



ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG RUSUN ASN 3 AKIBAT BEBAN GEMPA

Roski Apriliani, Budi Kudwadi, Ben Novarro Batubara*

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Industri, Universitas Pendidikan
Indonesia, Bandung, Indonesia

*Corresponding author, email: bensnovr@upi.edu

ABSTRACTS

Rusun ASN 3 Building is a multi-story residential building with height of 54.8 m located in East Kalimantan. For the comfort and safety of the building occupants, an analysis of the effects of earthquake loads is needed. This research analyzed using the response spectrum and time history methods. This research was conducted to determine the maximum drift value and level of structural performance based on ATC – 40. The results obtained were that the maximum drift value due to spectrum response earthquake was 41.6130 mm for X direction and 48.9380 mm for Y direction. The maximum drift value due to time history earthquake, for Chuetsu-oki earthquake it was 33.7160 mm in X direction and 55.3960 mm in Y direction; for Kushirooki earthquake it was 40.9760 mm in X direction and 39.9820 mm in Y direction; for Miyagi_Pre.Off earthquake, it was 53.5150 mm in X direction and 42.9820 mm in Y direction. The level of structural performance of the building due to earthquake loads, was at the Immediate Occupancy (IO) performance level, which means the building was still able to withstand the forces of the earthquake that occurred.

ARTICLE INFO

Article history:

Submitted/Received: 7 November 2024

First Revised: 2 Desember 2024

Accepted: 25 Desember 2024

First Available online: 31 Desember 2024

Publication Date: 01 Januari 2025

Keywords:

ATC-40, Spectrum Response,
Time History, Dynamic
Earthquake, Structural
Performance

1. PENDAHULUAN

Bencana alam berupa gempa bumi merupakan bencana yang tidak dapat dihindarkan oleh manusia. Indonesia sebagai negara yang menempati zona tektonik aktif, memiliki potensi tinggi untuk terjadinya gempa bumi (Zahra, Purwanto, & Suptiyadi, 2014). Oleh karena itu, pada proses perancangan suatu bangunan gedung, perlu didesain agar tahan terhadap gempa (Guleria, 2014). Prosedur analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui respon struktur bangunan gedung akibat beban gempa dapat dilakukan dengan metode analisis gempa statik ekuivalen dan metode analisis gempa dinamik. Berdasarkan SNI 1726:2019, untuk struktur bangunan tidak beraturan yang bertingkat dengan ketinggian lebih dari 48.8 m, diizinkan analisis menggunakan metode analisis gempa dinamik.

Analisis gempa dinamik terdiri dari analisis respon spektrum dan *time history* (riwayat waktu) (Rendra, Kurniawandy, & Djauhari, 2016). Pada analisis dinamik respon spektrum, dibutuhkan respon maksimum dari tiap ragam getar yang terjadi yang didapat dari spektrum respon rencana (*design spectra*) (Mawarti, Galuh, Shulhan, & Yasin, 2022) dan analisis dinamik riwayat waktu (*time history*), diperlukan rekaman percepatan gempa (Limbongan, Dapas, & Wallah, 2016). Analisis kinerja struktur digunakan untuk menilai seberapa besar kerusakan yang terjadi pada struktur akibat gempa bumi serta untuk menetapkan apakah struktur tersebut masih dapat menjalankan fungsinya dengan baik setelah mengalami gempa. Faktor yang dipertimbangkan dalam evaluasi ini adalah nilai simpangan (*drift*) (Pratama, Setiya, & Wibowo, 2014). Simpangan merupakan jarak perpindahan antar lantai pada suatu bangunan terhadap lantai dasarnya.

Konsep perencanaan berbasis kinerja (*performance-based design*) merupakan kombinasi dari aspek tahanan dan aspek kelayakan dari suatu bangunan struktur (Dwi, Cornelis, & Hangge, 2021). Konsep ini memiliki beberapa standar yang menjadi acuan dalam membuat perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa, salah satunya adalah ATC-40. Berdasarkan standar ATC-40, kinerja struktur dibagi menjadi 6 kategori level kinerja struktur dan beberapa pertimbangan kondisi kerusakan (*damage state*) (Mayesi, Imani, & Nanda, 2022).

Gedung Rusun ASN 3 merupakan gedung hunian yang memiliki luas sebesar 16.478,3881 m². Gedung Rusun ASN 3 adalah gedung bertingkat dengan jumlah lantai sebanyak 12 lantai dan 3 lantai atap atau memiliki ketinggian 54.8 m yang berlokasi di Kalimantan Timur. Dengan mempertimbangkan bentuk dan ketinggian struktur gedung, maka analisis gempa dinamis diperlukan demi keamanan dan kenyamanan para penghuni gedung.

Berdasarkan latar belakang, penulis tertarik untuk menganalisis perilaku struktur pada bangunan gedung terhadap beban gempa dinamis dengan judul "Analisis Kinerja Struktur Gedung Rusun ASN 3 akibat Beban Gempa". Analisis dilakukan untuk mengetahui nilai simpangan (*drift*) maksimum Gedung Rusun ASN 3 terhadap beban gempa respon spektrum

dan time history serta untuk mengetahui level kinerja struktur Gedung Rusun ASN 3 berdasarkan standar ATC-40.

2. METODE

2.1 Lokasi penelitian

Studi kasus yang dianalisis pada penelitian ini adalah Gedung Rusun ASN 3 berlokasi di Jalan ABC, Bumi Harapan, Kecamatan Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur dengan titik koordinat $X = 467904,52$ m dan $Y = 9893290,87$. Gedung Rusun ASN 3 merupakan gedung dengan struktur beton bertulang 12 lantai dengan 3 lantai atap seluas $16.478,3881$ m².

2.2 Metode dan Teknik Analisis

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan artikel ini adalah menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan suatu hasil penelitian dalam bentuk deskripsi atau penjelasan. Sedangkan metode kuantitatif merupakan penelitian sistematis dengan data yang digunakan merupakan data yang dapat diukur menggunakan teknik statistik, matematika atau komputasi (Muhammad, 2021).

