

PENERAPAN ANALISIS NON-LINEAR DYNAMIC TIME HISTORY DALAM EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG KANTOR GKI

Willy Matande¹, Andung Yunianta², dan Mamik Wantoro³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

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

¹willymatande96@gmail.com, ²andung.ay@gmail.com, ³mam_wanto@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kota Jayapura merupakan ibukota dari Provinsi Papua yang memiliki kondisi geologis yang kompleks, hal ini menjadikan kota jayapura sering terdampak gempa bumi akibat adanya aktifitas pergerakan lempeng tektonik. Metode analisis riwayat waktu memodelkan struktur berdasarkan catatan rekaman gempa yang pernah terjadi berupa akselerogram gempa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai gaya geser dasar, perpindahan maksimum, dan simpangan antar lantai, kemudian akan ditentukan level kinerja struktur berdasarkan ATC-40. Studi kasus pada penelitian ini adalah Gedung Kantor GKI Sinode di Tanah Papua. Pemodelan struktur dilakukan menggunakan bantuan *software ETABS V.20*. Data gempa masukan menggunakan gempa Amberley. Proses *spectral matching* dilakukan untuk menyesuaikan catatan gerakan tanah pada gempa masukan dengan spektrum respon struktur bangunan. Dari hasil analisis didapatkan nilai gaya geser dasar sebesar 6466,45 kN pada gempa amberley arah X dan Y. Nilai perpindahan maksimum terbesar terjadi pada lantai dak atap sebesar 39,930 mm. Nilai simpangan antar lantai pada gempa Amberley X pada lantai 5 sebesar 43,852 mm. Nilai *maximum total drift* pada gempa Amberley pada arah X yaitu sebesar 0,00156617 dan pada arah Y yaitu sebesar 0,001663 sehingga level kinerja struktur gedung termasuk dalam kategori IO (Immediate Occupancy).

Kata kunci: Gempa, Riwayat Waktu, Kinerja Struktur

ABSTRACT

Jayapura City is the capital of Papua Province which has complex geological conditions, this makes the city of Jayapura often affected by earthquakes due to the activity of tectonic plate movements. The time history analysis method models structures based on recorded records of earthquakes that have occurred in the form of earthquake accelerograms. This research aims to determine the value of base shear force, maximum displacement, and deviation between floors, then the level of structural performance will be determined based on ATC-40. The case study in this research is the GKI Synod Office Building in Tanah Papua. Structural modeling was carried out using ETABS V.20 software. The input earthquake data used the Amberley earthquake. The spectral matching process was carried out to adjust the ground motion records in the input earthquake with the response spectrum of the building structure. From the analysis results, the base shear force value of 6466.45 kN was obtained in the X and Y directions of the Amberley earthquake. The largest maximum displacement value occurred on the roof deck floor of 39.930 mm. The value of the deviation between floors in the Amberley X earthquake on the 5th floor amounted to 43.852 mm. The maximum total drift value in the Amberley earthquake in the X direction is 0.00156617 and in the Y direction is 0.001663 so that the performance level of the building structure is included in the IO (Immediate Occupancy) category.

Keywords: Earthquake, Time History, Structure Performance.

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Kota Jayapura sebagai kota yang rawan terhadap gempa bumi mengalami berbagai dampak yang melibatkan kehidupan manusia, infrastruktur, ekonomi, dan lingkungan. Tidak ada yang tahu kapan dan seberapa besar gempa bumi akan terjadi. Ketika gempa bumi terjadi, struktur dari sebuah bangunan dapat mengalami kerusakan yang berpotensi menyebabkan runtuhnya bangunan tersebut (Adeswastoto et al., 2017). Analisis riwayat waktu (*time history*) merupakan analisis yang memodelkan struktur berdasarkan catatan rekaman gempa yang terjadi berupa gerakan tanah dan respons struktur yang dihitung bertahap pada interval tertentu.

