

ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM MENGGUNAKAN SOFTWARE SAP2000

(Studi Kasus : Gedung Museum BRI Purwokerto)

Kiki Nurmala¹, Yanti Defiana², Uu Saepudin³

¹²³ Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Galuh

Email : kikinurmala712@gmail.com, yanti.defiana@gmail.com, uusaepudin20@gmail.com

ABSTRACT

According to its geographical location, Indonesia is one of the countries whose territory is located in the ring of fire, which is an area with the most active tectonic plate movements on Earth. This geographical condition makes Indonesia vulnerable to natural disasters such as tectonic earthquakes. The consequences of the earthquakes that occur include building damage ranging from light to severe scales, so the calculation of earthquake loads needs to be considered to minimize structural failures through dynamic analysis. The method used in this study is spectrum response analysis using SAP2000 v.22.2.0. This research focuses on the performance analysis of the structure of the BRI Museum building in Purwokerto, which aims to determine the structural performance due to seismic loads in accordance with SNI 1726 – 2019, with the parameters examined being displacement, story drift, and base shear. The research results on the structural integrity of the BRI Museum building in Purwokerto state that it is safe, with the maximum displacement occurring at the stair roof, having a displacement value in the X direction of 38.039 mm and in the Y direction of 42.59 mm. The largest story drift is found on the 5th story, which is the 3rd floor, with a story drift value in the X direction of 55.91 mm and in the Y direction of 60.59 mm, and the dynamic base shear is $\geq 100\%$ of the static base shear, with a VD value in the X direction of 2881.396 kN and a VD value in the Y direction of 2881.396 kN.

Keywords : respon spektrum, displacement, story drift dan base shear.

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang terletak di Asia Tenggara dan berada di kawasan *ring of fire* yang wilayah dengan pergerakan lempeng tektonik teraktif di bumi. Indonesia dikelilingi oleh beberapa lempeng, termasuk Lempeng Benua Eurasia, Lempeng Benua Indo-Australia, dan Lempeng Samudra Pasifik. Kondisi geografis ini membuat Indonesia rentan terhadap bencana alam terutama gempa bumi. Berdasarkan data dari situs *United States Geological Survey* (USGS) dalam 5 tahun terakhir, Indonesia telah mengalami 10,979 gempa bumi (A. P. Putri et al., 2021).

Pada tahun 2018, gempa bumi besar melanda Kota Lombok, yang menyebabkan kerusakan yang luas. Pada tahun yang sama, gempa bumi juga melanda Kota Palu dan memicu tsunami. Gempa – gempa tersebut menyebabkan kerusakan pada berbagai bangunan, mulai dari kerusakan kecil hingga kerusakan besar (A.

Putri et al., 2022). Di seluruh Indonesia, Pulau Jawa merupakan salah satu wilayah yang paling rentan terhadap gempa bumi. Hal ini disebabkan oleh lokasi geografis Pulau Jawa yang dekat dengan titik pertemuan lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Kondisi ini dapat memicu aktivitas sesar aktif di wilayah tersebut, yang berpotensi menyebabkan gempa bumi (Kharis Pratama et al., 2024). Gempa bumi terjadi akibat pelepasan energi secara tiba-tiba dari dalam bumi, yang menghasilkan gelombang seismik (Rifai dkk., 2022).

Dalam mengantisipasi dampak akibat gempa bumi, maka komponen struktur bangunan sebaiknya direncanakan tahan terhadap beban gempa. Struktur utama gedung seperti kolom dan balok dirancang dengan baik agar mengurangi kerusakan komponen struktur gedung.

Desain struktural sebuah bangunan direncanakan melalui beberapa langkah perhitungan yang memperhitungkan berbagai faktor untuk menciptakan struktur bangunan yang efektif dan efisien, perencanaan ini mengacu pada SNI (A. P. Putri et al., 2021). Untuk mengurangi dampak gempa bumi, BSN telah menetapkan beberapa SNI yang berkaitan dengan manajemen risiko gempa bumi. Salah satu standar tersebut adalah SNI 1726-2019, yang mengatur Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

Perhitungan beban gempa sangat penting untuk mengurangi risiko kegagalan struktural. Ada dua cara analisis yang dapat dilakukan yaitu analisis dinamik dan analisis statik. Dalam analisis respon spektrum, kondisi tanah dan tingkat kegempaan di wilayah tersebut harus diperhitungkan. Sementara itu, untuk struktur berukuran sedang hingga besar, analisis statik ekuivalen dapat digunakan (Afif Salim & Bambang Siswanto, 2018) dalam journal *JCEBT* (Talitha Zhafira et al., 2023).

Analisis dinamik merupakan metode termudah untuk merancang struktur untuk mengantisipasi peristiwa yang mungkin terjadi. Oleh karena itu, setiap struktur perlu di evaluasi dengan memperkirakan kondisi inelastik selama gempa bumi. Langkah tersebut penting untuk memastikan bahwa struktur tetap berfungsi dengan baik selama gempa bumi (A. Putri et al., 2022). Kinerja struktur dapat dievaluasi menggunakan analisis dinamik, terutama untuk bangunan bertingkat dan bangunan dengan bentuk tidak beraturan, yang memerlukan presisi yang tinggi. Analisis dinamik mencakup analisis riwayat waktu dan analisis respon spektrum (Muhammad Hilmi et al., 2021).

Respon spektrum adalah representasi data dalam bentuk kurva atau grafik yang menunjukkan hubungan antara periode getaran struktur dan rasio redaman yang diperoleh dari respons maksimum dan getaran gempa. Kurva respon spektrum ini dihasilkan menggunakan program SAP2000. SAP2000 adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis dan merancang struktur. Salah satu keunggulan SAP2000 adalah kemampuannya untuk melakukan analisis

dengan berbagai model dan hasil dari analisis meliputi *displacement*, *story drift*, dan *base shear* (Sarasanty & Arifin, 2022).