Penelitian menggunakan analisis dinamik terhadap beban gempa dengan penggunaan *software* ETABS versi 18.0.2. Proses analisis dilakukan dengan memodelkan gedung secara 3 (tiga) dimensi, seperti kolom, balok, pelat, dan elemen struktur gedung lainnya ke dalam *software*. Pemodelan struktur gedung pada *software* dilakukan dengan menyesuaikan dimensi dan mutu bahan dari setiap komponen struktur gedung (Andriyanto, Budi, & Wibowo, 2014). Setelah pemodelan, dilakukan analisis terhadap simpangan (*drift*) dan perpindahan (*displacement*) sebagai output dari *software* yang kemudian dilakukan evaluasi kinerja struktur berdasarkan ATC-40 (Priyono, Setiya, & Supardi, 2014).

$$\text{Maximum total drift} = \frac{D_t}{H} \quad (1)$$

$$\text{Maksimum inelastic drift} = \frac{D_t - D_1}{H} \quad (2)$$

Keterangan:

D_t	= <i>displacement</i> target
D_1	= <i>displacement</i> pertama
H	= tinggi total struktur

Level kinerja struktur diatur berdasarkan nilai maximum total drift dan maksimum inelastic drift yang diatur dari ATC – 40. Batas-batas rasio simpangan horizontal pada titik kinerja sehingga menghasilkan nilai performa struktur disajikan dalam Tabel 1.

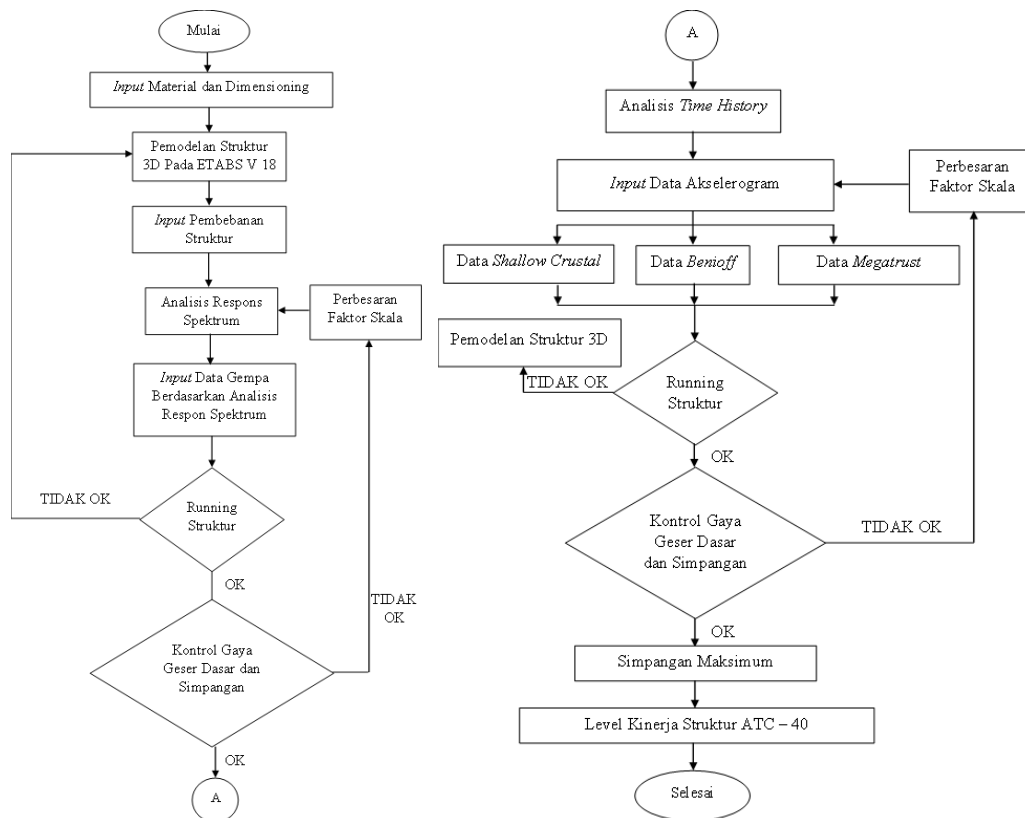
Tabel 1. Batas Rasio Simpangan Horizontal (*Drift*) Atap

Parameter	Performance Level			
	IO	Damage Control	LS	Structural Stability
Maximum Total Drift	0.01	0.01 s.d 0.02	0.02	$0.33 \frac{v_i}{P_t}$
Maximum Inelastic Drift	0.005	0.005 s.d 0.015	Not Limit	No Limit

Sumber: ATC (*Applied Technology Council*) (1996)s

2.3 Diagram Alir

Tahap-tahap penelitian yang dilakukan, disajikan dalam diagram alir. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.4 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa gambar DED (*detail engineering design*) yang didapatkan dari perusahaan terkait sebagai acuan dalam pemodelan struktur pada software ETABS v.18.0.2. Deskripsi struktur Gedung Rusun ASN 3 adalah sebagai berikut:

- a. Nama gedung : Rusun ASN 3
- b. Fungsi bangunan : Hunian bertingkat
- c. Jenis struktur : Beton bertulang
- d. Luas bangunan : 16.478,3881 m²

- e. Tinggi bangunan : 54.8 m
- f. Mutu beton (f_c') : 30 MPa dan 35 Mpa

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembebanan

Struktur terdiri dari material yang memiliki massa, oleh karena itu struktur akan mengalami pengaruh dari berat sendiri. Beban mati merupakan beban yang dihasilkan dari berat sendiri atau berat material struktur dan elemen-elemen konstruksi. Selain beban mati, bangunan struktur juga terkena pengaruh dari beban-beban yang muncul akibat dari fungsi atau penggunaan ruangan, yang disebut sebagai beban hidup. Struktur juga dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal seperti pengaruh alam, seperti angin, salju, dan gempa (Rizki & Rohman, 2018).

