

RESPON STRUKTUR BANGUNAN BERATURAN 2 DIMENSI MENGUNAKAN *TIME HISTORY* GEMPA EL-CENTRO

Partogi H. Simatupang¹ (simatupangpartogi@yahoo.com)

Arlend R. P. Kaputing² (allenroypererson@gmail.com)

Andi Kumalawati³ (kumalawatirizal@gmail.com)

ABSTRAK

Wilayah Nusa Tenggara Timur (NTT) termasuk daerah tektonik yang mengakibatkan sering terjadi gempa di wilayah perairan laut maupun daratan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui respon struktur dengan analisis riwayat waktu yang ditinjau berdasarkan *displacement* dan *drift*. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian tentang respon struktur pada salah satu portal Gedung Keuangan Negara Kupang dengan metode *time history* (analisis riwayat waktu). Analisis dilakukan dengan menggunakan *software* SAP2000 dan dibagi kedalam 2 jenis yaitu analisis linear dan analisis nonlinear. Hasil dari analisis tersebut digunakan untuk mengetahui seberapa besar *displacement* dan mengontrol level kinerja struktur. Kesimpulan dari penelitian menunjukkan *displacement* terbesar terjadi pada lantai paling atas sebesar 0,0123 m dalam arah memanjang dan sebesar 0,0248 m dalam arah melintang. Menurut *Applied Technology Council* (ATC) 40, gedung termasuk dalam taraf kinerja *Immediate Occupancy* (IO). Dengan Maksimal *Drift* = 0,000436 m dan Maksimal *In-elastic Drift* = 0,000167 m dalam arah memanjang dan Maksimal *Drift* = 0,000881 m dan Maksimal *In-elastic Drift* = 0,000517 m dalam arah melintang. Analisis linear dan analisis nonlinear mendapatkan hasil yang sama baik itu *displacement* maupun level kinerja gedung.

Kata Kunci : analisis riwayat waktu; perpindahan; level kinerja struktur

ABSTRACT

East Nusa Tenggara region is included in the tectonic region that always cause earthquake often in water and land region. The purpose of this research is to find the structure response with the time history analysis that considerate on the displacement and the drift of the structure. Based on that, the researcher has done some research on the structure response on one of the frame in Finances Building in Kupang with the time history method. The analysis that has been done by use the SAP2000 software and divided into 2 kind that are linear analysis and non linear analysis. The result of the analysis will be used to find how much the displacement that happen and to control the level of structure performance. The conclusion of this research is to show the highest displacement that happen on the high story that is 0,0123 meter in longitudinal direction and 0,0248 meter in transverse direction. According to Applied Technology Council 40, the building will be count as Immediate Occupanc. With the maximum drift is 0,000436 meter and the maximum in-elastic drift is 0,000167 meter in longitudinal direction and maximum drift is 0,000881 meter and the maximum in-elastic drift is 0,000517 meter in transverse direction. The linear analysis and the non linear analysis get the same results on the displacement and the performance level of the building.

Keywords: *time history analysis; displacement; the level performance of the structure*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia termasuk dalam wilayah dengan tingkat resiko gempa yang cukup tinggi. Gempa yang terjadi baik gempa ringan maupun gempa kuat akan sangat berbahaya apabila gedung-gedung disekitar lokasi gempa tersebut tidak memiliki ketahanan terhadap gempa. Oleh karena itu, bagi pelaku konstruksi dalam mendesain bangunan di wilayah Nusa Tenggara Timur harus mengacu

¹ Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

² Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

³ Prodi Teknik Sipil, FST Undana.

