbasis kinerja merupakan analisis yang dapat memastikan bahwa struktur mampu memenuhi kapasitas layan, kapasitas ultimit, serta memenuhi tingkat kinerja struktur yang sudah direncanakan. Hasil analisis tersebut didapatkan dimensi balok B1 500×1000 mm, balok B2 500×950 mm, balok B3 450×900 mm, balok B4 500×900 mm, balok B5 250×450 mm, balok B6 200×400 mm, balok BA1 300×600 mm, balok BA2 250×500 mm, balok BK 1 200×400 mm, balok BK 2 200×400 mm, kolom K1 1000×1000 mm, kolom K2 900×900 mm, kolom K3 700×700 mm, kolom K4 300×300 mm, kolom K5 400×400 mm, *shear wall* SW1 350 mm, pelat SA 120 mm. Dengan menggunakan dimensi serta tulangan yang sudah didesain, didapatkan level kinerja struktur Gedung Kelas & Laboratorium Semarang pada gempa Kobe BSE-1N berada pada kondisi *immediate occupancy* dengan nilai *drift ratio* 0,00704 dan untuk BSE-2N berada pada kondisi *life safety* dengan nilai *drift ratio* 0,01056, pada gempa Loma Prieta BSE-1N berada pada kondisi *immediate occupancy* dengan nilai *drift ratio* 0,00688 dan untuk BSE-2N berada pada kondisi *life safety* dengan nilai *drift ratio* 0,01032, dan pada gempa Parkfield BSE-1N berada pada kondisi *immediate occupancy* dengan nilai *drift ratio* 0,00629 dan untuk BSE-2N berada pada kondisi *immediate occupancy* dengan nilai *drift ratio* 0,00943. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa struktur sudah memenuhi syarat.

Kata kunci : desain ulang, metode desain berbasis kinerja, ASCE 41-17

ABSTRACT

The structure of Classroom & Laboratories PUPR Semarang Building is a structure that has a life safety structure performance level for Kobe BSE-1E and BSE-2E earthquakes. Based on the performance level of the structure, it does not comply with ASCE 41-17. Therefore, the structure of Classroom & Laboratories PUPR Semarang Building will be redesigned. A performance-based design method is an analysis that can ensure the structure meets the ultimate service capacity and achieves the designed structural performance level. The analysis results indicate the dimensions of beam B1 is 500×1000 mm, beam B2 is 500×950 mm, beam B3 is 450×900, beam B4 is 500×900 mm, beam B5 is 250×450 mm, beam B6 is 200×400 mm, beam BA1 is 300×600 mm, beam BA2 is 250×500 mm, beam BK1 is 200×400 mm, beam BK2 is 200×400 mm, column K1 is 1000×1000 mm, column K2 is 900×900 mm, column K3 is 700×700 mm, column K4 is 300×300 mm, column K5 is 400×400 mm, shear wall SW1 is 350 mm, slab SA is 120 mm. By using the designed dimensions and reinforcements, the structural performance level of the Classrooms & Laboratories PUPR Semarang for the Kobe BSE-1N earthquake is in Immediate Occupancy condition with a drift ratio value of 0.00704, and for BSE-2N, it is in Life Safety condition with a drift ratio value of 0.01056. For the Loma Prieta BSE-1N earthquake, the structure is in Immediate Occupancy condition with a drift ratio value of 0.00688, and for BSE-2N, it is in Life Safety condition with a drift ratio value of 0.01032. For the Parkfield BSE-1N earthquake, the structure is in Immediate Occupancy condition with a drift ratio value of 0.00629, and for BSE-2N, it is in Immediate Occupancy condition with a drift ratio value of 0.00943. From these results, it can be concluded that the structure meets the required criteria.

Keywords : redesign, performance-based design, ASCE 41-17

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berada di pertemuan tiga lempeng tektonik besar, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Hal tersebut menyebabkan sangat rawan terhadap bencana khususnya gempa bumi. Meskipun teknologi sekarang sudah maju, akan tetapi masih belum ada teknologi yang mampu memprediksi waktu, tempat, dan intensitas gempa. Apabila terjadi gempa di suatu daerah maka akan dapat menimbulkan berbagai masalah kompleks, seperti kerusakan bangunan, penghentian kegiatan sementara, serta korban jiwa. Oleh sebab itu perlu dilakukan tindakan pencegahan dengan cara mendesain struktur bangunan tahan gempa sehingga kerusakan akibat gempa dapat diminimalisir.

