

EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG MENGGUNAKAN ANALISIS RESPONS SPEKTRUM GEMPA DESAIN SNI 1726:2019

Fajar Adhy Nugroho, Yenny Nurhasanah, Muchammad Gemawan Fauzi*

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura, Jawa Tengah

*Email: d100210141@student.ums.ac.id

Abstrak

Perencanaan struktur gedung di Indonesia harus mengikuti peraturan yang berlaku. Pembaruan peraturan yang terjadi diakibatkan karena Indonesia merupakan negara yang memiliki intensitas gempa yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa Gedung eksisting berdasarkan peraturan yang terbaru yaitu SNI 1726:2019 dan mengevaluasi bangunan gedung eksisting dengan parameter displacement, nilai drift ratio, dan level kinerja berdasarkan peraturan SNI 1726:2019. Pemodelan struktur pada penelitian ini menggunakan SAP2000 V14, untuk menganalisis perilaku struktur yang terjadi. Proses analisis struktur terhadap gempa dengan metode Respons Spektrum untuk mengetahui perilaku struktur bangunan setelah mendapatkan gaya gempa dengan berdasarkan peraturan SNI 1726:2019. Hasil Analisis ini didapatkan nilai gaya geser dasar metode statik untuk arah-X dan arah-Y sebesar 12247,403 KN dan untuk metode dinamik didapat arah-X = 9558 KN dan arah-Y = 11170 KN. Untuk hasil Analisis simpangan antar lantai untuk arah-X didapat lantai 1 sebesar 32,152 mm dan lantai 2 sebesar 14,310 mm, untuk arah-Y didapat lantai 1 sebesar 17,355 mm dan lantai 2 sebesar 3,100 mm. Analisis evaluasi kinerja struktur untuk nilai drift ratio didapatkan arah-X sebesar 0,5666 % dan untuk arah-Y sebesar 0,2495 %, dan untuk hasil level kinerja gedung dengan metode respons spektrum berdasarkan peraturan SNI 1726:2019 struktur dapat dikategorikan dalam kondisi IO (Immediate Occupancy).

Kata kunci: Evaluasi, Gedung, Gempa, Respons Spektrum, SNI 1726:2019

Abstract

Building structure planning in Indonesia must follow applicable regulations. The regulatory update occurred because Indonesia is a country that has quite high earthquake intensity. This research aims to determine the performance of existing buildings based on the latest regulations, namely SNI 1726:2019 and evaluate existing buildings using displacement parameters, drift ratio values, and performance levels based on SNI 1726:2019 regulations. Structural modeling in this research uses SAP2000 V14, to analyze the structural behavior that occurs. The process of analyzing earthquake structures uses the Spectrum Response method to determine the behavior of building structures after experiencing earthquake forces based on SNI 1726:2019 regulations. The analysis results show that the basic shear force value for the static method in the X direction and Y direction is 12247.403 KN and the dynamic method in the X direction = 9558 KN and the Y direction = 11170 KN. For the analysis results of the deviation between floors in the Analysis of structural performance evaluation for the drift ratio value obtained in (Immediate Occupancy).

Keywords: Buildings, Earthquakes, Evaluation, Response Spectrum, SNI 1726:2019

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki intensitas gempa bumi yang tinggi. Pengaruh percepatan pergerakan tanah yang terjadi saat gempa perlu dipertimbangkan dalam perancangan gedung dan infrastruktur (Rosyidah dan Wicaksana, 2021). Intensitas gempa terus menaik dari tahun ketahun. Berdasarkan data gempa BMKG yang dikutip dari sindonews.com, Jumlah gempa pada tahun 2019 yaitu 11588 gempa dibandingkan dengan tahun sebelumnya pada tahun 2013 sebanyak 4234 gempa. Kenaikan gempa ini menjadi hal yang perlu diperhatikan para perencana infrastruktur terutama gedung.

Perencanaan struktur gedung di Indonesia tentunya harus mengikuti peraturan yang berlaku dan mengikuti perkembangan yang terjadi. Saat ini peraturan mengenai perencanaan gedung sudah mengalami pembaruan, dari peraturan yang lama SNI 1726:2012 menjadi peraturan yang baru SNI 1726:2019. Pembaharuan ini dilakukan karena teknologi di Indonesia terus berkembang dan intensitas terjadinya gempa yang tinggi di berbagai wilayah di Indonesia.