Analisa riwayat waktu juga merupakan suatu cara analisis untuk menentukan respon dinamik struktur bangunan gedung yang berperilaku non linear terhadap gerakan tanah akibat gempa rencana sebagai data masukan. (Fadilah & Walujodjati, 2020). Tujuan utama dari evaluasi kinerja struktur yaitu untuk melihat tingkat kinerja yang terjadi dari bangunan ketika diberikan gaya gempa. Kinerja seismik digambarkan dengan menetapkan tingkat kerusakan maksimum yang diizinkan (*performance level*) untuk mengidentifikasi bahaya gempa. Analisis *non-linear dynamic time history* dilakukan untuk mengetahui nilai gaya geser dasar, perpindahan maksimum, dan simpangan antar lantai, kemudian akan ditentukan level kinerja struktur berdasarkan standar peraturan yang relevan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis *non-linear dynamic time history*

Analisis *non-linear dynamic time history* merupakan metode analisis struktur dinamik yang menirukan dan merekam tingkah laku sesungguhnya dari suatu bangunan terhadap suatu rekaman percepatan tanah yang berubah-ubah menurut waktu. Dengan mengerjakan suatu percepatan tanah pada suatu bangunan, analisa riwayat waktu (*time history*) akan menghasilkan nilai gaya geser lantai dan displacement yang bervariasi selama terjadi gempa rencana. Pemilihan gerak tanah (*ground motion*) dicocokkan secara spektral (*spectrally matched*) berdasarkan parameter mekanisme sumber gempa terhadap kegempaan di lokasi penelitian, yaitu subduksi interface (*Megathrust*), subduksi intraslab (*Benioff*), dan sesar dangkal (Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2022). Rekaman gerakan tanah pilihan ini kemudian harus diskalakan berdasarkan spektrum respon percepatan disain setempat untuk rentang periode alami $0,2T$ sampai dengan $1,5T$. Hal ini dibuat agar seluruh ragam getar yang dimiliki struktur dapat terakomodir dalam analisa riwayat waktu. Metode penskalaan gerakan tanah ini disebut dengan metode penyesuaian spektra (*spectral matching*). (Badan Standardisasi Nasional (b), 2019)

2.2 Jenis beban pada struktur

Dalam merencanakan beban untuk gedung diharuskan memperhatikan penggunaan beban-beban yang diijinkan dalam perencanaan tersebut seperti beban mati, beban hidup dan beban gempa. Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri, termasuk segala unsur-unsur tambahan bersifat tetap yang merupakan satu kesatuan dengannya antara lain adalah pelat, balok dan kolom. (SNI 1727, 2020)

2.3 Gaya geser dasar

Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7,8,1, gaya geser dasar seismic dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$V = C_s \cdot W \quad (1)$$

Keterangan :

V = gaya geser dasar
 C_s = koefisien respons
 W = berat seismik efektif

Nilai C_s dalam persamaan 2 ditentukan dengan persamaan ;

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2)$$

Keterangan :

S_{DS} = parameter percepatan spektra pada rentang periode pendek
 R = koefisien modifikasi respons
 I_e = faktor keutamaan gempa

2.4 Simpangan antar lantai

Besar simpangan antar lantai pada sebuah struktur gedung harus di kontrol dan simpangan yang terjadi tidak boleh lebih dari batas simpangan yang diizinkan (Δ_{ijin}).

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_x}{I_e} \quad (3)$$

Simpangan antar lantai (δ_x) harus ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta_x = \frac{C_d \cdot (\delta_x - \delta_{ex} - 1)}{I_e} < \Delta_{ijin} \quad (4)$$

Keterangan :

δ_x = perpindahan yang diperbesar pada lantai yang ditinjau

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral

I_e = faktor keutamaan gempa

Δ_x = simpangan tingkat ke-x

δ_{ex} = perpindahan elastik akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

Adapun nilai dari simpangan yang diizinkan tidak boleh melebihi batas tersebut yang diatur berdasarkan tabel berikut.