Gedung Museum BRI Purwokerto termasuk jenis bangunan bertingkat yang memiliki luas lahan $\pm 1500 \text{ m}^2$, dan luas bangunannya $\pm 6976 \text{ m}^2$ yang memiliki ketinggian $\pm 23,5 \text{ m}$ dari lantai dasar. Fasilitas gedung museum BRI juga tidak hanya memiliki pameran tetap saja, akan tetapi terdapat beberapa fasilitas lainnya seperti mezzanine, tempat parkir mobil, motor dan sepeda, *Caffe*, *Public Area* (UMKM), *Theater Area*, *Library Area*, *Meeting Room*, Mushola, Toilet. Sehingga pengunjung dapat melihat pameran dengan nyaman dan aman karena terdapat semua di dalam gedung museum BRI.

Permasalahan pada gedung Museum BRI Purwokerto adalah bangunannya yang tidak beraturan secara vertikal, dengan ketinggian antar lantai yang berbeda – beda. Hal ini mengganggu stabilitas dan kekakuan struktur terhadap respon seismik struktur yang berpengaruh pada *displacement*, *story drift*, dan *base shear*, sehingga meningkatkan risiko keruntuhan pada sebagian struktur.

Berdasarkan masalah yang ada, maka perlu dilakukan analisis kinerja struktur gedung Museum BRI Purwokerto dengan metode respon spektrum terhadap beban lateral atau beban gempa. Hasil kinerja struktur dapat dilihat dari nilai *displacement*, *story drift*, dan *base shear* dengan *software* SAP2000 v.22.2.0.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja struktur gedung Museum BRI Purwokerto dengan metode analisis respon spektrum menggunakan SAP2000 v.22.2.0. Penelitian ini hanya mencakup pada struktur atas yaitu kolom, balok dan pelat lantai.

Penelitian terdahulu dilakukan oleh Ilham Salman Ariq (Universitas Semarang, 2023) dengan judul “Analisis Kinerja Struktur Gedung IGD Terpadu K.R.M.T Wongsonegoro” dengan hasil analisis menunjukkan bahwa bangunan ini aman dilihat dari nilai geser dasar yang dihitung menggunakan metode dinamik *respons spektrum* lebih dari 100% dari nilai gaya geser dasar yang dihitung dengan metode statik.

Nilai *displacement* maksimum gedung ini sangat kecil, yaitu 15,87 mm pada arah X dan 19,08 mm pada arah Y. Kemudian nilai *story drift* maksimum juga rendah, hanya 21,64 mm pada arah X dan 25,24 mm pada arah Y. Karena nilai – nilai ini jauh di bawah batas yang diijinkan (0,02h), bangunan ini dianggap aman dan mampu menahan beban gempa tanpa kerusakan struktur yang fatal.

Penelitian terdahulu lainnya dilakukan oleh Muhammad Rizal Fadhilah (Universitas Islam Indonesia, 2024) dengan judul “Kajian Kinerja Seismik Gedung Perkantoran Beton Bertulang di Kota Semarang dengan Metode Respon Spektrum” hasil analisis menunjukkan bahwa perpindahan antar lantai terbesar pada pusat massa untuk arah X sebesar 0,06039 m dan untuk arah Y sebesar 0,06038 m dan memenuhi persyaratan karena kurang dari batas yang diijinkan ($\Delta a/p$) sebesar 0,0646 m. Untuk kinerja batas layan, simpangan antar lantai terbesar yaitu 0,01164 m untuk arah X dan 0,01158 m untuk arah Y yang juga memenuhi persyaratan karena kurang dari lendutan yang diijinkan (0 untuk kinerja batas ultimit, *drift* antar lantai terbesar adalah 0,0116 m untuk arah X dan 0,0135 m untuk arah Y, yang juga memenuhi persyaratan karena lebih kecil dari simpangan yang diijinkan (0,02hsx) sebesar 0,0840 m. Berdasarkan ATC-40, nilai *drift ratio* yang diperoleh adalah 0,00183 m untuk arah X dan 0,00196 m untuk arah Y yang kurang dari 0,01 m. Sehingga tingkat kinerja struktur masuk dalam kategori *Immediate Occupancy* (IO), untuk kedua arah.

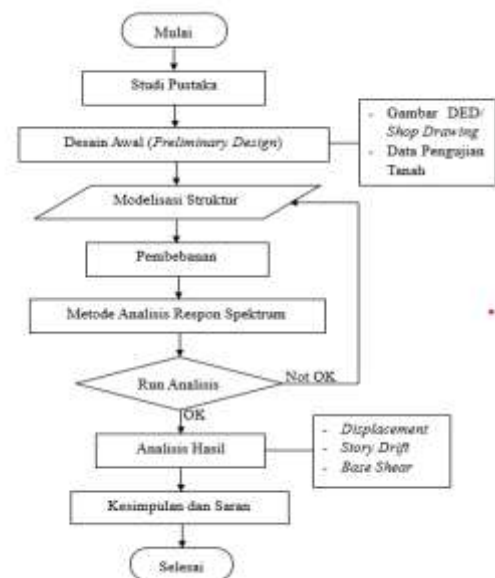
II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret sampai Juni 2025 dengan objek penelitian di gedung Museum BRI Purwokerto yang berlokasi di Jl. Jend. Sudirman No. 57, Pesayangan, Kedungwuluh Kecamatan Purwokerto Barat, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah.

