

ANALISIS KETAHANAN BANGUNAN GEDUNG BIRO PENGADAAN BARANG DAN JASA PROVINSI PAPUA DENGAN ANALISIS DINAMIK MENGGUNAKAN METODE RESPON SPEKTRUM

Erik Apriliansyah Hidayat¹, Ardi Azis Sila², dan Reny Rochmawati³

^{1*} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

^{2,3*} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

^{1*}ehidayat97@gmail.com, ^{2*}ardi.azis.sila@gmail.com, ^{3*}renyrochmawati8@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia adalah negara dengan potensi gempa yang tinggi, dikarenakan Indonesia berada diantara 3 lempengan tektonik yang mengakibatkan daerah Indonesia rawan terjadinya gempa bumi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui performa struktur bangunan pada Gedung Biro Pengadaan Barang dan Jasa berdasarkan hasil *Displacement, Base Shear dan Drift Ratio*. Dalam rangka meminimalisir kerusakan yang terjadi akibat gempa, struktur bangunan perlu dilakukan yang dimana bangunan di evaluasi menggunakan analisis dinamik. Drift ratio pada lantai 6 arah x = 0,045 dan pada lantai 7 arah y = 0,040 dan memiliki syarat batasan simpangan pada lantai 6 = 0,055 m dan pada lantai 7 = 0,061 m. Nilai base shear didapatkan nilai V_{static} arah X sebesar 4763,21 kN dan untuk arah Y sebesar 6124,91 kN dan untuk nilai Displacement terbesar didapatkan pada lantai 7 pada arah X sebesar 46,78 mm dan arah Y sebesar 39,68 mm sehingga memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726-2019 bahwa nilai displacement tidak boleh melewati 2% dari tinggi bangunan yaitu 51,20 mm.

Kata kunci: Respon Spektrum, Analisis Dinamik, *Displacement, Drift Ratio, Base Shear*.

ABSTRACT

Indonesia is a country with a high potential for earthquakes, because Indonesia is located between 3 tectonic plates which makes Indonesia prone to earthquakes. This research was conducted to determine the structural performance of the building in the Bureau of Procurement of Goods and Services based on the results of displacement, base shear and drift ratio. In order to minimize the damage caused by the earthquake, the building structure needs to be done in which the building is evaluated using dynamic analysis. The drift ratio on the 6th floor in the x direction = 0.045 and on the 7th floor in the y direction = 0.040 and has a drift limit on the 6th floor = 0.055 m and on the 7th floor = 0.061 m. The base shear value obtained the V_{static} value for the X direction of 4763.21 kN and for the Y direction of 6124.91 kN and for the largest displacement value obtained on the 7th floor in the X direction of 46.78 mm and Y direction of 39.68 mm so that it meets the requirements based on SNI 1726-2019 that the displacement value may not exceed 2% of the building height, namely 51.20 mm.

Keywords: Spectrum Response, Dynamic Analysis, *Displacement, Drift Ratio, Base Shear*.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara dengan potensi gempa yang tinggi, dikarenakan Indonesia berada diantara 3 lempengan tektonik yang mengakibatkan daerah Indonesia rawan terjadinya gempa bumi. Kota Jayapura merupakan salah satu kota yang berada di pulau papua Indonesia yang belakangan ini sering terjadi gempa bumi, mulai dari gempa ringan hingga gempa yang bisa dikategorikan cukup kuat. Gempa yang terjadi dikota jayapura telah diinformasikan oleh BMKG sekitar kurang lebih 1.240 gempa.

Gempa bumi adalah suatu peristiwa bencana alam yang banyak mengakibatkan kerugian yang cukup besar pada sektor material dan non material pada wilayah yang terdampak. Gempa bumi ditandai

dengan adanya patahan atau pergeseran lempeng bumi. Gempa bumi yang sering terjadi dikota jayapura dikarenakan jayapura merupakan kawasan seismik dan kompleks, dan daerah kota jayapura merupakan daerah yang batuanannya rapuh sehingga mudah terjadi gempa.