Dalam membuat desain struktur bangunan tahan gempa terdapat beberapa konsep desain, yaitu metode desain layan, metode desain ultimit (*forced based design*), dan metode desain berbasis kinerja (*performance based design*). Saat ini peraturan yang berlaku di Indonesia masih menggunakan metode desain ultimit (*forced based design*). Metode ini hanya memastikan bahwa tidak akan terjadi keruntuhan total (*collapse*) struktur karena sudah ada faktor keamanan. Faktor keamanan yang didesain harus sama atau lebih dari beban yang diperbesar, serta tidak dapat memastikan apakah kinerja struktur yang direncanakan sudah tercapai atau belum [1]. Dalam metode desain berbasis kinerja dapat memastikan bahwa struktur mampu memenuhi kapasitas layan, kapasitas ultimit, serta memenuhi tingkat kinerja struktur yang sudah direncanakan.

Dengan berbagai kelebihan dalam penggunaan metode kinerja (*performance based design*) maka, pada skripsi ini akan didesain ulang struktur Gedung Kelas & Lab PUPR Semarang menggunakan metode desain berbasis kinerja dengan target kinerja strukturnya berada pada level kinerja *Immediate Occupancy* untuk gempa 225 tahun (BSE-1E) dan *Life Safety* pada gempa 975 tahun (BSE-2E). Gedung ini menggunakan sistem ganda dan memiliki ketinggian 29,75 m, serta terdapat 7 lantai yang berfungsi sebagai gedung sekolah dan fasilitas pendidikan.

2. METODE

Pada skripsi ini akan dilakukan desain ulang dengan pengolahan data sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan semua data yang diperlukan seperti gambar arsitektur, gambar struktur, data tanah, mutu bahan, peraturan dan buku atau jurnal yang relevan.
- b. Memodelkan struktur menggunakan aplikasi alat bantu. Mulai dari mendefinisikan material, memasukkan dimensi awal atau *preliminary design*, serta membuat model struktur sesuai perencanaan.

- c. Memasukkan beban dan kombinasi beban, yang meliputi beban mati (DL), beban mati tambahan (SDEAD), beban hidup (LL), beban hidup atap (R), beban air hujan (Lr), beban angin (Wl) dan beban gempa (Eq).
- d. Mengecek apakah pemodelan sudah sesuai apa belum. Pengecekan tersebut didasarkan pada SNI 1726:2019 mulai dari ketidakberaturan horizontal, ketidakberaturan vertikal, pengecekan sistem ganda, pengecekan bentuk dan jumlah ragam, simpangan antar tingkat dan pengaruh P-Delta.
- e. Menganalisis gaya dalam dari hasil aplikasi alat bantu yang di mana akan digunakan untuk menghitung jumlah tulangan yang dibutuhkan untuk setiap elemen struktur.
- f. Setelah mengetahui jumlah tulangan yang dibutuhkan setiap elemen struktur selanjutnya dilakukan analisis *nonlinear time history* menggunakan aplikasi bantu dengan memasukkan data tulangan yang sudah dihitung sebelumnya.
- g. Menghitung level kinerja struktur berdasarkan grafik yang diperoleh dari *nonlinear time history*.
- b. Apabila level kinerja struktur sudah memenuhi level kinerja rencana selanjutnya dilakukan penggambaran hasil desain menggunakan metode berbasis kinerja.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Preliminary Design

- Balok B1 = 300×600 mm
- Balok B2 = 350×700 mm
- Balok BA1 = 200×400 mm
- Balok BA2 = 250×500 mm
- Balok BK = 100×200 mm
- Pelat SA = 120 mm
- Kolom K1 = 700×700 mm
- Shear Wall = 350 mm

Pembebanan

Beban Mati

Tabel 1 Beban Mati Area

Jenis Beban Mati	Komponen Gedung	Berat Jenis (kN/m ²)	Beban Mati (kN/m ²)
Beban Lantai	Ceramic tile 19 mm on 13 mm mortar	0,77	1,24
	Suspended steel channel system	0,1	
	Bagian penting dan saluran elektrik	0,05	
Beban Atap	Saluran mekanikal	0,2	0,54
	Gypsum board 12 mm	0,12	
	Bituminous, smooth surface	0,07	
	Suspended steel channel system	0,1	