pada standar dan ketentuan yang telah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional dalam bentuk Standar Nasional Indonesia tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Perencanaan bangunan terhadap beban gempa saat ini, sudah mulai menggunakan perancangan bangunan berbasis kinerja. Dalam hal ini, perancangan tidak hanya berdasarkan pada gaya-gaya yang bekerja tetapi juga memperhatikan besarnya deformasi yang terjadi untuk mengurangi kerusakan komponen non struktural. Perencanaan tahan gempa berbasis kinerja merupakan proses yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan baru maupun perkuatan (*upgrade*) bangunan yang sudah ada. Analisis struktur gedung akan menggunakan analisis dinamik *time history*. Pada analisis *time history*, struktur Gedung Keuangan Negara Kupang diberikan percepatan pada permukaan tanah (*accelerogram*) sesuai dengan rekam percepatan terhadap waktu dari data *time history* gempa *El Centro*. Besarnya nilai deformasi yang terjadi nantinya akan dipakai untuk menentukan level kinerja gedung. Semua proses analisis ini akan dibantu menggunakan program SAP2000 V.14.

Tujuan Penelitian

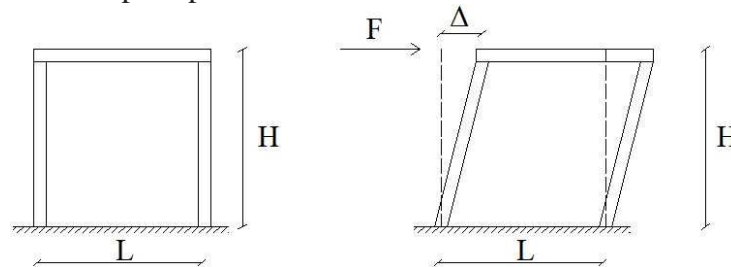
Adapun tujuan penelitian yang menjawab rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- Untuk mengetahui nilai deformasi lateral dari gedung akibat gempa *El Centro*
- Untuk mengetahui posisi level kinerja gedung bila terjadi gempa *El Centro*

TINJAUAN PUSTAKA

Deformasi Lateral (P- Δ)

Deformasi lateral adalah sebuah pengaruh yang terjadi di setiap struktur di mana elemen struktur dikenakan beban aksial. Jika struktur gedung terpengaruh beban gempa lateral maka akan menimbulkan beban lateral tambahan akibat momen yang terjadi oleh beban gravitasi yang titik tangkapnya menyimpang ke samping. Dalam perencanaan struktur, maka simpangan lateral antar lantai tingkat (*story drift*) harus selalu diperiksa untuk menjamin stabilitas struktur, mencegah kerusakan elemen – elemen non struktural, serta untuk menjamin kenyamanan pengguna bangunan. Besarnya simpangan horisontal (*drift*) harus dipertimbangkan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Mc. Cormac (1981) menyatakan bahwa simpangan struktur dapat dinyatakan dalam bentuk *Drift Indeks* seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Deformasi Lateral (Mc. Cormac, 1981)

Drift Indeks dihitung dengan menggunakan Persamaan (1) berikut :

$$\text{Drift Indeks} = \frac{\Delta}{h}$$

(1)

Keterangan :

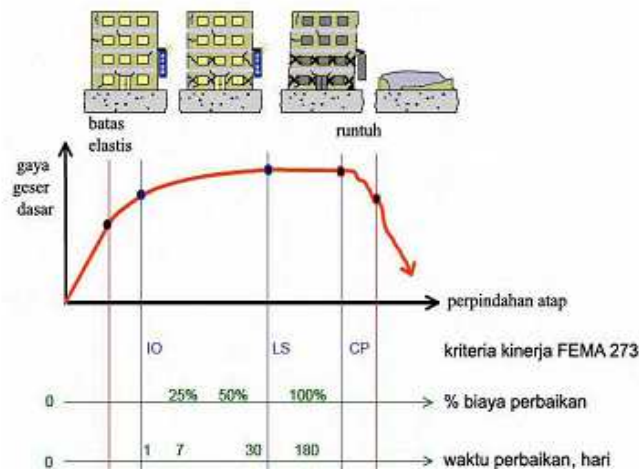
Δ = Besar defleksi maksimum yang terjadi (m)

h = Ketinggian struktur portal (m)