Tabel 1. Deformation Limits Performance Level

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Sumber: Tabel 18, SNI 1726-2019

2.5 Level kinerja struktur

Level kinerja struktur berdasarkan *ATC-40* ditentukan berdasarkan *roof displacement*. Parameter yang digunakan dalam penentuan level kinerja salah satunya yaitu *maximum total drift*. (ATC 40, 1996)

$$\text{Maximum total drift} = \frac{\Delta}{H} \quad (5)$$

Keterangan :

Δ = nilai simpangan maksimum pada atap (mm)

H = total tinggi bangunan hingga atap (mm)

Besarnya *drift index* tergantung pada besarnya beban-beban yang dikenakan pada struktur. Batasan penentuan level kinerja menurut *ATC-40* dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut ini:

Tabel 2. Simpangan antar tingkat izin

Parameter	Tingkat Kinerja Struktur			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
<i>maximum total drift</i>	0,01	0,01 – 0,02	0,02	0,33 V_i/P_i

Sumber: ATC-40 Pasal 11.3.3 Tabel 11-2



3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data gedung

Objek yang dijadikan sebagai studi kasus pada penelitian ini adalah Gedung GKI Sinode di Tanah Papua yang berlokasi di Jl. Argapura No.15, Kelurahan Argapura, Distrik Jayapura Selatan. Gedung tersebut difungsikan sebagai gedung perkantoran 7 lantai dengan panjang 28,05 m dan lebar 24,5 m. Jenis struktur yang digunakan adalah beton bertulang dengan mutu beton K300 (f'_c 25 Mpa), baja tulangan menggunakan tulangan BjTS 420A dan BjTP 280. Data elemen struktur yang digunakan berupa tipe balok, kolom, dan pelat lantai. Data tersebut disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3. Tipe dan dimensi balok

No.	Tipe Balok	Dimensi (mm)
1.	B1	400 x 700
2.	B2	300 x 600
3.	B3	250 x 500
4.	B4	200 x 400
5.	B5	150 x 400

Sumber: BPAM GKI Sinode di Tanah Papua, 2024

Tabel 4. Tipe dan dimensi kolom

No.	Tipe Kolom	Dimensi (mm)
1.	K1	800 x 800
2.	K2	600 x 800
3.	K3	400 x 800
4.	K4	300 x 600
5.	K5	200 x 500

Sumber: BPAM GKI Sinode di Tanah Papua, 2024

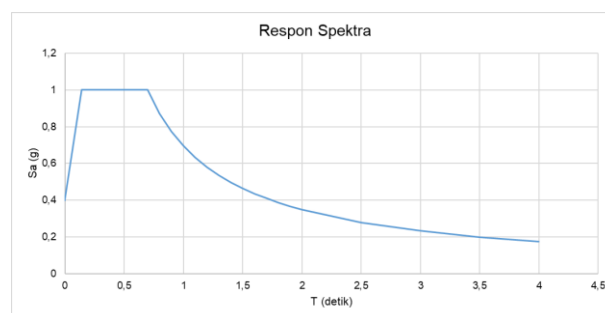
Tabel 5. Tipe pelat lantai

No.	Tipe Plat Lantai	Tebal (mm)
1.	S1	150
2.	S2	130

Sumber: BPAM GKI Sinode di Tanah Papua, 2024

3.2 Data percepatan tanah

Parameter percepatan tanah dapat ditentukan melalui website Desain Spektra Indonesia dengan memasukkan titik koordinat pada lokasi penelitian. Data percepatan tanah yang didapatkan sebagai adalah Spektral Percepatan Periode Pendek (S_s) sebesar 1,5000 g dan Spektral Percepatan Periode 1 Detik (S_1) sebesar 0,6140.