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif adalah cara sistematis untuk menyelidiki fenomena dengan mengumpulkan data yang dapat diukur dengan menggunakan teknik-teknik statistik (Jannah et al., 2017). Dalam Penelitian ini juga menggunakan *software* SAP2000 v22.2.0 untuk analisis kinerja

struktur. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data sekunder, yang berupa DED (*Detail Engineering Design*)/*shop drawing* dan data pengujian tanah yang diperoleh dari PT. Bringin Karya Sejahtera selaku kontraktor pada pembangunan gedung Museum BRI Purwokerto. Analisis dilakukan dengan mendesain dan membuat model, kolom, balok dan pelat lantai. Selanjutnya, beban dan kombinasi beban diinputkan, kemudian analisis menggunakan metode respon spektrum untuk mengetahui kinerja struktur gedung beton bertulang pada gedung Museum BRI Purwokerto.

Tahapan penelitian disajikan dalam bentuk alur (*flow chart*) sebagai berikut.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian (*flow chart*)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data umum gedung

Nama Gedung	: Gedung Museum BRI Purwokerto
Fungsi Bangunan	: Museum
Jumlah Lantai	: 1 basement + 4 lantai + 1 lantai atap
Tinggi Gedung	: ± 23,5 m dari lantai dasar
Tinggi lantai ke lantai	
Lt. basement – Lt.1	: - 3,8 m
Lt. dasar – 2	: + 6,4 m
Lt. 2 – 3	: + 5 m
Lt. 3 – 4	: + 5 m
Lt. 4 – atap	: + 4,5 m
Atap – atap tangga	: + 2,6

2. Spesifikasi bahan material

Mutu material pada struktur gedung ini berupa mutu beton dan mutu baja tulangan. Mutu material pada struktur gedung ini sesuai pedoman SNI 2847 – 2019, berikut adalah mutu material yang digunakan pada struktur atas ini.

a. Mutu beton

Kolom Lt. Dasar – Atap : $f'_c = 35$ Mpa

Balok Lt. Dasar – Atap : $f'_c = 35$ Mpa

Pelat lantai Lt. Dasar – Lt. Atap : $f'_c = 30$ Mpa

Parameter sifat mekanis beton :

Modulus elastisitas $E_c = 4700\sqrt{f'_c}$ (MPa).

Poisson Ratio beton = 0,2.

b. Baja tulangan

Baja tulangan yang digunakan adalah sebagai berikut :

ASTM A-615M Grade 420, $f_y = 420$ MPa digunakan untuk baja tulangan ulir diameter $D \geq 10$ mm.

ASTM A-615M Grade 520, $f_y = 520$ MPa digunakan untuk baja tulangan ulir diameter $D \geq 10$ mm.

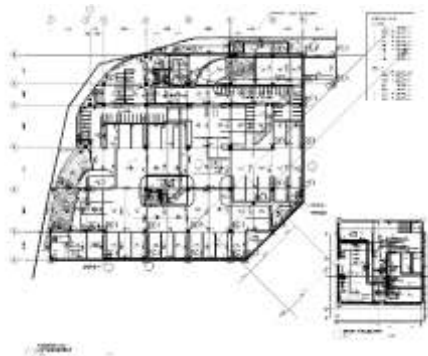
Parameter sifat mekanis baja tulangan :

Modulus elastisitas $E_s = 200000$ MPa.

Poisson Ratio baja = 0,3.

3. Denah *existing* struktur

Denah *existing* struktur gedung pada penelitian ini merupakan DED yang diperoleh dari kontraktor proyek pembangunan Gedung Museum BRI Purwokerto dengan gambar sebagai berikut.

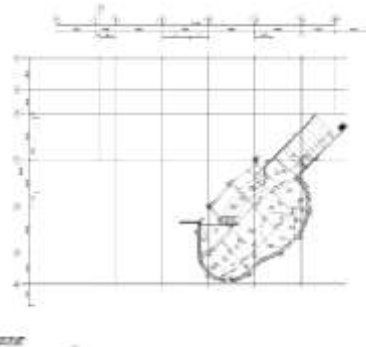


Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera
Gambar 2. Denah Rencana Lantai Basement



Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Gambar 3. Denah Rencana Lantai 1



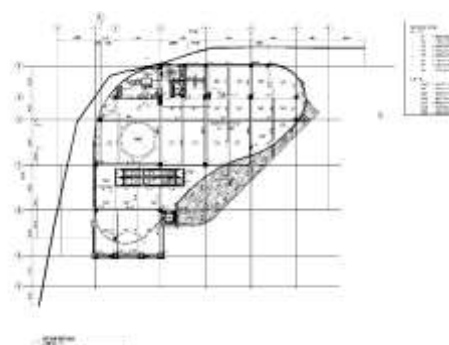
Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Gambar 4. Denah Renacan Lantai Plaza



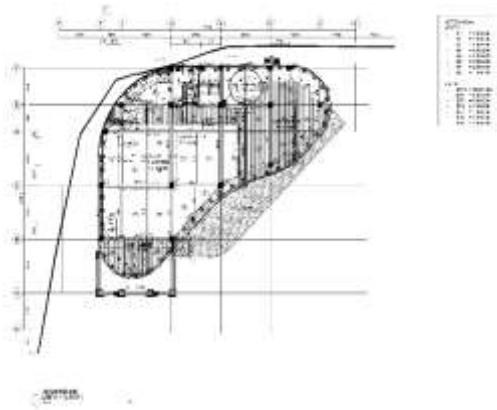
Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Gambar 5. Denah Rencana Lantai 2



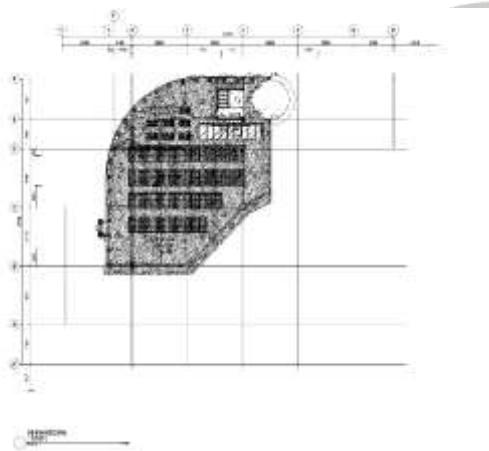
Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Gambar 6. Denah Rencana Lantai 3



Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Gambar 7. Denah Rencana Lantai 4 (Atap)



Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Gambar 8. Denah Rencana Atap

4. Dimensi elemen struktur

Dimensi elemen struktur yang digunakan pada bangunan ini sangat beragam sesuai kekuatan yang telah diperhitungkan sesuai dengan mutu material yang tertuang pada SNI 2847 – 2019.