Konsep Kinerja Struktur Tahan Gempa

Perencanaan tahan gempa berbasis kinerja (*Performance-Based Seismic Design*) merupakan proses yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan baru maupun perkuatan (*upgrade*) bangunan yang sudah ada, dengan pemahaman yang realistis terhadap resiko keselamatan (*life*), kesiapan pakai (*occupancy*) dan kerugian harta benda (*economic loss*) yang mungkin terjadi akibat gempa yang akan datang. Proses perencanaan tahan gempa berbasis kinerja dimulai dengan membuat model rencana bangunan kemudian melakukan simulasi kinerjanya terhadap

berbagai kejadian gempa. Berdasarkan *Federal Emergency Management Agency code 237 (FEMA 273)*, setiap simulasi memberikan informasi tingkat kerusakan (*level of damage*), ketahanan struktur, sehingga dapat memperkirakan berapa besar keselamatan (*life*), kesiapan pakai (*occupancy*) dan kerugian harta benda (*economic loss*) yang akan terjadi, pada Gambar 2 di bawah ini akan di tunjukan Ilustrasi Level Struktur Berbasis Kinerja. (Wibowo dkk, 2010: 50).



Gambar 2. Ilustrasi Level Struktur Berbasis Kinerja (FEMA,1997)

Hal penting dari perencanaan berbasis kinerja adalah sasaran kinerja bangunan terhadap gempa dinyatakan secara jelas. Sasaran kinerja terdiri dari kejadian gempa rencana yang ditentukan (*earthquake hazard*), dan taraf kerusakan yang diijinkan atau level kinerja (*performance level*) dari bangunan terhadap kejadian gempa tersebut. ATC-40 memberi batasan rasio *drift* atap untuk berbagai macam tingkat kinerja struktur adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Batasan Rasio *Drift* Terhadap Tinggi Total Bangunan Menurut ATC 40 (ATC 40, 1996)

Parameter	Performance Level			
	IO	Damage Control	LS	Structural Stability
Maksimum Total Drift	0.01	0,01 s.d 0,02	0.02	$0.33 \frac{V_i}{P_i}$
Maksimum Inelastik Drift	0.005	0,005 s.d 0,015	no limit	no limit

Keterangan :

$$\text{Maksimum Total Drift} = \frac{\Delta_{\text{maks}}}{H_{\text{maks}}}$$

$$\text{Maksimum Inelastik Drift} = \frac{\Delta_{\text{maks}} - \Delta_{\text{maks}-1}}{H_{\text{maks}} - H_{\text{maks}-1}}$$

Δ_{maks} = Deformasi Maksimum

H_{maks} = Elevasi tertinggi

V_i = Gaya geser pada lantai ke-i

P_i = Jumlah total beban gravitasi yang bekerja pada lantai ke-i

Time History Analysis

Model Analisis Riwayat Waktu (Time History Analysis) adalah dasar struktur bangunan digetar oleh gempa yang pada umumnya memakai rekaman gempa tertentu (Kevin dkk, 2010). Sebagaimana sifat beban dinamik maka penyelesaian/hitungan respon struktur tidak hanya dilakukan sekali tetapi dapat ratusan kali bahkan sampai ribuan kali. Peralatan komputer dan penguasaan integrasi numerik merupakan prasyarat untuk menyelesaikan problem dinamik dengan model analisis Time History Analysis (THA). Analisis dinamik linear riwayat waktu

(time history) sangat cocok digunakan untuk analisis struktur yang tidak beraturan terhadap pengaruh gempa rencana. Mengingat gerakan tanah akibat gempa di suatu lokasi sulit diperkirakan dengan tepat, maka sebagai input gempa dapat didekati dengan gerakan tanah yang disimulasikan. Dalam analisis ini digunakan hasil rekaman accelerogram gempa sebagai input data percepatan gerakan tanah akibat gempa. Rekaman gerakan tanah akibat gempa diambil dari accelerogram gempa El Centro.