Gambar 1. Grafik respons spektrum

Sumber: Hasil Analisis, 2024

3.3 Perhitungan pembebanan

Perhitungan pembebanan menggunakan standar peraturan di Indonesia yaitu menurut SNI 1727-2020 dan SNI 1726-2019. Beban yang dihitung adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Penentuan parameter gempa dilakukan agar mendapatkan grafik respons spektrum

3.4 Pemodelan struktur dengan *software ETABS V.20*

Pemodelan berupa portal *open frame*, dimana *shear wall* (dinding geser) dimodelkan dalam pemodelan struktur 3D, Balok dan kolom dimodelkan sebagai *frame*, plat lantai dimodelkan sebagai elemen *shell* dan pondasi dimodelkan sebagai perletakan jepit.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Cek kontrol struktur

Pada SNI Gempa 1726-2019 Pasal 7.2.1 disebutkan bahwa jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons harus menghasilkan partisipasi massa minimum 90%.

Tabel 6. Partisipasi massa

Mode	Period	SumUX	SumUY
1	1,359	0,0098	0,594
2	1,331	0,0146	0,7409
3	1,291	0,7819	0,7442
4	0,39	0,8666	0,7454
5	0,385	0,8962	0,7479
6	0,361	0,8963	0,8786
7	0,217	0,9312	0,8787
8	0,202	0,9313	0,9111
9	0,194	0,9324	0,9128
10	0,169	0,943	0,9131
11	0,155	0,958	0,9138
12	0,148	0,9581	0,944

Sumber : Hasil analisis, 2024

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan bahwa total rasio partisipasi massa dengan jumlah ragam sebanyak dua belas sudah memenuhi ketentuan batas SNI 1726:2019 yaitu faktor partisipasi massa ragam efektif minimum sebesar 90% dengan nilai partisipasi massa ragam efektif pada mode ke delapan untuk arah X sebesar 93,13% dan untuk arah Y sebesar 91,11%.

4.2 Pemilihan gerak tanah

Dari hasil pemilihan gerak tanah didapatkan nilai magnitudo 7,8-8 SR dengan jarak 20-30 km berdasarkan subduksi interface (*Megathrust*). Berdasarkan parameter tersebut diambil catatan rekaman gempa yang mempunyai nilai magnitudo dan jarak yang mirip dengan parameter sebelumnya. Dari hasil pengumpulan data pada website <https://www.risksciences.ucla.edu> didapatkan bahwa gempa amberley memiliki kecocokan dengan parameter mekanisme sumber gempa terhadap kegempaan di lokasi penelitian.

Tabel 7. Data gempa amberley

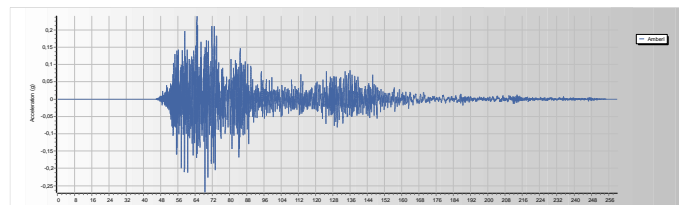
RSN	Event	Lokasi	Tahun	M	R (km)
5004250	Amberley	New Zealand	2016	7.85	26.92

Sumber: Hasil analisis, 2024

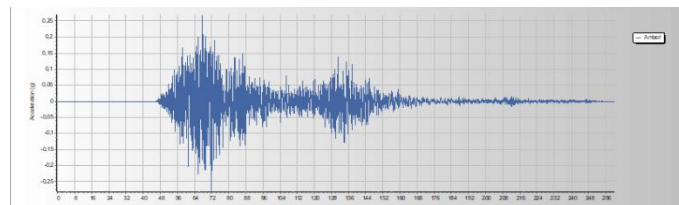
Data yang diambil berupa nilai percepatan tanah pada arah X dan Y, kemudian data tersebut diinput kedalam software *seismomatch* untuk memuat akselerogram dari gempa yang ditinjau.