Studi kasus pada penelitian ini yaitu Gedung Biro Pengadaan Barang Dan Jasa Provinsi Papua yang ditentukan dapat menahan gempa dengan mengacu pada peraturan bangunan tahan gempa. Perencanaan gempa mengacu pada peraturan SNI 1726-2019 dan akan dianalisis menggunakan respon spektrum.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari analisis untuk mengetahui peforma dinamik struktur gedung yang ditinjau berdasarkan Base Shear, Drift Ratio dan Displacement.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kontrol Dinamis Struktur

Berdasarkan SNI 1726-2019 hasil analisis struktur yang perlu diperiksa terhadap Batasan-batasan tertentu meliputi:

- 1) Kontrol periode fundamental Gedung

$$T_a = C_{t,x} h_n^x \tag{1}$$

Keterangan:

T_a : Periode Pendekatan

H_n : Tinggi Total Bangunan

- 2) Kontrol rasio partisipasi massa

Analisis harus menyatakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam kombinasi sebesar 90% dari massa struktur.

- 3) Kontrol gaya geser dasar (base shear)

$$C_s = \frac{SDS}{\frac{R}{I_e}} \tag{2}$$

Keterangan:

C_s : Koefisien respon seismik

S_{DS} : Percepatan desain periode pendek

R : Koefisien modifikasi respons

I_e : Faktor keutamaan gempa

$$V = C_s \times W \tag{3}$$

Keterangan:

V : Vstatik

C_s : Koefisien respon seismik

W : Berat seismik efektif

$$\text{Faktor skala arah} = \frac{100\% V_{statik}}{V_{dinamik}} \tag{4}$$

- 4) Kontrol Displacement dan simpangan antar lantai.

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_x}{I_e} \tag{5}$$

Keterangan:

C_d : Faktor pembesaran simpangan lateral

δ_x : Simpangan di tingkat-x yang disyaratkan pada pasal ini, yang ditentukan dengan analisis elastic

I_e : Faktor keutamaan gempa

5) Kontrol Pengaruh P-Delta

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (6)$$

Keterangan:

- θ = Koefisien stabilitas
- P_x = Beban desain vertical total pada dan di atas tingkat-x, bila menghitung P_x , faktor beban individu tidak perlu
- Δ = Simpangan antar lantai tingkat desain, terjadi secara serentak
- I_e = Faktor keutaman gempa
- V_x = Gaya geser seismik yang bekerja pada tingkat x dan tangkat x – 1
- H_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x
- C_d = Faktor pembesaran defleksi

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Prosedur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi sebagai berikut:

- a) Metode studi literatur dengan mencari dan memahami sumber dari jurnal, buku-buku, artikel dari internet yang berkaitan dengan analisis dinamik menggunakan metode respon spektrum
- b) Metode Dokumen didapatkan langsung berupa data sekunder mengenai data umum spesifikasi dan material struktur bangunan yang ditinjau.

3.2 Tahapan Metodologi Penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan analisis dinamik struktur dengan metode respon spektrum. Analisis menggunakan bantuan dari program aplikasi ETABS. Penelitian tebagi menjadi beberapa tahap yaitu:

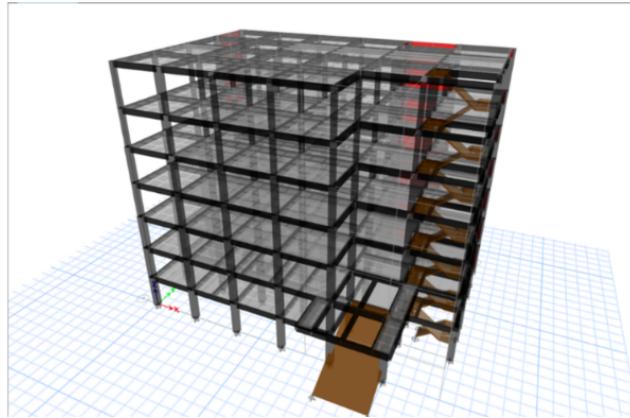
- a) pemodelan struktur: Dilakukan pemodelan struktur 3D menggunakan aplikasi ETABS.
- b) perhitungan pembebanan: memasukkan beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa.
- c) analisis respon spektrum: analisis respon spektrum menggunakan bantuan program aplikasi ETABS sehingga didapatkan nilai base shear, displacement dan drift ratio yang bekerja pada struktur bangunan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Struktur

Pemodelan Struktur gedung Biro Pengadaan Barang Dan Jasa Provinsi Papua dibuat dengan bantuan program aplikasi ETABS sebagai berikut.