Tabel 1. Dimensi Kolom

Nama Kolom	Dimensi (mm)
K1	800 × 800
K2	700 × 700
K3	600 × 600
K4	500 × 500
K5	400 × 400
K6	300 × 300
K7	200 × 400
K8	150 × 500
K9	150 × 400
K10	200 × 400
KP	150 × 150

Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Tabel 2. Dimensi Balok

Nama Balok	Dimensi (mm)
B510	500 × 1000
B67	600 × 700
B57	500 × 600
B48	400 × 800
B47	400 × 700
B36	300 × 600
B65	600 × 500
B35	300 × 500
B34	300 × 400
B25	200 × 500
B24	200 × 400
B4-12	400 × 1200
B4-16	400 × 1600
B10-7	1000 × 700
B4-11	400 × 1100
B2A2A	200 × 400

Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

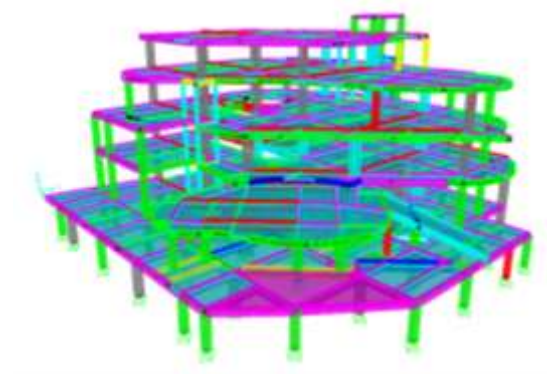
Tabel 3. Dimensi Pelat Lantai

Nama Pelat Lantai	Tebal (mm)
SB	200
S1	150
SR	120
S2	150

Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

5. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur gedung dilakukan dengan menggunakan *software* SAP2000 v.22.2.0 dengan memodelkan elemen – elemen struktur utama seperti kolom, balok dan pelat lantai sesuai dengan dimensi yang direncanakan.



Sumber : SAP2000

Gambar 9. Pemodelan Struktur

6. Pembebanan Struktur

Penentuan beban dilakukan berdasarkan pedoman SNI 1727 – 2020, yang menentukan beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain, serta SNI 1726 – 2019, yang mengatur tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung. Jenis beban yang diperhitungkan meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

Tabel 4. Pembebanan pada Balok

Penempatan Balok	Struktur	Berat Struktur/ (kN/m ²)	Tinggi (h) (m)	(SDL) (kN/m ²)
Lantai Dasar	Dinding Bata	2,45	5,7	13,96
	Dinding Kaca	0,49	5,7	2,79
	Dinding Bata	2,45	2,7	6,615
Mezanine	Dinding Kaca	0,49	2,7	1,323
	Dinding Bata	2,45	4,3	10,54
	Dinding Kaca	0,49	4,3	2,11
Lantai 2	Dinding Bata	2,45	4,3	10,54
	Dinding Kaca	0,49	4,3	2,11
	Dinding Bata	2,45	3,8	9,31
Lantai 3	Dinding Kaca	0,49	3,8	1,86
	Dinding Bata	2,45	1,9	4,66
	SkyLight	0,49		0,49

Sumber : PT. Data Pribadi

Tabel 5. Pembebanan Lantai 1

Pelat Lantai	Beban	Tebal (m)	Berat Volume (kN/m ³)	(SDL) (kN/m ²)	(LL) (kN/m ²)
Lantai Dasar	Plesteran	0,05	17,65	0,883	
	Spesi	0,02	0,21	0,004	
	Keramik			0,265	
	Ducting			0,147	
	AC&ME				4,79
	Teater				4,79
	Storage				4,79
	Public Area				4,79
	Cafe				4,79
	Parkir				1,92
	Sepeda.				
	TOTAL			1,286	16,29

Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Tabel 6. Pembebanan Lantai Mezanine

Pelat Lantai	Beban	Tebal (m)	Berat Volume (kN/m ³)	(SDL) (kN/m ²)	(LL) (kN/m ²)
Mezanine	Plesteran	0,05	17,65	0,883	
	Spesi	0,02	0,21	0,004	
	Keramik			0,265	
	Plafond			0,196	
	Office				2,40
TOTAL				1,335	2,40

Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Tabel 7. Pembebanan Lantai 2

Pelat Lantai	Beban	Tebal (m)	Berat Volume (kN/m ³)	(SDL) (kN/m ²)	(LL) (kN/m ²)
Lantai 2	Plesteran	0,05	17,65	0,883	
	Spesi	0,02	0,21	0,004	
	Keramik			0,265	
	Waterproofing	0,03	0,04	0,001	
	Ducting			0,147	
	AC&ME			0,196	
	Plafond				4,79
	Cafe				4,79
TOTAL				1,483	9,58

Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Tabel 8. Pembebanan Lantai Plaza

Pelat Lantai	Beban	Tebal (m)	Berat Volume (kN/m ³)	(SDL) (kN/m ²)	(LL) (kN/m ²)
Plaza	Waterproofing	0,03	0,04	0,001	
	Panggung				4,79
	Air Hujan	0,05	9,81		0,49
TOTAL				0,001	5,28

Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Tabel 9. Pembebanan Lantai 3