Jenis Beban Mati	Komponen Gedung	Berat Jenis (kN/m ²)	Beban Mati (kN/m ²)	Referensi	Izin Reduksi	Beban Hidup (kN/m ²)	Hasil Reduksi (kN/m ²)
	Bagian penting dan saluran elektrikal	0,05		Jalur Penyelamatan Saat Kebakaran	Iya	4,79	3,64
	Saluran mekanikal	0,2		Laboratories, Scientific	Iya	4,79	3,64
	Gypsum board 12 mm	0,12		Ruang Makan dan Restoran	Iya	4,79	3,64
Beban Lantai (Mortar)	13 mm mortar	0,27	0,27	Sekolah: Koridor di atas lantai pertama	Iya	3,83	2,91
Beban Lantai (Mortar dan keramik)	Ceramic tile 19 mm on 13 mm mortar	0,77	0,77	Sekolah: Ruang kelas	Iya	1,92	1,46

Tabel 2 Beban Mati (Garis)

Jenis Beban Mati	Komponen Gedung	Tinggi (m)	Beban Mati (kN/m)
Beban Dinding ½ Bata	Clay brick wythes: 150 mm	5,4	13,50
		4,2	10,50
		3,95	9,88
		1,2	3,00
Beban Dinding Partisi	Wood or steel stud, 13 mm gypsum board each side	5,4	2,05
		4,2	1,60
		3,95	1,50
Beban Dinding Curtain Wall	Window, glass, frame, and sash	5,4	2,05
		4,2	1,60
		3,95	1,50

Beban Hidup & Hidup Reduksi

Tabel 3 Beban Hidup dan Beban Hidup Reduksi

Referensi	Izin Reduksi	Beban Hidup (kN/m ²)	Hasil Reduksi (kN/m ²)
Atap: Atap Datar, berbubung, dan lengkung	Iya	0,96	0,73
Atap: Atap Vegetatif dan atau Lanskap - Bukan untuk Hunian	Iya	0,96	0,73
Balkon dan Dek	Iya	2,88	2,19
Dressing Rooms	Iya	1,92	1,46
Elevator Machine Room	Tidak	7,18	7,18
Gudang	Tidak	11,97	11,97
Penyimpanan dan Pekerja: Berat Gudang	Tidak	11,97	11,97
Penyimpanan dan Pekerja: Ringan	Tidak	6	6,00

				Sistem Lantai Akses: Ruang Kantor	Iya	2,4	1,83
				Sistem Lantai Akses: Ruang komputer	Iya	4,79	3,64
				Toilet Rooms	Iya	2,87	2,18

Beban Air Hujan

$$d_s = \text{asumsi kedalaman air (30 mm)}$$

$$d_h = \text{asumsi tambahan kedalaman air (30 mm)}$$

$$R = 0,0098 (d_s + d_h)$$

$$= 0,0098 (30 + 30)$$

$$= 0,588 \text{ kN/m}^2$$

Beban Gempa

- Kategori risiko bangunan gedung : IV (Sekolah)
- Faktor keutamaan gempa (I_e) : 1,5
- Kelas situs : SE (tanah lunak)
- Percepatan desain periode pendek : 0,911
- Percepatan desain periode 1 detik : 0,391
- Kategori desain seismik : D (SRPMK)
- Modifikasi respons : 7
- Faktor kuat lebih : 2,5
- Faktor pembesaran defleksi : 5,5

Gaya geser analisis *static equivalent* sebesar 35028,98 kN (arah x) dan 35028,98 kN (arah y). Gaya geser analisis *response spectrum* sebesar 22348,54 kN (arah x) dan 24719,05 kN (arah y). dikarenakan nilai dari analisis *static equivalent* lebih kecil dari analisis *static equivalent* maka harus dilakukan penyesuaian skala berikut perhitungannya:

$$R_s \text{ arah } x = \frac{g \times I_e}{R} \times \left(\frac{V}{V_t} \right)$$