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”



Gambar 1. Pemodelan 3D Struktur Bangunan
(Sumber: Hasil Pemodelan ETABS, 2023)

4.2 Pembebanan Struktur

Pembebanan dilakukan berdasarkan jenis beban yang diasumsikan bekerja pada struktur dan dapat dilihat seperti dibawah ini:

Beban mati yang digunakan untuk plat lantai yaitu: 1,29 kN/m², Beban mati pada atap yaitu: 0,59 kN/m², dan beban dinding yang digunakan yaitu: 9,18 kN/m². Beban hidup lantai atap yang digunakan yaitu: 0,96 kN/m², Beban hidup lantai kantor yang digunakan yaitu: 2,40 kN/m², dan beban tangga yaitu: 4,79 kN/m². Beban gempa diperoleh dari perhitungan analisis dinamis dengan menggunakan acuan dari SNI 1726-2019.

Tabel 1. Parameter Respon Spektra

Pemanfaatan Struktur		Kantor
Kategori Resiko		II
Faktor Keutamaan	Ie	I
Klasifikasi Situs		Tanah Keras (SC)
Parameter Gempa Periode	Ss	1,5
	S1	0,6
Koefisien Situs	Fa	1,2
	Fy	1,4
Parameter Respon Spektra	SMS	1,8
	SM1	0,84
Parameter Percepatan Spektra Desain	SDS	1.20
	SD1	0,56
Parameter Periode	T0	0,093
	Ts	0,466
Kategori Desain Seismik		D
Parameter Gedung SRPMK		
Koefisien Desain	R	8
	Ω0	3
	Cd	5,5

(Sumber: Rekapian SNI 1726-2019, diakses 2023)

4.3 Kontrol Dinamis Struktur

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

Kontrol dilakukan dengan hasil pada SNI 1726-2019 dimana hasil didapat setelah dilakukan pemeriksaan secara manual untuk analisis gempa

1. Kontrol Rasio Partisipasi Massa

Dari analisis yang telah dilakukan menggunakan bantuan program aplikasi ETABS diperoleh hasil partisipasi massa adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Partisipasi Massa

Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
1	1,12	0,5527	0,0371	0	0,5527	0,0371
2	0,871	0,0568	0,6102	0	0,6094	0,6473
3	0,587	0,0993	0,0202	0	0,7088	0,6675
4	0,349	0,1594	0,0065	0	0,8682	0,674
5	0,234	0,0408	0,1021	0	0,909	0,7761
6	0,23	0,0071	0,096	0	0,9161	0,8721
7	0,181	0,0141	0,0004	0	0,9301	0,8725
8	0,163	0,0131	0,0011	0	0,9433	0,8736
9	0,153	0,0028	0,0401	0	0,9461	0,9138
10	0,15	0,0118	0,0059	0	0,9579	0,9197
11	0,128	0,0027	0,0102	0	0,9606	0,9298
12	0,122	0,0135	0,0015	0	0,9741	0,9314

(Sumber: Rekapian ETABS, 2023)

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan program aplikasi ETABS didapatkan bahwa struktur sudah mendapatkan hasil nilai partisipasi massa yang memenuhi ketentuan yaitu mencapai lebih dari 90% pada mode ke 12.

2. Kontrol Periode Fundamental

Jadi untuk nilai periode fundamental yang dipakai yaitu: $T_x = 1,120$ detik dan $T_y = 0,871$ detik.