Pelat Lantai	Beban	Tebal (m)	Berat Volume (kN/m ³)	(SDL) (kN/m ²)	(LL) (kN/m ²)
Lantai 3	Plesteran	0,05	17,65	0,883	
	Spesi	0,02	0,21	0,004	
	Keramik			0,265	
	Waterproofing	0,03	0,04	0,001	
	Ducting			0,147	
	AC&ME			0,196	
	Plafond				4,79
	Pameran Tetap				4,79
TOTAL				1,496	4,79

Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Tabel 10. Pembebanan Lantai 4

Pelat Lantai	Beban	Tebal (m)	Berat Volume (kN/m ³)	(SDL) (kN/m ²)	(LL) (kN/m ²)
Lantai 4	Plesteran	0,05	17,65	0,883	
	Spesi	0,02	0,21	0,004	
	Keramik			0,265	
	Waterproofing	0,03	0,04	0,001	
	Ducting			0,147	
	AC&ME			0,196	
	Plafond				7,18
	Perpustakaan				4,79
	R. Meeting				4,79
	Mushola				4,79
	R.M&E			0,45	
	Roof Garden				4,79
TOTAL				1,483	21,55

Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Tabel 11. Pembebanan Lantai Atap

Pelat Lantai	Beban	Tebal (m)	Berat Volume (kN/m ³)	(SDL) (kN/m ²)	(LL) (kN/m ²)
Atap	Waterproofing	0,03	0,04	0,001	
	Plafond			0,196	
	Panel Surya			9,179	
Atap Datar	Air Hujan	0,05	9,81		0,49
	Atap Datar				0,96
TOTAL				9,376	1,45

Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Tabel 12. Pembebanan Lift&Eskalator

Nama Alat	Beban	Tinggi (m)	Berat Volume (kN/m ³)	(SDL) (kN/m ²)	(LL) (kN/m ²)
Lift/Elevator kap. 10 orang	Beban orang	20,2	0,49		7,5
	Beban kabin			6,86	
	Beban rel			9,90	
	Beban mesin lift			5,88	
	TOTAL			22,64	7,5
Lift/Elevator barang	Lift barang	24,7	0,49		14,71
	Beban kabin			6,86	
	Beban rel			9,88	
	Beban mesin lift			5,88	
	TOTAL			22,62	14,71
Eskalator ganda	Beban orang				19,61
	Beban mesin			49,05	
	TOTAL			49,05	19,61

Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

Tabel 13. Pembebanan Lift&Eskalator

Fungsi Tangga	Konstruksi	Tebal (m)	Berat Volume (kN/m ³)	(SDL) (kN/m ²)	(LL) (kN/m ²)
Tangga Darurat	Plesteran	0,05	17,65	0,883	4,79
	Spesi	0,02	0,21	0,004	
	Keramik			0,157	
TOTAL				1,044	
Tangga Utama A	Plesteran	0,05	17,65	0,883	4,79
	Spesi	0,02	0,21	0,004	
	Keramik			0,157	
TOTAL				1,044	
Tangga Utama B	Plesteran	0,05	17,65	0,883	4,79
	Spesi	0,02	0,21	0,004	
	Keramik			0,157	
TOTAL				1,044	
Tangga Plaza	Plesteran	0,05	17,65	0,883	4,79
	Spesi	0,02	0,21	0,004	
	Keramik			0,157	
	Waterproofing	0,03	0,04	0,001	
TOTAL				1,045	

Sumber : PT. Bringin Karya Sejahtera

7. Parameter respon spektrum

Parameter untuk gempa rencana didapatkan dari peta gempa dengan memasukkan koordinat bangunan dan jenis tanah sesuai dengan SNI 1726 – 2019 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kategori resiko} &: \text{II} \\
 I_e &: 1 \\
 \text{Klasifikasi situs} &: \text{SE (tanah lunak)} \\
 S_s &: 0,8250 \\
 S_I &: 0,3956 \\
 F_a &: 1,240 \\
 F_v &: 2,4176 \\
 S_{MS} &: F_a \times S_s \\
 &: 1,023
 \end{aligned}
 \quad (1)$$

$$S_{MI} : F_1 \times S_I \quad (2)$$

$$S_{DS} : 0,9564 \quad (3)$$

$$S_{D1} : 2/3 \times S_{MS} \quad (4)$$

$$: 0,6820$$

$$: 2/3 \times S_{MI} \quad (4)$$

$$: 0,6376$$

8. Spektrum respon desain

Spektrum respon desai dapat ditentukan dengan kurva yang mengacu pada ketentuan – ketentuan pada perhitungan berikut.

Menentukan nilai periode T_0 , T_s , dan T_L

$$T_0 : 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (5)$$

$$: 0,1870 \text{ detik}$$

$$T_s : \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (6)$$

$$T_L : 20 \text{ detik}$$

Untuk $T = 0 < T_0$, maka

$$S_a : S_{DS}(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \quad (7)$$

$$: 0,2728$$

Untuk $T_s \geq T \geq T_0$, maka.

$$S_a : S_{DS} \quad (8)$$

$$S_a : 0,6820$$

Untuk $T_L \geq T = 4 > T_s$, maka

$$S_a : \frac{S_{D1}}{T} \quad (9)$$

$$: \frac{0,6376}{4}$$

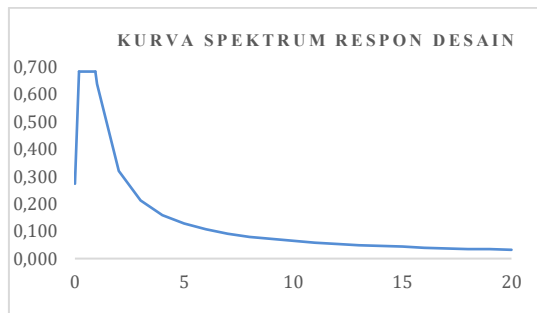
$$: 0,1594$$

Tabel 14. Respons Spektrum Desain

T	Sa(g)
0	0,273
0,187	0,682
0,935	0,682
1	0,638
2	0,319
3	0,213
4	0,159
5	0,128
6	0,106
7	0,091
8	0,080
9	0,071
10	0,064
11	0,058
12	0,053
13	0,049
14	0,046
15	0,043
16	0,040
17	0,038
18	0,035
19	0,034
20	0,032

Sumber : Data Pribadi

Dari perhitungan di atas didapat kurva respon spektrum sesuai dengan SNI 1726-2019.