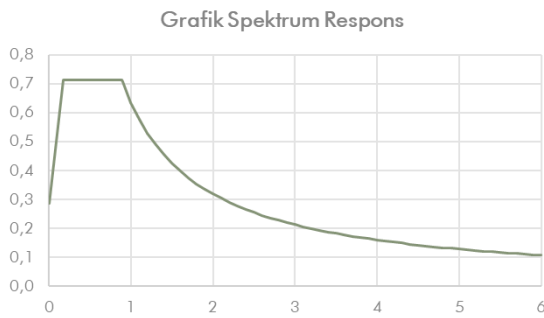
$$= \frac{9,807 \times 1,5}{7} \times \left(\frac{35028,98}{22348,54} \right)$$

$$= 3293,79 \text{ mm/s}^2$$

$$R_s \text{ arah } y = \frac{g \times I_e}{R} \times \left(\frac{V}{V_t} \right)$$

$$= \frac{9,807 \times 1,5}{7} \times \left(\frac{35028,98}{24719,05} \right)$$

$$= 2977,92 \text{ mm/s}^2$$



Gambar 1 Grafik respons Spektrum

Pengecekan Struktur

Evaluasi Simpangan Antar Tingkat

- B1 = 500×1000 mm
- B2 = 500×950 mm
- B3 = 450×900 mm
- B4 = 500×900 mm
- B5 = 250×450 mm
- B6 = 200×400 mm
- BA1 = 300×600 mm
- BA2 = 250×500 mm
- BK1 = 200×400 mm
- BK2 = 150×300 mm
- K1 = 1000×1000 mm
- K2 = 900×900 mm
- K3 = 700×700 mm
- K4 = 300×300 mm
- K5 = 400×400 mm
- SW1 = 350 mm
- SA = 120 mm

Tabel 4 Simpangan Antar Tingkat Arah x

Lantai	Tinggi (mm)	Simpangan Antar Tingkat δ_x	Selisih Simpangan Δ_i
Lantai 8 (Atap)	3950	418,117	62,407
Lantai 7 (Dak)	4200	355,711	67,412
Lantai 6	4200	288,299	73,997
Lantai 5	4200	214,302	72,259
Lantai 4	4200	142,043	66,253
Lantai 3	5400	75,790	59,723
Lantai 2	3600	16,067	16,067
Lantai 1	0	0,000	0,000

Tabel 5 Simpangan Antar Tingkat Arah y

Lantai	Tinggi (mm)	Simpangan Antar Tingkat δ_y	Selisih Simpangan Δ_i
Lantai 8 (Atap)	3950	359,531	54,479
Lantai 7 (Dak)	4200	305,052	59,418

Lantai	Tinggi (mm)	Simpangan Antar Tingkat δ_y	Selisih Simpangan Δ_i
Lantai 6	4200	245,634	61,453
Lantai 5	4200	184,180	60,551
Lantai 4	4200	123,629	55,308
Lantai 3	5400	68,321	52,965
Lantai 2	3600	15,356	15,356
Lantai 1	0	0,000	0,000

Analisis Pengaruh P-Delta

Tabel 6 P-Delta Arah x

Lantai	Tinggi (mm)	Koefisien Stabilitas θ
Lantai 8	3950	0,0041
Lantai 7	4200	0,0107
Lantai 6	4200	0,0147
Lantai 5	4200	0,0181
Lantai 4	4200	0,0205
Lantai 3	5400	0,0193
Lantai 2	3600	0,0098
Lantai 1	0	0,0000

Tabel 7 P-Delta Arah y

Lantai	Tinggi (mm)	Koefisien Stabilitas θ
Lantai 8	3950	0,0034
Lantai 7	4200	0,0094
Lantai 6	4200	0,0130
Lantai 5	4200	0,0158
Lantai 4	4200	0,0179
Lantai 3	5400	0,0169
Lantai 2	3600	0,0089
Lantai 1	0	0,0000

Kontrol Sistem Ganda

Tabel 8 Total Gaya Geser pada Rangka dan Shear Wall

Rangka dan Shear wall		Shear wall	
F_x	F_y	F_x	F_y
31428,082	33539,722	17835,920	19985,348
kN	kN	kN	kN