4.3 Spectral matching

Hasil dari pemilihan gerak tanah berupa akselerogram pada lokasi gempa yang ditinjau, yaitu grafik perbandingan percepatan permukaan tanah (PGA) terhadap waktu atau durasi saat terjadinya gempa. Data akselerogram ini akan menjadi parameter gempa masukan untuk suatu perancangan atau analisis struktur. Gaya gempa masukan yang digunakan berupa percepatan maksimum permukaan tanah (PGA) dari rekaman gempa sebenarnya. Berikut ini adalah gambar akselerogram dari gempa yang ditinjau yang dimuat dalam software *seismomatch*

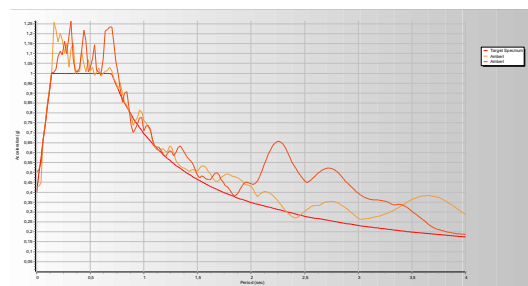


Gambar 2. Akselerogram Gempa Amberley X
Sumber : Hasil analisis, 2024



Gambar 3. Akselerogram Gempa Amberley Y
Sumber : Hasil analisis, 2024

Spectral matching dilakukan untuk menyesuaikan catatan Gerakan tanah sehingga respon percepatan spektral cocok dengan spektrum respon target.



Gambar 4. Akselerogram Gempa Amberley Y
Sumber : Hasil analisis, 2024

4.4 Gaya geser dasar

Berdasarkan pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726:2019 bahwa untuk perbandingan gempa statik ekuivalen dengan gempa dinamik memiliki syarat $100\% V_{\text{statik}} \geq V_{\text{Dinamik}}$. Parameter yang didapatkan untuk menghitung gaya geser dasar statik adalah berikut:

$$\begin{aligned} \text{koefisien respons } (C_s) &= 0,1174 \\ \text{berat seismik efektif } (W) &= 55.073 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan berdasarkan persamaan 1 pada jurnal ini didapatkan nilai V_x sebesar 6466,45 kN dan nilai V_y sebesar 6466,45 kN. Hasil analisis gaya geser dinamik pada software *ETABS V.20* mendapatkan nilai $V_{t,x}$ sebesar 2299,70 kN dan nilai $V_{t,y}$ sebesar 114,50 kN.

Dari hasil analisis didapatkan bahwa gaya geser dasar dinamik dari gempa Amberley X dan Y ($V_{t,x}$ dan $V_{t,y}$) kurang dari 100 % gaya geser statik (V), maka besarnya V_t harus dikalikan nilainya dengan faktor skala. Menurut SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1 Apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis dinamik (V_t) kurang dari 100 % dari gaya geser statik (V), maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/V_t .

$$f_x = \frac{V_x}{V_{t,x}} = \frac{6466,45}{2299,70} = 2,82 \quad (6)$$

$$f_y = \frac{V_y}{V_{t,y}} = \frac{6466,45}{114,50} = 56,477 \quad (7)$$

Nilai koreksi gaya geser dasar pada gempa Amberley X dan Y dikalikan dengan skala factor skala awal sehingga didapatkan bahwa perbandingan gaya geser dasar gempa statik ekuivalen dengan gempa dinamik telah memenuhi syarat $100\% V_{statik} \geq V_{dinamik}$.