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban dari elemen struktur (Kharisma & Gultom, 2022). Beban mati dapat disebut juga beban sendiri dapat dihitung secara langsung (otomatis) dalam software, oleh karena itu, perhitungan beban mati secara manual dilakukan untuk menghitung beban material tambahan. Adapun beberapa material tambahan di luar elemen struktur yang digunakan pada Gedung Rusun ASN 3 adalah sebagai berikut:

- a. Pasir, per cm tebal : 1600 kg/m²
- b. Adukan semen, per cm tebal : 21 kg/m²
- c. Keramik : 24 kg/m²
- d. Dinding : 100 kg/m²
- e. Mekanikal Elektrikal dan Plafon : 25 kg/m²
- f. Water Proofing : 5 kg/m²
- g. Air Hujan

2. Beban Hidup

Besarnya beban hidup pada umumnya dapat ditentukan berdasarkan standar yang berlaku. Beban hidup gedung dikategorikan berdasarkan fungsi dari setiap ruangan dari gedung tersebut (Ramadhan, Artiani, & Triastuti, 2024). Adapun beberapa ruangan dalam Gedung Rusun ASN 3 adalah sebagai berikut.

- a. Ruang pribadi dan koridornya : 192 kg/m²
- b. Beban hidup atap : 96 kg/m²

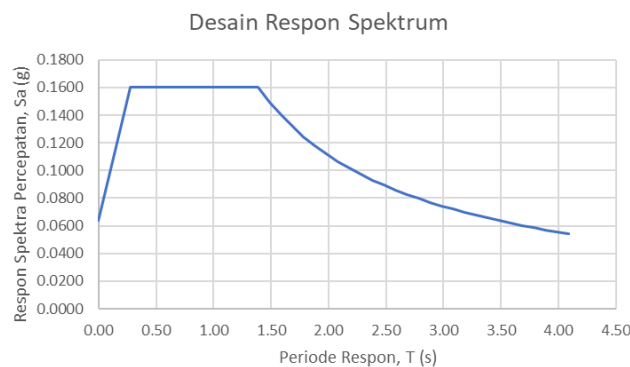
3.2. Analisis Respon Spektrum

Dalam analisis linear dinamik respon spektrum, penentuan parameter respon spektral harus dihitung terlebih dahulu. Beberapa parameter untuk analisis respon spektrum dapat ditentukan berdasarkan Peta Desain Spektra Indonesia pada SNI 1726:2019.

DOI:

a. Kategori risiko struktur	= II
b. Faktor keutamaan gempa,	$I_e = 1$
c. Klasifikasi situs,	= SE (tanah lunak)
d. Spektral percepatan periode pendek,	$S_s = 0.100192 \text{ g}$
e. Spektral percepatan periode 1 detik,	$S_1 = 0.079271 \text{ g}$
f. Koefisien situs,	$F_a = 2.4$ $F_v = 4.2$
g. Percepatan desain periode pendek,	$S_{DS} = 0.1603072 \text{ g}$
h. Percepatan desain periode pendek,	$S_{D1} = 0.1603072 \text{ g}$
i. Kategori desain seismik,	= D
j. Koefisien modifikasi respons,	$R = 8$
k. Faktor kuat lebih sistem,	$\Omega_0 = 3$
l. Faktor pembesaran defleksi,	$C_d = 5.5$
m. Koefisien untuk batas periode,	$C_u = 1.4780412 \text{ g}$
n. Parameter periode pendekatan,	$C_t = 0.0466$ $x = 0.9$
o. Periode getar struktur	
Periode fundamental pendekatan,	$T_a = 1.7112 \text{ detik}$
Periode maksimum,	$T_{max} = 2.5292 \text{ detik}$
Periode hasil arah X,	$T_{c,X} = 3.004 \text{ detik}$ (<i>output ETABS</i>)
Periode hasil arah Y,	$T_{c,Y} = 3.059 \text{ detik}$ (<i>output ETABS</i>)
Karena kondisi memenuhi kontrol $T_c > T_{max}$, maka	
Periode pakai arah X,	$T_X = 2.5292 \text{ detik}$
Periode pakai arah Y,	$T_Y = 2.5292 \text{ detik}$

Berdasarkan periode yang telah dihitung, didapatkan nilai respon spectra percepatan (S_a) sesuai dengan yang disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Desain Respon Spektrum
Sumber: Hasil Olah Data (2024)

DOI:

Gaya geser dasar seismik adalah respons struktural dari bangunan yang menghasilkan gaya geser di bagian bawah atau dasarnya selama gempa bumi terjadi. Koefisien geser dasar seismik (V) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan perumusan berikut:

$$V = C_s W \quad (3)$$

Keterangan:

C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan

W = berat seismik efektif

Nilai gaya geser dasar akibat beban gempa dinamik perlu lebih besar atau sama dengan nilai gaya geser dasar statik. Jika belum memenuhi syarat, maka perlu dilakukan perbesaran faktor skala (Damara & Handayani, 2024). Dengan demikian nilai gaya geser dasar dinamik (V_{dinamik}) sudah memenuhi syarat seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Gaya Geser Dasar Dinamik (Akibat Beban Gempa Respon Spektrum)

Gempa	Sumbu	Unscaled (kN)		FS	SF (mm/s ²)	Scaled (kN)	
		V statik	V dinamik			V statik	V dinamik
Respon	X	1338.8709	906.6995	1.4766	1810.1144	1338.8709	1339.1938
Spektrum	Y	1338.8717	854.8947	1.5662	1919.8046	1338.8717	1338.9347

Sumber: Hasil Olah Data (2024)

3.3. Time History

Analisis *time history* memerlukan data rekaman gempa yang pemilihannya didasarkan pada nilai parameter gempa pada lokasi penelitian (Yudi, Wirawan, Apriwelni, & Marudut, 2020). Data rekaman gerak tanah yang diakibatkan oleh gempa sesar dangkal (*shallow crustal*) dapat diperoleh dari situs *Peer Ground Motion Database* (Handoyo, Afifuddin, & Putra, 2019). Untuk gempa akibat pergerakan lempeng dalam (*benioff*) dapat diperoleh dari situs *Natural Hazards Risks and Resiliency Research Center*. Didapatkan data riwayat rekaman gerakan tanah pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Riwayat Rekaman Gerak Tanah