Adapun pembaruan yang terjadi dapat dilihat salah satunya mengenai syarat penskalaan gaya. Pada SNI 1726:2012, penskalaan gaya geser dinamik harus lebih dari

0,85 dikali gaya geser statik. Sedangkan pada SNI 1726:2019, penskalaan gaya geser dinamik harus lebih besar atau sama dengan gaya geser statik.

Kenyataan saat ini gedung di Indonesia banyak yang sudah berdiri sebelum pembaruan peraturan SNI 1726:2019. Salah satunya gedung akademik seni karawitan. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi untuk meninjau keamanan gedung karawitan sesuai dengan peraturan yang terbaru, SNI 1726:2019.

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan maka penulis akan melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengevaluasi gedung karawitan berdasarkan SNI 1726:2019.

2. METODOLOGI

Tahap Penelitian dimulai dari pengumpulan data struktur, pemodelan struktur, analisis pembebanan struktur, analisis dinamik *response* spektrum, analisis beban gempa, analisis nilai *drift ratio*, dan *level* kinerja, dan penarikan kesimpulan.

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data perencanaan gedung, seperti jenis konstruksi bangunan, fungsi bangunan, data tanah yang digunakan pada perencanaan dan data bahan bangunan. Pada penelitian ini, pembuatan model, dan analisis perhitungan struktur dibantu dengan menggunakan aplikasi SAP2000.

Pada tahapan analisis, akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai *displacement*, nilai *drift ratio*, dan *level* kinerja yang didapat dari peraturan yang baru SNI 1726:2019 dengan menggunakan program SAP2000 V.14 dengan studi kasus Gedung Akademi Seni Karawitan Indonesia di Surakarta.

Penarikan kesimpulan meliputi beberapa parameter. Yang pertama evaluasi permodelan struktur. Permodelan struktur harus memenuhi syarat yaitu pada pasal. Gaya geser dinamik harus lebih besar atau sama dengan gaya geser statik. Kedua, evaluasi kinerja struktur. Parameter ini ditentukan melalui nilai *drift ratio* yang terdapat pada hasil perhitungan aplikasi SAP2000.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

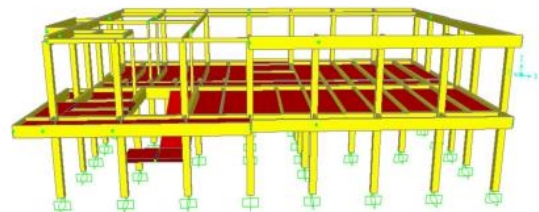
3.1. Data Teknis

Data teknis yang digunakan dalam analisis ini adalah sebagai berikut,

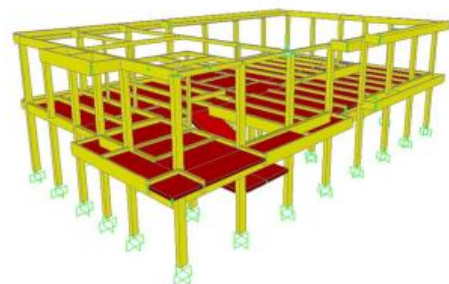
- Lokasi Bangunan : Surakarta
- Jenis bangunan : Gedung akademik seni karawitan
- Konstruksi bangunan : Struktur beton bertulang
- Jenis tanah : Tanah sedang (SD)
- Mutu beton (f_c) : 14,5 Mpa
- Mutu Tulangan : 240 Mpa

3.2. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur gedung dilakukan secara 3D dengan menggambar semua elemen balok, kolom, pelat, dan tangga. Pemodelan 3D bangunan dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Tampak depan pemodelan struktur dengan SAP 2000 V14 (hasil analisis)



Gambar 2. Tampak samping pemodelan struktur dengan SAP 2000 V14 (hasil analisis)

3.3. Analisis Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur meliputi perhitungan beban mati, beban hidup, dan beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019. Rekapitulasi beban bangunan dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1
Rekapitulasi beban bangunan

No	Keterangan	Beban (kN/m ²)
1	Kolom	512,91
2	Balok	1079,86
3	Pelat	22849,46
4	Tangga	10196,16
5	Bordes	1027,18
Total		35665,57

Setelah itu dilakukan pengecekan untuk mengetahui kesesuaian struktur dari total berat bangunan yang dihitung dengan aplikasi SAP2000 V14 dengan total beban bangunan yang dihitung dengan *Excel*.