3. Kontrol Gaya Geser Dasar

$V_{dinamik} \geq V_{statik}$ maka gaya geser dasar sudah memenuhi persyaratan SNI 1726-2019. Dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai Koefisien Respon Seismik

Arah	Cs	Cs Max	Cs Min	Cs Pakai
Sumbu X	0,1500	0,0625	0,0528	0,0625
Sumbu Y	0,1500	0,0804	0,0375	0,0804

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Dari tabel diatas bahwa nilai Cs yang dipakai adalah untuk arah X 0,0625 dan arah Y 0,0804 karena nilai Cs tidak boleh melewati nilai Cs Max dan tidak kurang dari Cs Min.

Berat seismik efektif yang diperoleh dari ETABS yaitu 76211 kN.

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

Tabel 4. Nilai Gaya Geser Dasar Sebelum Penskalaan

	Vstatik (kN)	Vdinamik (kN)	Kontrol
Arah X	4763,21	3549,161	Belum Memenuhi
Arah Y	6124,91	4503,455	Belum Memenuhi

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Pada tabel diatas dapat dijelaskan bahwa nilai Vstatik dan Vdinamik tidak sama maka dilakukan penskalaan sesuai dengan SNI 1726-2019 bahwa nilai Vdinamik harus sama dengan Vstatik atau lebih besar dari Vstatik.

Tabel 5. Nilai Gaya Geser Dasar Sesudah Penskalaan

	Vstatik (kN)	Vdinamik (kN)	Kontrol
Arah X	4763,21	4763,21	Memenuhi
Arah Y	6124,91	6124,91	Memenuhi

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai Vdinamik setelah dilakukan penskalaan didapatkan nilai yang sama dengan Vstatik maka dari itu dapat dikatakan bahwa nilai gaya geser dasar telah memenuhi ketentuan SNI 1726-2019.

4. Kontrol Displacement dan Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan hasil output ETABS didapatkan nilai displacement pada arah x dan y telah mencapai batas izizn menurut SNI 1726-2019, sehingga respon dinamis terhadap simpangan antar lantai sudah memenuhi syarat kelayakan gedung tahan gempa.

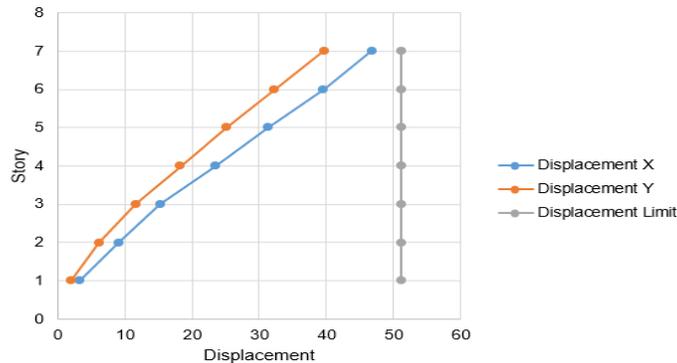
Tabel 6. Hasil Displacement dan Simpangan Antar Lantai

Lantai i	<i>Displacement</i> <i>t</i>		<i>Elastic Drift</i>		<i>h</i>	<i>Inelastic Drift</i>		<i>Drift Limit</i>	<i>Cek</i>
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		
7	46,78	39,68	7,20	7,33	4000	39,58	40,29	61,54	OK
6	39,58	32,36	8,23	7,22	3600	45,24	39,69	55,38	OK
5	31,36	25,14	7,88	6,83	3600	43,36	37,55	55,38	OK
4	23,48	18,31	8,14	6,68	3600	44,79	36,76	55,38	OK
3	15,33	11,63	6,28	5,44	3600	34,52	29,93	55,38	OK
2	9,06	6,19	5,78	4,19	3600	31,79	23,05	55,38	OK
1	3,28	2,00	3,28	2,00	3600	18,01	10,98	55,38	OK