Sumber Gempa	Nama Gempa	Stasiun	Tahun	Magnitude (SR)	Jarak (km)
Shallow Crustal	Chuetsu-oki, Japan	ISK002	2007	6.8	96.57
Benioff	Kushirooki, Japan	SHIRANUKA	2004	7.01	94.3915
Benioff	Miyagi_Pre.Off	KAKUDA	2011	7.15	97.0613

Sumber: Hasil Olah Data (2024)

Berdasarkan SNI 1726:2019, setiap komponen dari data Riwayat percepatan tanah yang digunakan harus dicocokkan secara spektral dalam rentang $0.8 T_{\text{lower}}$ sampai dengan $1.2 T_{\text{upper}}$.

$$T_{\text{lower}} = 0.238 \text{ detik}$$

$$0.8 T_{\text{lower}} = 0.1904 \text{ detik}$$

$$T_{\text{upper}} = 3.059 \text{ detik}$$

$$1.2 T_{\text{upper}} = 3.6708 \text{ detik}$$

DOI:

Penskalaan gaya geser dasar seismik diperlukan jika nilai gaya geser dasar dinamik lebih kecil dari nilai gaya geser dasar seismik statik (Purba, 2014). Berikut merupakan nilai rekapitulasi penskalaan gaya pada gempa analisis time history, disajikan dalam Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Gaya Geser Dasar Dinamik (Akibat Beban Gempa *Time History*)

Gempa	Sumbu	Unscaled (kN)		FS	SF (mm/s ²)	Scaled (kN)	
		V static	V dinamic			V static	V dinamic
Chuetsu-oki	X	1338.8706	959.8693	1.3948	1709.8468	1338.8706	1339.0155
	Y	1338.8715	747.2371	1.7918	2196.3986	1338.8715	1339.0505
Kushirooki	X	1338.8706	951.1018	1.4077	1725.6086	1338.8706	1341.0533
	Y	1338.8715	1025.832	1.3052	1599.9019	1338.8715	1343.8422
Miyagi_ Pre.Off	X	1338.8706	704.8723	1.8995	2328.4067	1338.8706	1339.2592
	Y	1338.8715	906.4891	1.4770	1810.5353	1338.8715	1338.8844

Sumber: Hasil Olah Data (2024)

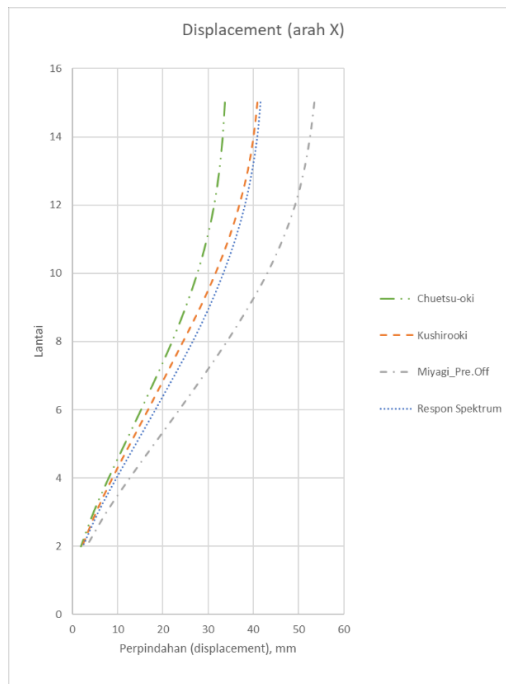
3.4. Displacement

Perpindahan (*displacement*) terjadi apabila adanya derajat kebebasan yang dialami struktur gedung (Pranata, Bunyamin, & Hady, 2023). Perpindahan pada struktur disebabkan oleh batang (*beam*) yang mengalami lendutan (defleksi) yang jika nilainya melebihi batas izin maka dapat menyebabkan ketidakstabilan pada struktur gedung tersebut. Nilai perpindahan didapatkan langsung dari program ETABS. Berikut merupakan rekapitulasi nilai perpindahan (*displacement*) arah X yang terjadi akibat gempa dinamik disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Perpindahan Arah X

Lantai	H (mm)	Perpindahan arah X (mm)			
		Respon Spektrum	Chuetsu-oki	Kushirooki	Miyagi_Pre.Off
15	3800	41.6130	33.7160	40.9760	53.5150
14	3800	40.9010	33.2380	40.1210	52.5710
13	3800	39.7560	32.4890	38.8340	51.2200
12	3800	38.1770	31.3590	36.9740	49.2580
11	3800	36.0570	29.7510	34.6070	46.5570
10	3800	33.4050	27.6360	31.6930	43.0870
9	3800	30.2520	25.0350	28.2960	38.8750
8	3800	26.6330	22.0570	24.5040	34.1500
7	3800	22.5750	18.6920	20.6360	28.9760
6	3800	18.3760	15.1890	16.7320	23.5900
5	3800	14.0700	11.5950	12.7470	18.0600
4	3800	9.7840	8.0300	8.8210	12.6130
3	3800	5.7540	4.7000	5.2120	7.4750
2	5400	2.3760	1.9250	2.1520	3.0950

Sumber: Hasil Olah Data (2024)



Gambar 3. Perpindahan Arah X

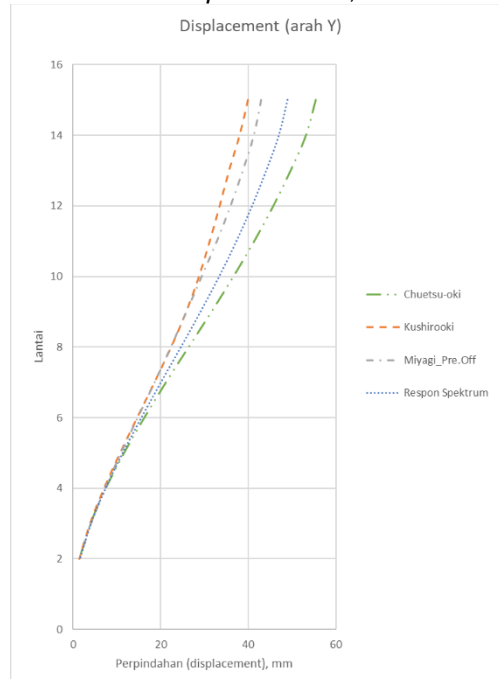
Sumber: Hasil Olah Data (2024)