Tabel 8. Hasil koreksi gaya geser dasar

Nama Gempa	Geser Dasar Statik V (kN)	Geser Dasar Dinamik V_t (kN)	Faktor Skala Awal f_x	Syarat SNI $V_t > V$ ($V_t \times f_x$)	Keterangan
Amberley X	6466,45	2299,7	2,81	6466,44	OK
Amberley Y	6466,45	114,5	56,48	6466,56	OK

Sumber: Hasil analisis, 2024

4.5 Perpindahan maksimum

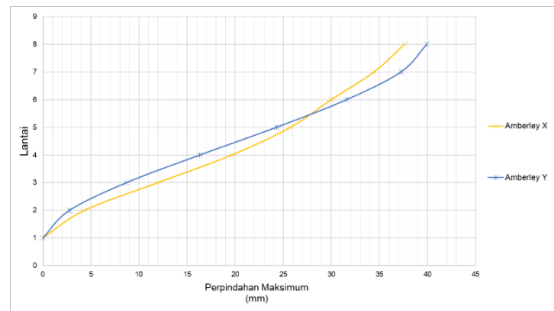
Dari hasil analisis pada software ETABS, didapatkan nilai perpindahan maksimum dari masing-masing rekaman gempa. Nilai perpindahan maksimum yang diperoleh disajikan pada tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 9. Perpindahan maksimum pada gempa Amberley

Lantai	Elevasi (m)	Arah X (mm)	Arah Y (mm)
Lantai Dak Atap	24	37,588	39,930
Lantai Atap	21	34,434	37,246
Lantai 6	17,5	29,980	31,602
Lantai 5	14	25,727	24,298
Lantai 4	10,5	19,652	16,325
Lantai 3	7	11,958	8,698
Lantai 2	3,5	4,319	2,773
Lantai 1	0	0,000	0,000

Sumber : Hasil analisis, 2024

Grafik perpindahan maksimum yang diperoleh dari rekaman gempa disajikan pada gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik perpindahan maksimum pada gempa amberley
Sumber : Hasil analisis, 2024

Hasil analisis menunjukkan bahwa perpindahan maksimum terbesar terjadi pada lantai dak atap yang disebabkan oleh gempa Amberley arah Y dengan nilai perpindahan maksimum sebesar 39,930 mm.

4.6 Simpangan antar lantai

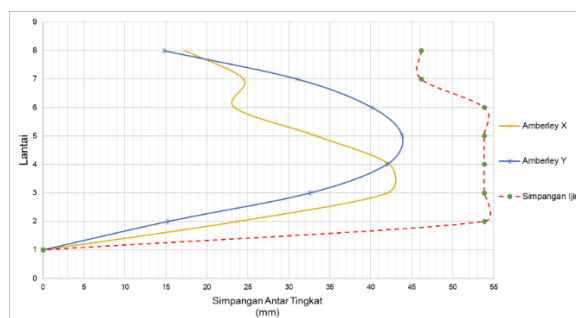
Simpangan (*drift*) adalah perpindahan lateral relatif antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau dapat dikatakan simpangan mendatar tiap-tiap tingkatan bangunan (*horizontal story to story deflection*). Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur, diperlukan kontrol nilai defleksi pusat massa di suatu tingkat.

Tabel 10. Kontrol simpangan ijin pada gempa amberley

Story	<i>Displacement</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)	(mm)	
8	37,588	39,930	3,154	2,684	3000	17,347	14,762	46,154	OK
7	34,434	37,246	4,454	5,644	3000	24,497	31,042	46,154	OK
6	29,980	31,602	4,253	7,304	3500	23,392	40,172	53,846	OK
5	25,727	24,298	6,075	7,973	3500	33,413	43,852	53,846	OK
4	19,652	16,325	7,694	7,627	3500	42,317	41,949	53,846	OK
3	11,958	8,698	7,639	5,925	3500	42,015	32,588	53,846	OK
2	4,319	2,773	4,319	2,773	3500	23,755	15,252	53,846	OK
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000	OK

Sumber: Hasil analisis, 2024

Dari hasil perhitungan tersebut mendapatkan bahwa nilai simpangan antar lantai pada seluruh rekaman gempa telah memenuhi syarat simpangan ijin antar lantai. Grafik simpangan antar tingkat izin pada seluruh rekaman gempa dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 6. Grafik simpangan antar lantai pada gempa amberley
Sumber : Hasil analisis, 2024

Dari gambar 6 disimpulkan bahwa nilai simpangan antar lantai terbsesar terjadi pada lantai 4 pada gempa Amberley arah x dengan nilai *Inelastic Drift* sebesar 41,948 mm.