Tabel 2
Rekapitulasi beban bangunan dengan SAP2000 V14

Story	Element Type	Material	Total Weight kN
TOTAL	ALL	ALL	33402,01

$$\begin{aligned}
 kontrol &= \frac{\text{Beban SAP} - \text{Beban Rencana}}{\text{Beban Rencana}} \times 100\% \quad (1) \\
 &= \frac{33402,01 - 35665,57}{35665,57} \times 100\% \\
 &= -0,06347
 \end{aligned}$$

Dari hasil kontrol Pembebanan tersebut didapat persentase -0,06347 yang dimana sudah memenuhi persyaratan yaitu kurang dari 5% sehingga pemodelan tersebut dapat dilanjutkan untuk perhitungan.

3.4. Analisis Beban Gempa (Gaya Geser Dasar)

Nilai gaya geser dasar dinamik harus lebih besar dari nilai gaya geser statik. Jika nilai gaya geser dasar dinamik kurang dari gaya geser dasar statik maka perlu dikalikan dengan angka faktor. Nilai gaya geser dinamik dan statik dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3
Nilai gaya geser dasar

	Vstatik	Vdinamik	Kontrol
X	11234,65	9558	Belum
Y	11234,65	11170	Belum

Berdasarkan hasil analisis program SAP2000 V14 didapatkan nilai gaya geser dasar dinamik kurang dari nilai gaya geser dasar statik sehingga harus dilakukan penskalaan gaya.

Berikut merupakan tahapan perhitungan faktor skala.

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor Skala arah } x &= \frac{100\% V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamik}}} \quad (2) \\
 &= \frac{100\% \cdot 11234,65}{9558} \\
 &= 1,175
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor Skala arah } y &= \frac{100\% V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamik}}} \quad (3) \\
 &= \frac{100\% \cdot 11234,65}{11170} \\
 &= 1,006
 \end{aligned}$$

3.5. Ketidakberaturan Horizontal

Nilai simpangan antar lantai pada SAP2000 V14 dapat dilihat dengan cara, *Display*. Analisis perhitungan nilai simpangan dihitung berdasarkan data koefisien amplifikasi defleksi (Cd) = 2,5, faktor keutamaan gempa (Ie) = 1,5. Untuk nilai simpangan antar lantai diambil nilai maksimal dari hasil analisis Kombinasi 4. Berikut contoh perhitungan hasil analisis simpangan elastis bangunan pada Lantai 2 Arah Y.

$$\begin{aligned}
 \delta_{xe} &= \delta \text{ Lantai 2} - \delta \text{ Lantai 1} \\
 &= 12,273 - 1,860 \\
 &= 10,413 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_x &= \frac{Cd \cdot \delta_{xe}}{Ie} \\
 &= \frac{2,5 \times 10,413}{1,5} \\
 &= 17,355 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Simpangan antar tingkat desain memiliki batasan yang tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) yang nilainya berdasarkan tipe struktur dan kategori risiko. Karena kategori bangunan termasuk kategori IV maka simpangan antar tingkat izin diambil dengan persamaan $0,015h_{sx}$.

$$\begin{aligned}
 \Delta_a &= 0,015 - 400 \\
 &= 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil contoh perhitungan di atas didapatkan nilai $\delta_x = 17,355 \text{ mm} < \Delta_a = 60 \text{ mm}$, maka simpangan antar lantaitersebut tidak melebihi dan memenuhi persyaratan batas simpangan antar tingkat izin. Berikut merupakan rekapitulasi dari perhitungan

simpangan antar lantai dapat dilihat pada Tabel 4. dan Tabel 5. beriku δ_x i.

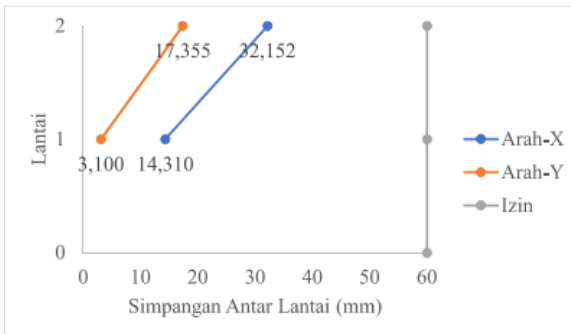
Tabel 4
Rekapitulasi perhitungan simpangan antar lantai arah X

Lantai	Tinggi (mm)	δ	δ_{xe}	Cd	δ_x	Δ_d	Ket
		mm	mm		mm	mm	
2	4000	27,877	19,291	2,5	32,152	60	OKE
1	4200	8,586	8,586	2,5	14,310	63	OKE