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai perpindahan terbesar (maksimum) arah X berada pada lantai teratas akibat beban gempa Miyagi_Pre.Off sebesar 53.5150 mm. Untuk rekapitulasi nilai perpindahan (*displacement*) arah Y yang terjadi akibat gempa dinamik disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Perpindahan arah Y

Lantai	H (mm)	Perpindahan arah Y (mm)			
		Respon Spektrum	Chuetsu-oki	Kushirooki	Miyagi_Pre.Off
15	3800	48.9380	55.3960	39.9820	42.9820
14	3800	46.9600	53.1810	38.0600	41.3090
13	3800	44.0830	49.6770	35.6520	38.7890
12	3800	40.8540	45.7520	33.5160	35.9780
11	3800	37.2770	41.3920	31.2540	32.8510
10	3800	33.3340	36.6510	28.8110	29.3880
9	3800	29.0680	31.6340	25.8770	25.8990
8	3800	24.5750	26.4200	22.4520	22.3270
7	3800	20.0030	21.2430	18.6320	18.6020
6	3800	15.5450	16.3170	14.6830	14.7500
5	3800	11.2810	11.6870	10.7880	10.9220
4	3800	7.3730	7.5330	7.1270	7.2790
3	3800	4.0320	4.0610	3.9320	4.0530
2	5400	1.5170	1.5060	1.4940	1.5500

Sumber: Hasil Olah Data (2024)



Gambar 4. Perpindahan Arah Y

Sumber: Hasil Olah Data (2024)

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai perpindahan terbesar (maksimum) arah Y berada pada lantai teratas akibat beban Chuetsu-oki sebesar 55.3960 mm.

3.5. Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat dapat diperoleh dari nilai *displacement* (perpindahan) yang didapatkan dari *output* program ETABS. Nilai *drift* (simpangan) yang telah dihitung tidak boleh melebihi nilai simpangan izin (Anam, Sutriyono, & Trimutiningrum, 2020). Berikut merupakan parameter yang digunakan dalam perhitungan.

$$\Delta_{max} = \Delta a / \rho \tag{4}$$

$$\Delta a = 0.02 h \tag{5}$$

$$\delta = D_{lantai\ i} - D_{lantai\ i-1} \tag{6}$$

$$\Delta = \delta \times Cd / Ie \tag{7}$$

Keterangan:

Δ_{max} = simpangan antar tingkat izin

ρ = faktor redudansi

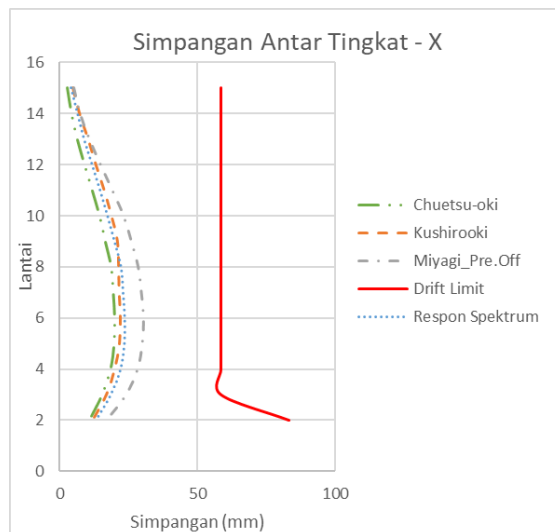
δ = elastic drift

Sehingga didapatkan nilai simpangan arah X seperti yang disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Simpangan Antar Tingkat Arah X

Lantai	H (mm)	Simpangan antar lantai X (mm)				Drift Limit	Cek
		Respon Spektrum	Chuetsu-oki	Kushirooki	Miyagi_Pre.Off		
15	3800	3.9160	2.6290	4.7025	5.1920	58.4615	OK
14	3800	6.2975	4.1195	7.0785	7.4305	58.4615	OK
13	3800	8.6845	6.2150	10.2300	10.7910	58.4615	OK
12	3800	11.6600	8.8440	13.0185	14.8555	58.4615	OK
11	3800	14.5860	11.6325	16.0270	19.0850	58.4615	OK
10	3800	17.3415	14.3055	18.6835	23.1660	58.4615	OK
9	3800	19.9045	16.3790	20.8560	25.9875	58.4615	OK
8	3800	22.3190	18.5075	21.2740	28.4570	58.4615	OK
7	3800	23.0945	19.2665	21.4720	29.6230	58.4615	OK
6	3800	23.6830	19.7670	21.9175	30.4150	58.4615	OK
5	3800	23.5730	19.6075	21.5930	29.9585	58.4615	OK
4	3800	22.1650	18.3150	19.8495	28.2590	58.4615	OK
3	3800	18.5790	15.2625	16.8300	24.0900	58.4615	OK
2	5400	13.0680	10.5875	11.8360	17.0225	83.0769	OK

Sumber: Hasil Olah Data (2024)



Gambar 5. Simpangan Antar Tingkat Arah X

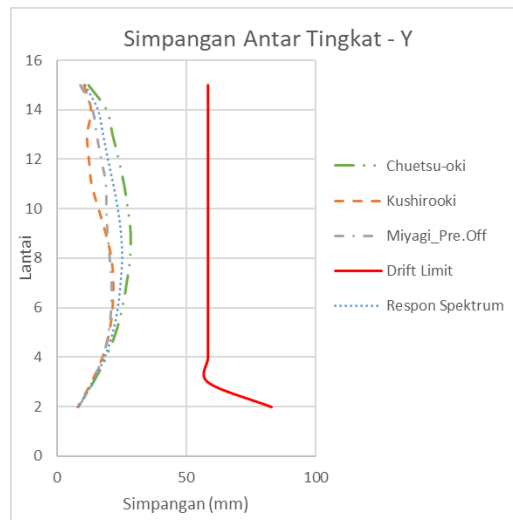
Sumber: Hasil Olah Data (2024)