4.7 Level kinerja struktur

Level kinerja struktur ditentukan berdasarkan nilai *maximum total drift*, yaitu rasio drift roof terhadap tinggi total struktur.

Level kinerja struktur menurut *ATC-40* pada gempa Amberley Y adalah sebagai berikut

$$\text{Maximum total drift} = \frac{39,930}{2400} = 0,00166375 \text{ (Immediate Occupancy)} \quad (8)$$

Level kinerja struktur menurut *ATC-40* pada gempa Amberley X adalah sebagai berikut

$$\text{Maximum total drift} = \frac{37,588}{2400} = 0,00156617 \text{ (Immediate Occupancy)} \quad (9)$$

Dari hasil perhitungan *maximum total drift* maka penentuan level kinerja struktur berdasarkan tabel 2 dalam jurnal ini, struktur gedung masuk kedalam kategori *Immediate Occupancy (IO)*, yaitu tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa. Komponen non-struktur masih berada ditempatnya dan Sebagian besar masih berfungsi jika utilitasnya tersedia. Bangunan dapat tetap berfungsi dan tidak terganggu dengan masalah perbaikan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Nilai Gaya geser dasar yang terjadi pada struktur yaitu sebesar 6466,45 kN pada gempa amberley arah X dan Y. Nilai perpindahan maksimum terbesar terjadi pada lantai dak atap yang disebabkan oleh gempa Amberley pada arah Y dengan nilai perpindahan maksimum sebesar 39,930 mm. Nilai simpangan antar lantai yang terbesar terjadi pada gempa Amberley X pada lantai 5 dengan nilai 43,852 mm. Nilai simpangan antar lantai baik arah X maupun Y yang terjadi pada gempa tidak melebihi simpangan izin berdasarkan SNI 1726-2019. Evaluasi kinerja struktur menurut *ATC-40* diperoleh kesimpulan bahwa *maximum total drift* pada gempa Amberley pada arah X yaitu sebesar 0,00156617 dan pada arah Y yaitu sebesar 0,001663 maka struktur gedung termasuk dalam level kinerja kategori *IO (Immediat Occupancy)* yang dimana apabila setelah terjadi gempa tidak terjadi kerusakan yang berarti pada struktur, komponen non struktur masih berada pada tempatnya dan Sebagian besar masih berfungsi jika utilitasnya tersedia. Bangunan dapat kembali digunakan setelah terjadi gempa dan tidak perlu perbaikan khusus.

5.2 Saran

Menggunakan lebih dari 5 buah rekaman gempa agar mendapatkan variasi gempa yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeswastoto, H., Djauhari, Z., & Suryanita, R. (2017). EVALUASI KERENTANAN BANGUNAN GEDUNG TERHADAP GEMPA BUMI BERDASARKAN ASCE 41-13. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 3(2). <https://doi.org/10.31849/siklus.v3i2.383>
- ATC 40. (1996). Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. *Applied Technology Council*, 1.
- Badan Standardisasi Nasional (b). (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. *SNI 1726:2019*, 8.
- Fadilah, H. M., & Walujodjati, E. (2020). Perbandingan Pembebanan Gempa Bangunan Bertingkat Menggunakan Analisis Static Equivalent dan Analisis Dynamic Time History di Kab. Garut. *Jurnal Konstruksi*, 18(1). <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.18-1.780>
- SNI 1727. (2020). SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. *Jakarta*, 8.
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional. (2022). *Peta Deagregasi Bahaya Gempa Indonesia Untuk Perencanaan Dan Evaluasi Infrastruktur Tahan Gempa*.