Sumber : Data Pribadi

Gambar 10. Kurva Respons Spektrum Desain

9. Berat seismik efektif struktur

Berat seismik suatu struktur dihitung berdasarkan beban mati dan beban mati tambahan yang mempengaruhi struktur. Informasi mengenai beban-beban ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 15. Tabel Berat Seismik Struktur

Lantai	Beban Mati (DL) (kN/m ²)	Beban Mati Tambahan (SDL) (kN/m ²)	Beban Total (kN/m ²)
Lantai 1	9457,69	993,68	10451,37
Mezanine	464,66	24,68	489,34
Plaza	2030,64	2,24	2032,88
Lantai 2	7529,80	409,12	7938,92
Lantai 3	7265,00	493,52	7758,52
Lantai 4	5045,69	1734,97	6780,67
Atap	3426,93	162,17	3589,10
Atap Tangga	93,19	0,15	93,34
Total Beban			39134,14

Sumber : Data Pribadi

10. Penentuan periode struktur

Periode fundamental struktur (T) harus lebih kecil dari hasil perkalian koefisien batas atas pada periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan (T_a). Berikut ini adalah data yang digunakan untuk menentukan periode ini.

$$S_{DI} : 0,6376 \text{ g}$$

$$C_u : 1,4$$

$$C_t : 0,0466$$

$$x : 0,9$$

$$h : 23,5 \text{ meter}$$

$$T_{amin} : C_t h_x^n \quad (10)$$

$$: 0,0466 \times 23,5^{0,9}$$

$$: 0,7986 \text{ detik}$$

$$T_{amax} : C_u T_a \quad (11)$$

$$: 1,4 \times 0,8078$$

$$: 1,118 \text{ detik}$$

$$T_{px} : 0,953 \text{ detik}$$

$$T_{py} : 1,103 \text{ detik}$$

Dari hasil di atas maka persyaratan yang sesuai yaitu :

$$T_{amin} < T_p < T_{amax}$$

$$\text{Kontrol arah x} = 0,7986 < 0,953 < 1,118$$

(memenuhi syarat)

$$\text{Kontrol arah y} = 0,7986 < 1,103 < 1,118$$

(memenuhi syarat)

maka nilai T yang digunakan $T_{amax} = 1,118$ detik.

11. Displacement

Berdasarkan hasil analisis menggunakan SAP2000 v.22.2.0 diperoleh hasil *Displacement* dari tabel *Joint Displacement* yang dituangkan dalam tabel berikut.

Tabel 16. *Joint Displacement* Arah X dan Y

Story Text	Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	U1 mm	U2 mm
Lantai 1	(EQDX)	LinSpec	Max	2,591	2,595
Mezanine	(EQDX)	LinSpec	Max	6,797	7,246
Plaza	(EQDX)	LinSpec	Max	7,22	10,995
Lantai 2	(EQDX)	LinSpec	Max	12,709	13,952
Lantai 3	(EQDX)	LinSpec	Max	22,874	24,968
Lantai 4	(EQDX)	LinSpec	Max	31,468	34,3
Atap	(EQDX)	LinSpec	Max	36,487	40,093
Atap Tangga	(EQDX)	LinSpec	Max	38,039	42,59

Sumber : SAP2000 v.22.2.0

Dari tabel diatas diperoleh nilai *displacement* maksimal untuk arah X sebesar 38,039 mm, sedangkan nilai *displacement* maksimal untuk arah Y sebesar 42,59 mm.

12. Story Drift

Berdasarkan SNI 1726 – 2019 Pasal 7.12.1, *story drift* tidak boleh melampaui batas izin simpangan antar tingkat, kategori struktur gedung pada penelitian ini yaitu termasuk kategori II maka,

$$\Delta a = 0,025 \times h_{sx} \quad (12)$$

$$\rho = 1,3$$

$$\Delta a_{max} = \Delta a / \rho \text{ (Untuk KDS D)}$$

$$\Delta a / \rho = 0,0192$$

$$Cd = 5,5$$

$$I_e = 1$$

$$\Delta x = \frac{(\delta_2 - \delta_1) \times Cd}{I} < \Delta a \quad (13)$$

Contoh perhitungan kontrol simpangan :

Lantai 2

$$\Delta a_{max} = 0,0192 h_{sx}$$

$$= 0,0192 \times 6400$$

$$= 123,08 \text{ mm}$$

$$\Delta x = \frac{(12,71 - 7,22) \times 5,5}{1} < 123,08 \text{ mm}$$

$$= 30,19 \text{ mm} < 123,08 \text{ mm (OK)}$$

$$\Delta y = \frac{(13,95 - 11,00) \times 5,5}{1} < 123,08 \text{ mm}$$

$$= 16,26 \text{ mm} < 123,08 \text{ mm (OK)}$$

Tabel 17. Tabel Hasil *Story Drift*

Story	height (mm)	Displacement		Story Drift		Drift Limit (mm)	Cek
		δ_x (mm)	δ_y (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)		
Atap	2500	38,04	42,59	8,54	13,73	48,08	OK
tangga	4500	36,49	40,09	27,60	31,86	86,54	OK
Atap	5000	31,47	34,30	47,27	51,33	96,15	OK
Lantai 4	5000	22,87	24,97	55,91	60,59	96,15	OK
Lantai 3	6400	12,71	13,95	30,19	16,26	123,08	OK
Lantai 2	4950	7,22	11,00	2,33	20,62	95,19	OK
Plaza	3000	6,80	7,25	23,13	25,58	57,69	OK
mezanine	3800	2,59	2,60	14,25	14,27	73,08	OK
Lantai 1							