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai simpangan antar tingkat terbesar (maksimum) arah X diakibatkan oleh beban gempa Miyagi_Pre.Off sebesar 30.4150 mm. Semua nilai simpangan antar tingkat pada setiap hasil analisis masih memenuhi persyaratan. Untuk rekapitulasi nilai simpangan antar tingkat (*drift*) arah Y yang terjadi akibat gempa dinamik disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Simpangan Antar Tingkat Arah Y

Lantai	H (mm)	Simpangan antar lantai X (mm)			Drift Limit	Cek	
		Respon Spektrum	Chuetsu-oki	Kushirooki			Miyagi_Pre.Off
15	3800	10.8790	12.1825	10.5710	9.2015	58.4615	OK
14	3800	15.8235	19.2720	13.2440	13.8600	58.4615	OK
13	3800	17.7595	21.5875	11.7480	15.4605	58.4615	OK
12	3800	19.6735	23.9800	12.4410	17.1985	58.4615	OK
11	3800	21.6865	26.0755	13.4365	19.0465	58.4615	OK
10	3800	23.4630	27.5935	16.1370	19.1895	58.4615	OK
9	3800	24.7115	28.6770	18.8375	19.6460	58.4615	OK
8	3800	25.1460	28.4735	21.0100	20.4875	58.4615	OK
7	3800	24.5190	27.0930	21.7195	21.1860	58.4615	OK
6	3800	23.4520	25.4650	21.4225	21.0540	58.4615	OK
5	3800	21.4940	22.8470	20.1355	20.0365	58.4615	OK
4	3800	18.3755	19.0960	17.5725	17.7430	58.4615	OK
3	3800	13.8325	14.0525	13.4090	13.7665	58.4615	OK
2	5400	8.3435	8.2830	8.2170	8.5250	83.0769	OK

Sumber: Hasil Olah Data (2024)



Gambar 6. Simpangan Antar Tingkat Arah Y

Sumber: Hasil Olah Data (2024)

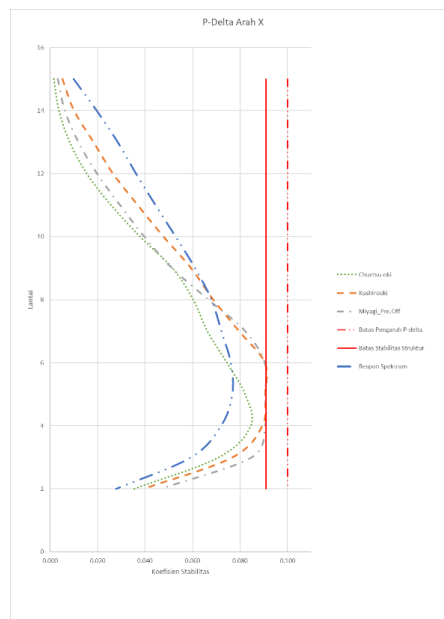
3.6. P-delta

Nilai P-delta dipengaruhi oleh story force yang berupa beban desain (P) dan gaya geser seismik (Vx) yang didapatkan dari ETABS. Berikut merupakan rekapitulasi nilai koefisien stabilitas akibat gempa dinamik arah X dalam Tabel 9.

Tabel 9. Pengaruh P-Delta Arah X

Lantai	H (mm)	P-delta Arah X				Batas Pengaruh P-delta	Batas Stabilitas Struktur	Cek
		Respon Spektrum	Chuetsu-oki	Kushirooki	Miyagi_Pre.Off			
15	3800	0.0036	0.0016	0.0053	0.0032	0.1000	0.0909	OK
14	3800	0.0078	0.0037	0.0102	0.0062	0.1000	0.0909	OK
13	3800	0.0139	0.0083	0.0184	0.0119	0.1000	0.0909	OK
12	3800	0.0215	0.0155	0.0266	0.0198	0.1000	0.0909	OK
11	3800	0.0299	0.0257	0.0370	0.0295	0.1000	0.0909	OK
10	3800	0.0391	0.0379	0.0478	0.0397	0.1000	0.0909	OK
9	3800	0.0492	0.0516	0.0594	0.0514	0.1000	0.0909	OK
8	3800	0.0604	0.0603	0.0688	0.0667	0.1000	0.0909	OK
7	3800	0.0679	0.0662	0.0796	0.0823	0.1000	0.0909	OK
6	3800	0.0769	0.0745	0.0905	0.0905	0.1000	0.0909	OK
5	3800	0.0842	0.0822	0.0906	0.0907	0.1000	0.0909	OK
4	3800	0.0869	0.0845	0.0894	0.0907	0.1000	0.0909	OK
3	3800	0.0797	0.0710	0.0768	0.0849	0.1000	0.0909	OK
2	5400	0.0436	0.0353	0.0394	0.0466	0.1000	0.0909	OK

Sumber: Hasil Olah Data (2024)



Gambar 7. P-Delta Arah X

Sumber: Hasil Olah Data (2024)

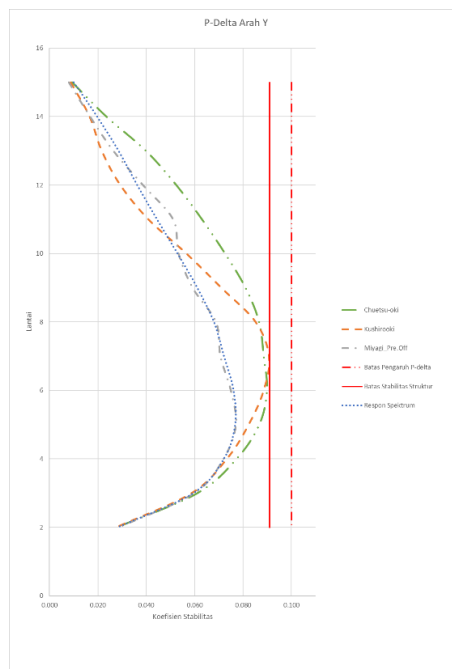
Tabel 9 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai koefisien stabilitas pada Gedung Rusun ASN 3 memenuhi dan tidak melebihi nilai batas stabilitas struktur yang disyaratkan. Oleh karena itu, struktur Gedung Rusun ASN 3 stabil pada arah X. Untuk rekapitulasi nilai koefisien kestabilan arah Y yang terjadi akibat gempa dinamik disajikan dalam Tabel 10.