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

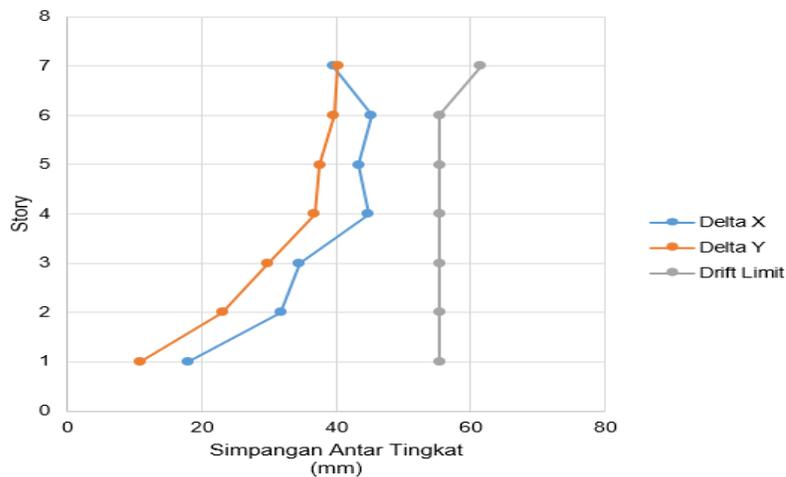
Dari tabel diatas kita dapat mengetahui nilai displacement dan nilai drift ratio arah x dan y sebagai berikut:

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”



Gambar 2. Displacement
(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai displacement pada arah x dan arah y meningkat dari tiap-tiap lantai dan tidak melewati nilai batas limit displacement sehingga displacement pada gedung dikatakan memenuhi syarat.



Gambar 3. Simpangan Antar Lantai
(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa pada arah x mengalami peningkatan drift pada lantai ke-1 hingga lantai ke- 4 dan sempat mengalami penurunan pada lantai ke-5 kemudian pada lantai ke-6 mengalami kenaikan namun pada lantai ke-7 mengalami penurunan. Sedangkan pada arah y mengalami kenaikan pada setiap lantainya. Berdasarkan hasil nilai diatas tidak melewati batas drift limit sehingga dikatakan memenuhi syarat.

5. Kontrol Pengaruh P-Delta

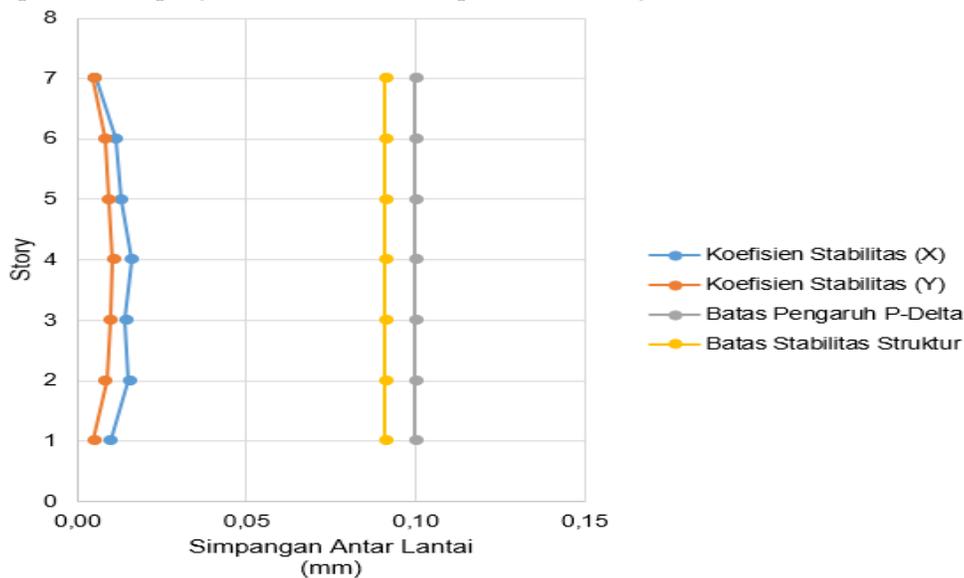
Berdasarkan hasil yang didapatkan pada program aplikasi ETABS maka dapat dilihat nilai koefisien stabilitas sebagai berikut:

Tabel 7. Nilai Hasil Pengaruh P-Delta

Lantai i	Inelastic Drift		Story Forces			h (mm)	Koefisien Stabilitas		Batas P-Delta	θ_{max}
	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	P (kN)	V_x (kN)	V_y (kN)		θ_X	θ_Y		
7	39,58	40,29	2944,57	938,30	1140,72	4000	0,0056	0,0047	0,1	0,0909
6	45,24	39,69	10215,49	2056,10	2528,72	3600	0,0114	0,0081	0,1	0,0909
5	43,36	37,55	18382,18	3039,85	3778,31	3600	0,0132	0,0092	0,1	0,0909
4	44,79	36,76	26750,95	3786,15	4752,98	3600	0,0160	0,0104	0,1	0,0909
3	34,52	29,93	34820,47	4296,74	5444,13	3600	0,0141	0,0097	0,1	0,0909
2	31,79	23,05	43950,17	4633,82	5924,02	3600	0,0152	0,0086	0,1	0,0909
1	18,01	10,98	52519,46	4762,74	6124,11	3600	0,0100	0,0048	0,1	0,0909

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Dari tabel diatas kita dapat mengetahui nilai inelastic drift dan story forces dan nilai koefisien stabilitas θ yang didapatkan dari program ETABS maka dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. Nilai Pengaruh P-Delta
(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai koefisien stabilitas pada arah x mengalami kenaikan pada lantai ke-1 dan ke-2 kemudian terdapat penurunan pada lantai ke-3 dan kembali ada kenaikan pada lantai ke-4 kemudian pada lantai ke-5, 6 dan 7 mengalami penurunan. Sedangkan pada

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

arah y kenaikan terjadi pada lantai ke-1, 2, 3 dan 4 dan pada lantai ke-5, 6 dan 7 mengalami penurunan nilai koefisien stabilitas. Berdasarkan hasil koefisien stabilitas pada arah x dan y tidak melewati nilai batas P-Delta dan batas stabilitas struktur sehingga persyaratan P-Delta dikatakan memenuhi syarat.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan melihat hasil yang didapatkan, maka simpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis ragam spektrum terhadap gaya geser dasar telah memenuhi persyaratan SNI 1726-2019 dikarenakan nilai $V_{dinamik}$ lebih besar atau sama dengan nilai V_{statik} .
2. Hasil Simpangan antar lantai untuk arah x pada lantai 6 yaitu 0,045 m dan y yaitu 0,040 m sehingga telah memenuhi syarat dan tidak ada nilai yang melebihi dari syarat batas simpangan antar lantai yaitu pada lantai 6 = 0,055 m dan lantai 7 = 0,061.
3. Hasil Displacement terbesar untuk arah x pada lantai 7 yaitu 46,78 mm dan y yaitu 39,68 mm sehingga telah memenuhi syarat dan tidak ada nilai yang melebihi dari syarat batas displacement yaitu 2% dari tinggi total bangunan yaitu 51,20 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Elliza, Ismailah Nur. "Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Respon Spektrum Menggunakan Software Etabs V 9.50 (Studi Kasus: Gedung Solo Center Point)." (2013).
- Fadzilah, Masrifatun, Et Al. "Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Bertingkat Akibat Pengaruh Beban Gempa Menggunakan Analisis Dinamik Respon Spektrum (Studi Kasus: Gedung B Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro)." *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain* 9.4 (2021): 885-898.
- Febbrian, Donny Baiquny. "Evaluasi Kinerja Gaya Gempa Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Respon Spektrum Berdasarkan Base Share, Displacement, Dan Drift Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus: Hotel Di Daerah Karanganyar)." (2014).
- Setiawan, Dandy Bagus. "Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Pada Kondisi Batas Layan Dan Batas Ultimit Dengan Analisis Dinamik Metode Respon Spektrum (Studi Kasus: Gedung Fakultas Hukum Universitas Sam Ratulangi)." (2021).
- Wahyuningtyas, W. T., Krisnamurti, K., & Afrida, I. (2020). Analisis Ketahanan Gedung Apartemen Surabaya Dengan Menggunakan Metode Respon Spektrum. *Berkala Sainstek*, 8(4), 132-139.