Sumber : SAP2000 v.22.2.0

13. Base Shear

Menurut SNI 1726 – 2019 Pasal 7.8.1, *base shear* atau gaya geser dasar seismik (V) dalam arah yang ditetapkan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Faktor skala} &= \frac{g \cdot I}{R} = \frac{9,81 \times 1}{8} = 1,2263 \\ C_s \text{ hitung} &= \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,6820}{\frac{8}{1}} = 0,08525 \\ C_{s \max} &= \frac{S_{D1}}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,6376}{1,103 \times \frac{8}{1}} = 0,07226 \\ C_{s \min} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \quad (14) \\ &= 0,044 \times 0,6820 \times 1 \\ &= 0,0300 > 0,01 \end{aligned}$$

Dikarenakan nilai C_s tidak perlu melebihi nilai $C_{s \max}$ dan harus tidak kurang dari nilai $C_{s \min}$, maka nilai C_s yang memenuhi yaitu sebesar 0,0722. Dengan menggunakan nilai C_s yang telah dihitung, maka dapat ditentukan nilai gaya geser (V) dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} V &= C_s \times W \quad (15) \\ V &= 0,07226 \times 39134,14 \\ V &= 2827,83 \text{ kN} \end{aligned}$$

Menurut SNI 1726 – 2019 Pasal 7.9.1.4.1, apabila kombinasi respons pada gaya geser dasar dinamik (V_D) kurang dari 100% dari gaya geser statik (V_s), maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V_s/V_D . Nilai gaya geser dasar didapat dari hasil kombinasi ragam pada SAP2000, dan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 18. Tabel *Base Shear* Awal

Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Global FX KN	Global FY KN
(EQSX)	LinStatic		-2881,392	2,624E-08
(EQSY)	LinStatic		1,45E-07	-2881,392
(EQDX)	LinSpec	Max	2103,316	423,712
(EQDY)	LinSpec	Max	423,711	1672,672

Sumber : SAP2000 v.22.2.0

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai analisis gaya geser dinamik (V_D) kurang dari gaya geser statik (V_s), maka diperlukan penskalaan faktor baru dengan perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Faktor skala awal (SF)} &= g / (I/R) \quad (16) \\ &= 9,81 \times (1/8) \\ &= 1,22625 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{SAP2000}) (V_{sx}) &= 2881,392 \text{ kN} \\ (\text{SAP2000}) (V_{sy}) &= 2881,392 \text{ kN} \\ (\text{SAP2000}) (V_{Dx}) &= 2103,316 \text{ kN} \\ (\text{SAP2000}) (V_{Dy}) &= 1672,672 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Pensklaan gaya gempa} = V_s / V_D \quad (17)$$

$$\begin{aligned} (f_x) &= 2881,392 / 2103,316 \\ &= 1,3699 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (f_y) &= 2881,392 / 1672,672 \\ &= 1,7226 \end{aligned}$$

$$\text{Faktor skala baru (SFx)} = SF \cdot f_x \quad (18)$$

$$\begin{aligned} &= 1,22625 \times 1,3699 \\ &= 1,6799 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$(SF_y) = SF \cdot f_y \quad (19)$$

$$\begin{aligned} &= 1,22625 \times 1,7226 \\ &= 2,1124 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Tabel 19. Tabel *Base Shear* Akhir

Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	Global FX KN	Global FY KN
(EQSX)	LinStatic		-2881,392	2,624E-08
(EQSY)	LinStatic		1,45E-07	-2881,392
(EQDX)	LinSpec	Max	2881,396	580,455
(EQDY)	LinSpec	Max	729,898	2881,396

Sumber : SAP2000 v.22.2.0

Kontrol gaya geser setelah penskalaan gaya :

$$V_{\text{Dinamik}} \geq 100\% V_{\text{Statik}}$$

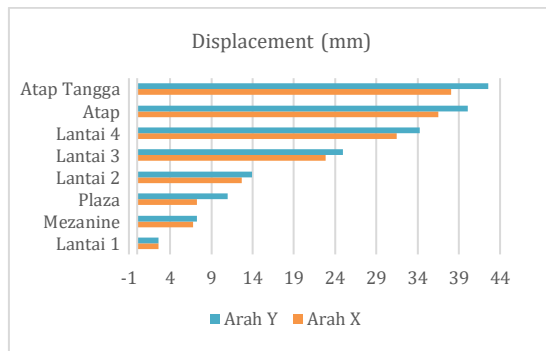
$$\text{Arah x : } 2881,396 \text{ kN} \geq 2881,392 \text{ kN (OK)}$$

$$\text{Arah y : } 2881,396 \text{ kN} \geq 2881,392 \text{ kN (OK)}$$

Setelah dilakukan penskalaan faktor gaya baru didapatkan analisis gaya geser dinamik (V_D) sama dengan 100% gaya geser statik (V_s) yang dihitung dengan metode statik ekuvalen sesuai dengan ketentuan SNI 1726 – 2019.

PEMBAHASAN

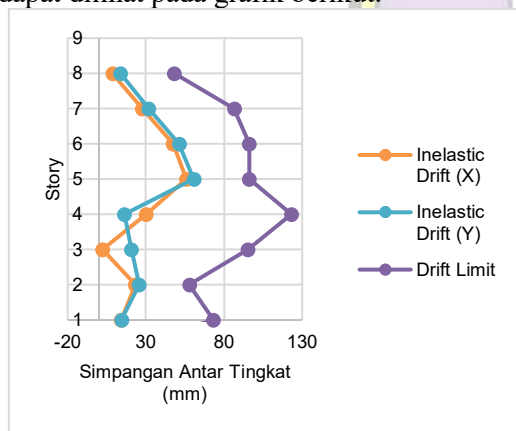
Berdasarkan perhitungan dan hasil penelitian di atas, maka nilai *displacement* dapat dilihat pada grafik berikut.