DOI:

Tabel 10. Pengaruh P-Delta Arah Y

Lantai	H (mm)	P-delta Arah Y				Batas Pengaruh P-delta	Batas Stabilitas Struktur	Cek
		Respon Spektrum	Chuetsu-oki	Kushirooki	Miyagi _Pre.Off			
15	3800	0.0099	0.0094	0.0087	0.0079	0.1000	0.0909	OK
14	3800	0.0196	0.0235	0.0165	0.0167	0.1000	0.0909	OK
13	3800	0.0285	0.0398	0.0215	0.0264	0.1000	0.0909	OK
12	3800	0.0362	0.0524	0.0292	0.0386	0.1000	0.0909	OK
11	3800	0.0444	0.0630	0.0408	0.0511	0.1000	0.0909	OK
10	3800	0.0529	0.0725	0.0566	0.0533	0.1000	0.0909	OK
9	3800	0.0611	0.0810	0.0710	0.0591	0.1000	0.0909	OK
8	3800	0.0680	0.0866	0.0852	0.0688	0.1000	0.0909	OK
7	3800	0.0721	0.0885	0.0907	0.0706	0.1000	0.0909	OK
6	3800	0.0761	0.0898	0.0885	0.0749	0.1000	0.0909	OK
5	3800	0.0767	0.0866	0.0822	0.0770	0.1000	0.0909	OK
4	3800	0.0720	0.0772	0.0732	0.0718	0.1000	0.0909	OK
3	3800	0.0593	0.0609	0.0585	0.0597	0.1000	0.0909	OK
2	5400	0.0278	0.0276	0.0273	0.0284	0.1000	0.0909	OK

Sumber: Hasil Olah Data (2024)



Gambar 8. P-Delta Arah Y
 Sumber: Hasil Olah Data (2024)

Tabel 10 dan Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai koefisien stabilitas pada Gedung Rusun ASN 3 memenuhi dan tidak melebihi nilai batas stabilitas struktur yang disyaratkan. Oleh karena itu, struktur Gedung Rusun ASN 3 stabil pada arah Y.

3.7. Kinerja Struktur

Berikut merupakan rekapitulasi dari hasil perhitungan simpangan total maksimum, simpangan inelastic maksimum dan pengecekan level kinerja struktur berdasarkan ATC – 40 pada arah X dalam Tabel 11 dan pada arah Y dalam Tabel 12.

Tabel 11. Level Kinerja Struktur Arah X

Gempa	Displacement Target (m)	Displacement Pertama (m)	Simpangan Total Maksimum	Level Kinerja Struktur	Simpangan Inelastik Maksimum	Level Kinerja Struktur
Respon Spektrum	0.04161	0.00238	0.00076	IO	0.00072	IO
Chuetsu-oki	0.03372	0.00193	0.00062	IO	0.00058	IO
Kushirooki	0.04098	0.00215	0.00075	IO	0.00071	IO
Miyagi_Pre. Off	0.05352	0.00310	0.00098	IO	0.00092	IO

Sumber: Hasil Olah Data (2024)

Tabel 12. Level Kinerja Struktur Arah Y

Gempa	Displacement Target (m)	Displacement Pertama (m)	Simpangan Total Maksimum	Level Kinerja Struktur	Simpangan Inelastik Maksimum	Level Kinerja Struktur
Respon Spektrum	0.04894	0.00152	0.00089	IO	0.00087	IO
Chuetsu-oki	0.05540	0.00151	0.00101	IO	0.00098	IO
Kushirooki	0.03998	0.00149	0.00073	IO	0.00070	IO
Miyagi_Pre.Off	0.04298	0.00155	0.00078	IO	0.00076	IO

Sumber: Hasil Olah Data (2024)

Tabel 11 dan Tabel 12 berdasarkan nilai simpangan total maksimum yang telah dihitung, nilainya lebih kecil dari 0.01 dan semua nilai simpangan *inelastic maksimum* yang terjadi lebih kecil dari 0.005, sehingga Tabel 11 dan Tabel 12 menunjukkan bahwa Gedung Rusun ASN 3 termasuk ke dalam tingkat kinerja struktur level *Immediate Occupancy* (IO) pada semua model gempa pada arah X dan arah Y. Level kinerja *Immediate Occupancy* (IO) menunjukkan bahwa struktur mampu sepenuhnya menahan gaya geser dasar arah X dan arah Y.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan diskusi, nilai perpindahan maksimum pada Gedung Rusun ASN 3 akibat beban gempa respon spektrum didapatkan sejauh $X = 41.613$ mm dan $Y = 48.938$ mm, dengan simpangan (*drift*) horizontal maksimum $X = 23.683$ mm dan $Y = 25.146$ mm. Nilai perpindahan maksimum pada Gedung Rusun ASN 3 dengan analisis *time history*

DOI:

akibat beban gempa Chuetsu-oki adalah sejauh $X = 33.716$ mm dan $Y = 55.396$ mm, dengan simpangan (*drift*) horizontal maksimum $X = 19.767$ mm dan $Y = 28.677$ mm; perpindahan maksimum akibat beban gempa Kushiroomi sejauh $X = 40.976$ mm dan $Y = 39.982$ mm, dengan simpangan (*drift*) horizontal maksimum $X = 21.918$ mm dan $Y = 21.720$ mm; dan akibat beban gempa Miyagi_Pre.Off perpindahan maksimum sejauh $X = 53.515$ mm dan $Y = 42.982$ mm, dengan simpangan (*drift*) horizontal maksimum $X = 30.415$ mm dan $Y = 21.186$ mm.