Tabel 9 Persentase Gaya Geser yang diterima oleh Rangka dan Shear Wall

Rangka		Shear wall	
F_x	F_y	F_x	F_y
43,25%	40,41%	56,75%	59,59%

Evaluasi Jumlah Ragam

Case	Mode	Period (sec)	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
Modal	57	0.103	0.057	3.772E-06	0	0.0601	0.0612	0	7.581E-06	0.1158	0.0072
Modal	58	0.102	4.303E-06	0.0602	0	0.0601	0.0213	0	8.754E-06	0	0
Modal	59	0.095	0.0074	0	0	0.0165	0.0213	0	0.0001	0.0001	0.0004
Modal	60	0.091	0.0003	0	0	0.0157	0.0213	0	0.0006	0.0001	0.001
Modal	61	0.081	0	0.0004	0	0.0157	0.0218	0	0.0012	0	0
Modal	62	0.085	1.004E-06	0.0302	0	0.0158	0.06	0	0.0017	0.007E-06	0
Modal	63	0.084	0.0023	0	0	0.0162	0.06	0	0	0.0001	0.0016
Modal	64	0.084	0.0481	0	0	0.0664	0.06	0	0.0027	0.116	0.0027
Modal	65	0.084	1.032E-05	0.0144	0	0.0664	0.0743	0	0.0059	2.486E-05	0
Modal	66	0.053	0.007	1.222E-06	0	0.0174	0.0743	0	0.0066	0.0173	0.0007
Modal	67	0.052	1.154E-05	0.0016	0	0.0174	0.0768	0	0.004	2.564E-05	0.0001
Modal	68	0.052	0.0007	2.058E-05	0	0.0141	0.0768	0	0.0001	0.0016	0.0042
Modal	69	0.05	0.0022	0	0	0.0463	0.0768	0	0.0006	0.0001	0.0041
Modal	70	0.05	0.0018	0.0214	0	0.0463	0.0768	0	0.0042	1.002E-06	1.504E-06

Gambar 2 Jumlah Ragam Kondisi Baru Gedung

Analisis Ketidakberaturan Horizontal dan Vertikal

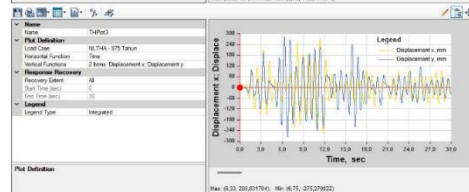
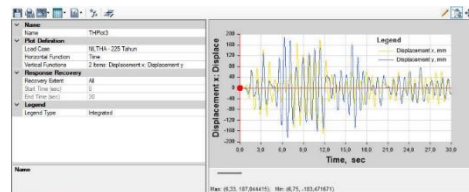
Dari analisis ketidakberaturan horizontal dan vertikal, dapat diketahui bahwa Struktur Gedung Kelas & Lab PUPR Semarang termasuk ke dalam ketidakberaturan vertikal 2. apabila termasuk ketidakberaturan vertikal 2 maka syarat pada SNI 1726:2019 Tabel 16 harus terpenuhi. Pada persyaratan SNI 1726:2019 Tabel 16 prosedur analisis gempa yang diizinkan adalah analisis spektrum respons ragam atau prosedur respons riwayat waktu seismik, karena analisis gempa yang digunakan pada desain ulang struktur Gedung Kelas & Lab PUPR Semarang menggunakan analisis spektrum respons ragam maka persyaratan pada SNI 1726:2019 Tabel 16 sudah terpenuhi.

Evaluasi Kinerja Struktur

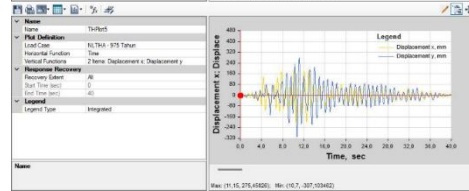
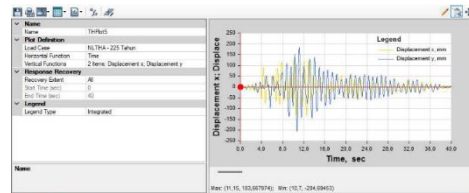
Berdasarkan ASCE 41-17 untuk gedung eksisting dengan kategori risiko IV, kinerja struktur gedung apabila terjadi gempa BSE-1N (Gempa 225 tahun) harus berada pada kondisi *immediate occupancy* di mana memiliki nilai *drift ratio* $\leq 0,01$, dan apabila terjadi gempa BSE-2N (Gempa 975 tahun) kinerja struktur gedung harus berada pada kondisi *life safety* di mana memiliki nilai *drift ratio* $\leq 0,02$. Berikut merupakan hasil kinerja struktur gedung Kelas & Lab PUPR Semarang:

Tabel 10 Rekapitulasi Kinerja Struktur Gedung Kelas & Lab PUPR Semarang

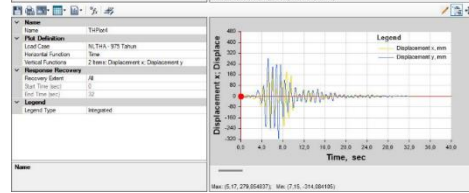
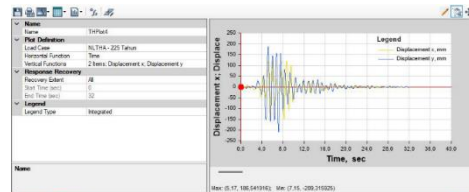
Ground Motion		Max Displacement	Drift Ratio	Perform Level
Kobe	BSE-1N	209,316	0,00704	IO
	BSE-2N	314,084	0,01056	LS
Loma Prieta	BSE-1N	204,695	0,00688	IO
	BSE-2N	307,103	0,01032	LS
Parkfield	BSE-1N	187,044	0,00629	IO
	BSE-2N	280,632	0,00943	IO



Gambar 3 Hasil Perpindahan Struktur Gempa Kobe



Gambar 4 Hasil Perpindahan Struktur Gempa Loma Prieta



Gambar 5 Hasil Perpindahan Struktur Gempa Parkfield

4. KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh hasil analisis yang sudah dilakukan dalam penyusunan skripsi ini, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Dimensi yang digunakan pada struktur gedung Kelas & LAB PUPR Semarang sebagai berikut:

- B1 = 500×1000 mm
- B2 = 500×950 mm
- B3 = 450×900 mm
- B4 = 500×900 mm
- B5 = 250×450 mm
- B6 = 200×400 mm
- BA1 = 300×600 mm
- BA2 = 250×500 mm
- BK1 = 200×400 mm

BK2	=	150×300 mm
K1	=	1000×1000 mm
K2	=	900×900 mm
K3	=	700×700 mm
K4	=	300×300 mm
K5	=	400×400 mm
SW1	=	350 mm
SA	=	120 mm

Tulangan yang digunakan pada struktur gedung Kelas & Lab PUPR Semarang sebagai berikut:

Tulangan Longitudinal Balok (Tumpuan)		
B1 (Atas)	= 7-S25	B1 (Bawah) = 4-S25
B2 (Atas)	= 12-S25	B2 (Bawah) = 6-S25
B3 (Atas)	= 7-S22	B3 (Bawah) = 4-S22
B4 (Atas)	= 14-S22	B4 (Bawah) = 7-S22
B5 (Atas)	= 4-S16	B5 (Bawah) = 3-S16
B6 (Atas)	= 4-S16	B6 (Bawah) = 3-S16
BA1 (Atas)	= 8-S19	BA1 (Bawah) = 4-S19
BA2 (Atas)	= 6-S19	BA2 (Bawah) = 3-S19
BK1 (Atas)	= 2-S13	BK1 (Bawah) = 2-S13
BK2 (Atas)	= 2-S13	BK2 (Bawah) = 2-S13
Tulangan Longitudinal Balok (Lapangan)		
B1 (Atas)	= 4-S25	B1 (Bawah) = 5-S25
B2 (Atas)	= 3-S25	B2 (Bawah) = 6-S25
B3 (Atas)	= 4-S22	B3 (Bawah) = 5-S22
B4 (Atas)	= 4-S22	B4 (Bawah) = 7-S22
B5 (Atas)	= 2-S16	B5 (Bawah) = 3-S16
B6 (Atas)	= 2-S16	B6 (Bawah) = 3-S16
BA1 (Atas)	= 4-S19	BA1 (Bawah) = 7-S19
BA2 (Atas)	= 3-S19	BA2 (Bawah) = 5-S19
BK1 (Atas)	= 2-S13	BK1 (Bawah) = 2-S13
BK2 (Atas)	= 2-S13	BK2 (Bawah) = 2-S13
Tulangan Transversal Balok		
B1 (Tump.)	= 3P12-100	B1 (Lap.) = 2P12-150
B2 (Tump.)	= 3P12-100	B2 (Lap.) = 2P12-150
B3 (Tump.)	= 3P12-120	B3 (Lap.) = 2P12-150
B4 (Tump.)	= 4P12-130	B4 (Lap.) = 2P12-150
B5 (Tump.)	= 2P10-150	B5 (Lap.) = 2P10-170
B6 (Tump.)	= 2P10-150	B6 (Lap.) = 2P10-170
BA1 (Tump.)	= 3P10-100	BA1 (Lap.) = 2P10-120