Sumber : Hasil Penelitian, 2025

Gambar 11. Grafik *Displacement*

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai *displacement* terbesar pada arah X sebesar 38,039 mm dan pada arah Y sebesar 42,59 mm. Dari kedua nilai tersebut, nilai maksimal terjadi pada atap tangga dan sesuai dengan grafik di atas, nilai *displacement* dapat dikatakan aman, karena nilai *displacement* dari lantai 1 hingga atap tangga mengalami peningkatan nilai *displacement* setiap lantai. Berdasarkan nilai *displacement* diatas, maka dapat dilanjutkan dengan analisis *story drift*, dari perhitungan dan hasil penelitian di atas dapat dilihat pada grafik berikut.



Sumber : Hasil Penelitian, 2025

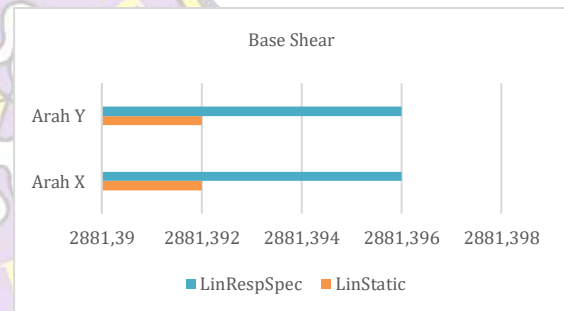
IV. SIMPULAN

Setelah melakukan analisis struktur dengan metode respon spektrum menggunakan software SAP2000, maka dapat diambil kesimpulan bahwa kinerja struktur gedung Museum BRI Purwokerto dinyatakan aman dengan parameter yang ditinjau yaitu *displacement*, *story drift* dan *base shear*. Dengan hasil penelitian dan pembahasan, nilai *displacement* terbesar terjadi pada atap tangga dengan nilai *displacement* pada arah X sebesar 38,039 mm dan pada arah Y sebesar 42,59 mm. Kemudian untuk nilai *story drift*

Gambar 12. Grafik *Story Drift*

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai *story drift* terbesar terdapat pada *story* 5 yaitu lantai 3 dengan nilai *story drift* pada arah X sebesar 55,91 mm dan pada arah Y sebesar 60,59 mm. Nilai *story drift* dari lantai 3 hingga atap tangga terbilang aman, karena nilai *story drift* yang didapatkan lebih kecil dari batas izin yang telah ditentukan sesuai dengan SNI 1726 – 2019.

Berdasarkan hasil penelitian di atas, juga mempertimbangkan periode getar struktur dan *modal partisipasi massa* yang dapat berpengaruh pada struktur untuk menahan beban dinamis dengan baik selama terjadi getaran maupun gempa bumi. Respon dinamik dapat berpengaruh pada *base shear*. Nilai *base shear* dapat dilihat pada grafik berikut.



Sumber : Hasil Penelitian, 2025

Gambar 13. Grafik *Base Shear*

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai *base shear* sudah sesuai dengan SNI 1726 – 2019, karena gaya geser dinamik melebihi > 100% dari gaya geser statik.

berdasarkan hasil penelitian nilai terbesar terdapat pada lantai 3 dengan nilai *story drift* pada arah X sebesar 55,91 mm dan pada arah Y sebesar 60,59 mm. Dan analisis ragam respon spektrum menghasilkan *base shear* dinamik $\geq 100\%$ *base shear* statik, dengan nilai V_D arah X sebesar 2881,396 kN dan nilai V_D arah Y sebesar 2881,396 kN. Sehingga gedung Museum BRI Purwokerto dapat disimpulkan bahwa nilai respon dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana sudah memenuhi syarat SNI 1726-2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Standar Nasional Indonesia SNI 1726:2019*. 1–248.
- Jannah, K. A. M., Aiman, U., Hasda, S., Fadilla, Z., Ardiawan, T. M. K. N., & Sari, M. E. (2017). Metodologi Penelitian Kuantitatif Metodologi Penelitian Kuantitatif. In *Metodologi Penelitian Kuantitatif* (Issue May).
- Kharis Pratama, A., Ashaury, H., & Rakhmat Umbara, F. (2024). Klasifikasi Data Gempa Bumi Di Pulau Jawa Menggunakan Algoritma Extreme Gradient Boosting. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(4), 2923–2929.
- Putri, A., Herdinata, S., Khala, C. C. S., & Sari, O. L. (2022). Analisis Kinerja Seismik Struktur 10 Lantai Beton Bertulang dengan Metode Pushover Analysis. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 8(1), 15.
- Putri, A. P., Fadilah, M. R. R., & Khala, C. C. (2021). Analisis Kinerja Seismik Struktur Bangunan Beton bertulang 10 Lantai dengan Metode Respons Spektrum dan Time History. *Jurnal Infrastruktur*, 7(2), 79–85.
- Sarasanty, D., & Arifin, Z. (2022). Respons Spectrum Analysis Struktur Bangunan Tingkat Tinggi (Studi Kasus: Bangunan Rumah Susun Stasiun Tanjung Barat Di Jakarta). *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 5(1), 140.
- Talitha Zhafira, Imawan Taufiqy, Purwanto, Mustain, & Nurti Kusuma Anggraini. (2023). Analisis Dinamik Respons Spektrum Dan Statik Ekuivalen Gedung Perkuliahan Universitas Semarang. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, 7(1), 75–79.