Nilai simpangan total maksimum yang terjadi pada Gedung Rusun ASN 3 lebih kecil dari 0.01 dan semua nilai simpangan *inelastic* maksimum yang terjadi lebih kecil dari 0.005, sehingga Gedung Rusun ASN 3 termasuk ke dalam tingkat kinerja struktur level *Immediate Occupancy* (IO) pada semua model gempa pada arah X dan arah Y berdasarkan ATC – 40. Level kinerja *Immediate Occupancy* (IO) menunjukkan bahwa struktur mampu sepenuhnya menahan gaya geser dasar arah X dan arah Y. Bangunan tidak akan mengalami kerusakan yang berarti bila terjadi gempa dan dapat dengan langsung digunakan lagi sebagaimana fungsinya.

REFERENSI

- Anam, S., Sutriyono, B., & Trimurtiningrum, R. (2020). Studi Perbandingan Kinerja Gedung Beton Bertulang Srpmk 6 Lantai Dengan Menggunakan Metode Pushover Dan Nonlinear Time History Analysis. *Jurnal Ilmiah Mitsu (Media Informasi Teknik Sipil Universitas Wiraraja)*, 8(1), 33-41.
- Andriyanto, F., Budi, A. S., & Wibowo, W. (2014). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Dengan Analisis Riwayat Waktu Terhadap Drift Dan Displacement Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus: Hotel Di Daerah Karanganyar). *Matriks Teknik Sipil*, 2(1), 124.
- Damara, G. S., & Handayani, N. K. (2024). Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Sekolah 7 Lantai Dengan Analisis Dinamik Linier Respon Spektrum Berdasarkan SNI: 1726: 2019 (*Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta*).
- Guleria, A. (2014). *Structural Analysis of a Multi-Storeyed Building using ETABS for different Plan Configurations. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 3(5), 1481-1485. Dipetik Maret 6, 2024.
- Handoyo, I. N., Afifuddin, M., & Putra, R. (2019). Evaluasi Kinerja Gedung 20 Lantai dengan Variasi Dinding Geser Berdasarkan Analisis Time History Gempa. *Journal of The Civil Engineering Student*, 1(3), 83-90.
- Kharisma, R. Z., & Gultom, H. J. (2022). ANALISIS KINERJA STRUKTUR PADA GEDUNG

- MENGGUNAKAN METODE *TIME HISTORY ANALYSIS*. Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir, 26-38. Muhammad, R. (2021). Metode Penelitian. *Cipta Media Nusantara*.7
- Limbongan, S., Dapas, S. O., & Wallah, S. E. (2016). Analisis Struktur Beton Bertulang Kolom Pipih pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Sipil Statik*, 4(8).
- Mawarti, R., Galuh, D. L. C., Shulhan, M. A., & Yasin, I. (2022). Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Terhadap Beban Gempa Respon Spektrum (Studi Kasus: Zona 2 Apartemen Yogyakarta). *RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 7(1), 70-82.
- Mayesi, Imani, R., & Nanda. (2022). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Rumah Sakit Berbasis Kinerja (Performa Base Design). *Civil Engineering Collaboration*, 7, 1-6. Dipetik Maret 6, 2024.
- Muhammad, R. (2021). Metode Penelitian. *Cipta Media Nusantara*.
- Pangestu, K. D., Cornelis, R., & Hangge, E. (2021, September). Analisis Kinerja Struktur Pada Model Bangunan Setback Menggunakan Metode Time History Analysis. In *JURNAL FORUM TEKNIK SIPIL (J-ForTekS)* (Vol. 1, No. 2, pp. 1-12).
- Pranata, W., Bunyamin, & Hady, M. (2023). Analisis Dinamik Pada Gedung Laboratorium UPTD BPPPL DLHK Aceh dengan Menggunakan Metode Time History. *Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu*, 261-276.
- Pratama, F., Budi, A. S., & Wibowo, W. (2014). EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG 10 LANTAI DENGAN ANALISIS TIME HISTORY PADA TINJAUAN DRIFT DAN DISPLACEMENT MENGGUNAKAN SOFTWARE ETABS. *Matriks Teknik Sipil*, 2(3).
- Priyono, A., Budi, A. S., & Supardi, S. (2014). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai Dengan Analisis Respons Spektrum ditinjau Padadrift Dan Displacement menggunakan Software Etabs. *Matriks Teknik Sipil*, 2(3).
- Purba, H. L. (2014). Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Beraturan Dan Ketidak Beraturan Horizontal Sesuai SNI 03-1726-2012. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(4), 710-717.
- Pusat Studi Gempa Nasional. (2022). PETA DEAGREGASI BAHAYA GEMPA INDONESIA UNTUK PERENCANAAN DAN EVALUASI INFRASTRUKTUR TANAH GEMPA. Jakarta: *Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan*. Dipetik Maret 5, 2024.
- Rachman, N. Z., Purwanto, E., & Supriyadi, A. (2014). Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Pushover Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus:

DOI:

- Ramadhan, A. H., Artiani, G. P., & Triastuti, N. S. (2024). ANALISIS KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM PADA PROYEK GEDUNG KONI JAKARTA PUSAT. *Scientica Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 677-700.
- Rendra, R., Kurniawandy, A., & Djauhari, Z. (2016). KINERJA STRUKTUR AKIBAT BEBAN GEMPA DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM DAN TIME HISTORY. *Proceedings ACES (Annual Civil Engineering Seminar) (hal. 153-160)*. Pekanbaru: ACES PROSIDING Universitas Riau.
- Rizki, F., & Rohman, F. (2018). ANALISIS STRUKTUR RUANG RAWAT INAP KELAS III PRABU SILIWANGI RSUD GUNUNG JATI KOTA CIREBON. *Jurnal Konstruksi*, VII, 119-132. Dipetik Maret 6, 2024.
- Yudi, A., Wirawan, N. B., Apriwelni, S., & Marudut, S. (2020). ANALISA KINERJA STRUKTUR BETON BERTULANG PRACETAK DENGAN METODE LEVELLING TIME HITORY (STUDI KASUS ASRAMA ITERA). *Media Komunikasi Teknik Sipil*.