Tabel 5
Rekapitulasi perhitungan simpangan antar lantai arah Y

Lantai	Tinggi (mm)	δ	δ_{ye}	Cd	δ_y	Δ_d	Ket
		mm	mm		mm	mm	
2	4000	12,273	10,413	2,5	17,355	60	OKE
1	4200	1,860	1,860	2,5	3,100	60	OKE

Berdasarkan data rekapitulasi perhitungan pada Tabel 4 dan Tabel 5. Didapat grafik seperti Gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik simpangan antar lantai (hasil analisis)

Berdasarkan Gambar 3 untuk arah X (warna biru) maupun arah Y (warna oranye) menunjukkan nilai simpangan antar lantai pada masing-masing tingkat tidak melebihi batasan simpangan antar tingkat izin (warna abu-abu). sehingga dapat disimpulkan bangunan aman berdasarkan simpangan antar lantai yang disyaratkan pada SNI 1726:2019.

3.6. Evaluasi Kinerja Struktur

Level kinerja struktur (*structural performance levels*) ditentukan melalui kriteria *drift ratio* lantai 2 arah Y yang diperoleh pada saat target perpindahan tercapai dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 \text{Drift Ratio} &= \frac{\text{Target perpindahan (m)}}{\text{Elevasi gedung (m)}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,020455}{8,2} \times 100\% \\
 &= 0,249451 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 6
Perhitungan drift ratio berdasarkan perpindahan titik kontrol

Arah	Tinggi (m)	Target Perpindahan (m)	Drift Ratio (%)	Level Kinerja Gedung
Arah -X	8,2	0,046462	0,566606	Immediate Occupancy
Arah-Y	8,2	0,020455	0,249451	Immediate Occupancy

Berdasarkan hasil tabel di atas, yang disyaratkan pada ATC-40 nilai *drift ratio* arah X dan arah Y sebesar 0,5666 % dan 0,2494 % dan kurang dari 1% maka termasuk pada kategori *Immediate Occupancy*. Kinerja Gedung *Immediate Occupancy* berarti keadaan kerusakan pasca gempa hanya terjadi kerusakan struktural yang sangat terbatas. Komponen bukan struktur masih ada dan kebanyakan masih berfungsi dengan baik.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis struktur, Gedung akademi Seni Karawitan Institut Seni Indonesia Surakarta dengan metode respons Spektrum, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut,

- a. Berdasarkan hasil analisis menghasilkan V dinamik arah X = 9558 kN dan arah Y = 11170 kN dan untuk V statik arah X = 12247,403 kN dan arah Y = 12247,403 kN, sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai akhir respon dinamik belum memenuhi persyaratan SNI 1726:2019 dan harus dilakukan penskalaan gaya dan didapat untuk faktor skala arah X sebesar 1,175 dan arah Y sebesar 1,006. Penskalaan tersebut bertujuan agar nilai gaya geser dasar memenuhi persyaratan SNI 1726:2019 dan untuk hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan nilai simpangan antar lantai terbesar berada pada lantai 2 dengan arah X sebesar 32,152 mm dan untuk arah Y sebesar 14,310 mm dan nilai ini tidak melebihi dan memenuhi persyaratan batasan simpangan antar tingkat izin (44) = 60 mm.
- b. Berdasarkan hasil evaluasi kinerja struktur yang ditentukan melalui *drift ratio* untuk arah-X nilai target perpindahan 0,046462 m dan didapat nilai *drift ratio* sebesar 0,5666 %. Untuk arah-Y nilai target perpindahan 0,02046 m didapat nilai drift ratio sebesar 0,24945 9%, sehingga dapat dinyatakan Gedung Akademi Seni Karawitan Institut Seni Indonesia di Surakarta aman dan memenuhi persyaratan kinerja struktur dan termasuk

dalam kategori *level* kinerja gedung IO (*Immediate Occupancy*).

DAFTAR PUSTAKA

- SNI, 1726-2019. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bubungan Gedung dan Non Gedung. *SNI 1726:2019*, 8, 254.
- SNI, 1727-2020. (2020). Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain 1727:2020. *Badan Standarisasi Nasional 1727:2020*, 8, 1-336.
- SNI, 1726-2012. (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bubungan Gedung dan Non Gedung. *SNI 1726:2012*, 8, 254.
- Rosyidah A., Wicaksana A. (2021). Perbandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*. Vol 18. No. 1. Hal 89-99.