Menurut data United States Geological Survey (USGS), gempa El Centro yang terjadi di California, Amerika Serikat adalah salah satu gempa terdahsyat dengan nilai magnitude 7,1 yang pernah terjadi. Setiap accelerogram mengandung ketidakpastian untuk dipakai di suatu lokasi. Gempa El Centro dianggap sebagai standar, karena accelerogramnya mengandung frekuensi yang lebar, tercatat pada jarak sedang dan pusat gempa dengan magnitude yang sedang pula.

METODE PENELITIAN

Jenis Data

Jenis data dalam penelitian ini ada 2 yakni data primer dan data sekunder. Data primer dari penelitian ini merupakan data yang diperoleh secara langsung oleh penulis pada Gedung Keuangan Negara Kupang. Data – data tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Data dimensi kolom dan balok :
 - 1) K1 : Kolom tipe 1 ukuran 58x88 cm
 - 2) K2 : Kolom tipe 2 ukuran 58x58 cm
 - 3) B1 : Balok tipe 1 ukuran 25x50 cm
- b. Elevasi Gedung Keuangan Negara setiap lantai

Sedangkan data sekunder dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Data yang diperoleh dari literatur atau jurnal yang erat kaitannya dengan topik penelitian.
- b. Data percepatan *accelerogram* gempa *El Centro*.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dibagi menjadi 2 yaitu tahapan persiapan analisis dan hasil analisis data. Secara umum, teknik analisis data dilakukan dengan menggunakan program SAP2000. Langkah – langkahnya sebagai berikut :

- a. Idealisasi dan perhitungan beban mati dan beban hidup.
- b. Membuat pemodelan struktur gedung dengan SAP2000.
- c. Menginput mutu bahan dan dimensi penampang kolom dan balok.
- d. Menginput beban mati, beban hidup dan beban gempa berupa percepatan *accelerogram* gempa *El Centro* kedalam SAP2000.
- e. Idealisasi kombinasi pembebanan dengan SAP2000.
- f. Menganalisis secara linear dan nonlinear.
- g. Menentukan deformasi lateral dan level kinerja struktur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deformasi Lateral

Deformasi lateral diperoleh dari analisis berupa perpindahan pada setiap *joint*. Deformasi lateral dianalisis terhadap sumbu memanjang dan sumbu melintang gedung untuk mengetahui respon struktur gedung secara lebih detail. Sumbu melintang gedung tidak diperhitungkan terhadap adanya perkuatan kekakuan oleh dinding geser.

1. Arah Sumbu Memanjang

a. Analisis Linear

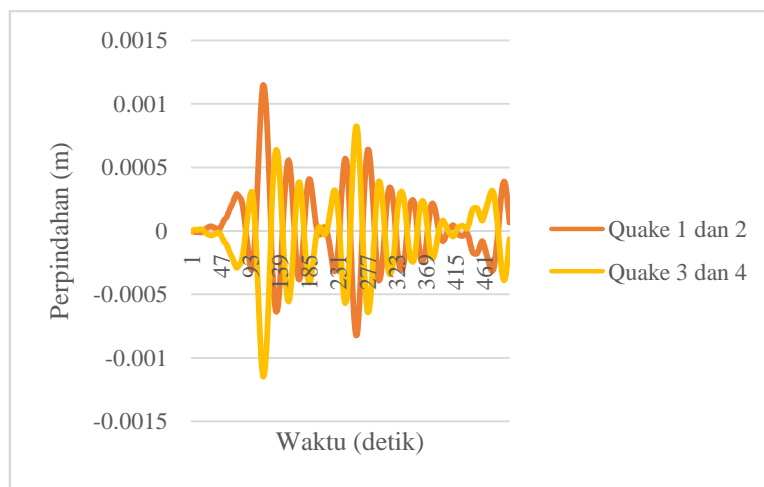
Berikut akan ditampilkan rekapitulasi hasil analisis berdasarkan nilai maksimum setiap *joint*.