BA2 (Tump.)	= 2P10-100	BA2 (Lap.)	= 2P10-150
BK1 (Tump.)	= 2P8-150	BK1 (Lap.)	= 2P8-170
BK2 (Tump.)	= 2P8-100	BK2 (Lap.)	= 2P8-120
Tulangan Longitudinal Kolom			
K1 (Tump.)	= 24-S25	K1 (Lap.)	= 24-S25
K2 (Tump.)	= 20-S25	K2 (Lap.)	= 20-S25
K3 (Tump.)	= 12-S22	K3 (Lap.)	= 12-S22
K4 (Tump.)	= 8-S16	K4 (Lap.)	= 8-S16
K5 (Tump.)	= 8-S16	K5 (Lap.)	= 8-S16

Tulangan Transversal Kolom			
K1 (Tump.)	= 4P16-100	K1 (Lap.)	= 4P16-150
K2 (Tump.)	= 4P16-100	K2 (Lap.)	= 4P16-150
K3 (Tump.)	= 4P16-100	K3 (Lap.)	= 4P16-150
K4 (Tump.)	= 2P10-100	K4 (Lap.)	= 2P10-120
K5 (Tump.)	= 2P10-150	K5 (Lap.)	= 2P10-170

Tulangan Longitudinal *Shear Wall*

SW1	= 58-S22
SW2	= 12-S22

Tulangan Transversal *Shear Wall*

SW1	= S22-450
SW2	= S22-450

Tulangan Lentur

SA (Arah Panjang)	= P14-150
SA (Arah Pendek)	= P14-120

Tulangan Susut

SA (Arah Panjang)	= P14-300
SA (Arah Pendek)	= P14-300

Kinerja struktur gedung Kelas & Lab PUPR Semarang untuk gempa Kobe BSE-1N berada pada kondisi *immediate occupancy* dengan nilai *drift ratio* 0,00704 dan untuk BSE-2N berada pada kondisi *life safety* dengan nilai *drift ratio* 0,01056, pada gempa Loma Prieta BSE-1N berada pada kondisi *immediate occupancy* dengan nilai *drift ratio* 0,00688 dan untuk BSE-2N berada pada kondisi *life safety* dengan nilai *drift ratio* 0,01032, dan pada gempa Parkfield BSE-1N berada pada kondisi *immediate occupancy* dengan nilai *drift ratio* 0,00629 dan untuk BSE-2N berada pada kondisi *immediate occupancy* dengan nilai *drift ratio* 0,00943. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa struktur sudah memenuhi syarat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tavio and Usman Wijaya, *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja Edisi Kedua (Performance Based Design) : Dilengkapi Contoh dan Aplikasi Program Bantu ETABS*. Yogyakarta : Penerbit Andi, 2018.
- [2] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya." 2019.
- [3] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1727-2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain." 2020.
- [4] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung." 2019.
- [5] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 8900-2020 Panduan Desain Sederhana untuk Bangunan Beton Bertulang." 2020.
- [6] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 2052-2017 Baja Tulangan Beton." 2017.
- [7] Yudha Lesmana, *Handbook Analisa dan Desain Shear Wall Beton Bertulang Dual System berdasarkan SNI 2847-2019 & SNI 1726-2019*. Makassar: Nas Media Pustaka, 2020.
- [8] Yudha Lesmana, *Handbook Prosedur Analisa Beban Gempa Struktur Bangunan Gedung berdasarkan SNI 1726-2019*. Makassar: Nas Media Pustaka, 2020.
- [9] Yudha Lesmana, *Handbook Desain Struktur Beton Bertulang berdasarkan SNI 2847-2019*. Makassar: Nas Media Pustaka, 2020.

- [10] Yudha Lesmana, *Handbook Analisa dan Desain Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang (SRPMB, SRPMM & SRPMK) berdasarkan SNI 2847-2019 & SNI 1726-2019*. Makassar: Nas Media Pustaka, 2021.
- [11] FEMA 356, "Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Building," *Federal Emerency Management Agency* . 2000.
- [12] Yudha Lesmana, *Handbook Basic Theory Nonlinear Time History Analysis (NLTHA)*. Nas Media Pustaka, 2023.
- [13] ASCE 41-17, "Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings," *American Society of Civil Engineering*. 2017.