b. Analisis Nonlinear

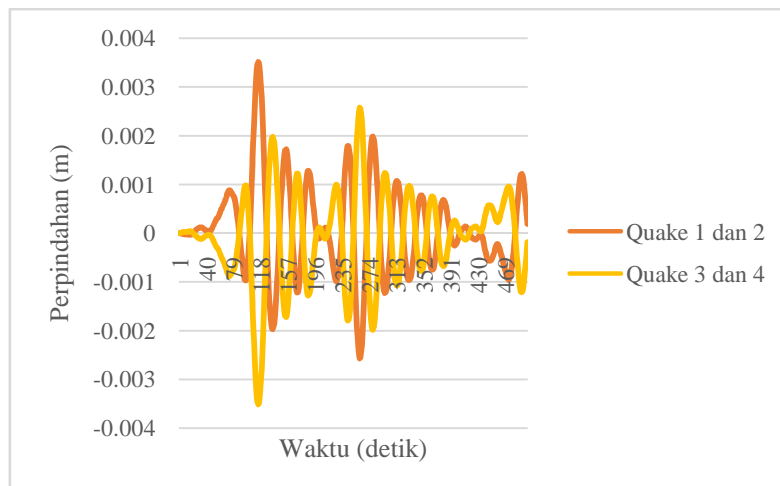
Analisis nonlinear menunjukkan kesamaan dengan analisis linear dimana Quake 1 dan Quake 2 memiliki nilai yang sama dan Quake 3 dan Quake 4 memiliki nilai yang sama. Berikut akan ditampilkan rekapitulasi hasil analisis berdasarkan nilai maksimum setiap *joint*.

Tabel 2 Rekapitulasi Analisis Linear

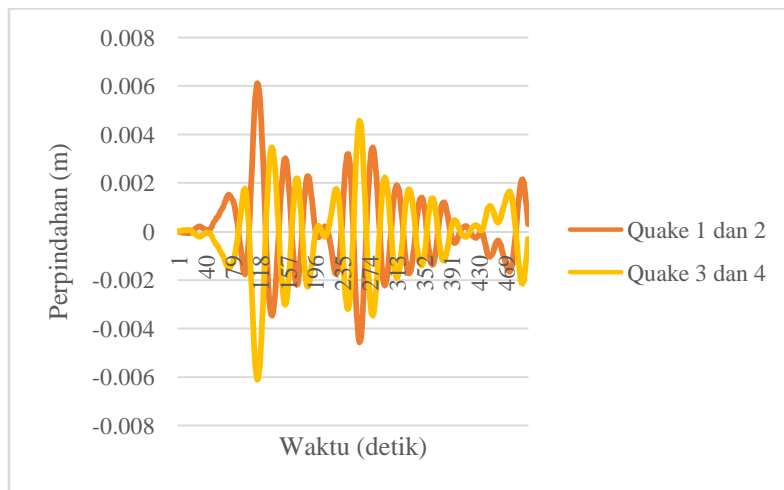
Joint	Elevasi (m)	Nilai Maksimum (m)				Deformasi Lateral (m)
		Quake 1	Quake 2	Quake 3	Quake 4	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) = max{(3),(4),(5),(6)}
78	± 0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
79	+ 4.20	0.00115	0.00115	0.00082	0.00082	0.00115
80	+ 8.40	0.00351	0.00351	0.00257	0.00257	0.00351
81	+ 12.60	0.00611	0.00611	0.00456	0.00456	0.00611
82	+ 16.80	0.00853	0.00853	0.00648	0.00648	0.00853
83	+ 21.00	0.01057	0.01057	0.00816	0.00816	0.01057
84	+ 25.20	0.01180	0.01180	0.00921	0.00921	0.01180
85	+ 28.20	0.01230	0.01230	0.00965	0.00965	0.01230



Gambar 3 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint* 79



Gambar 4 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint* 80



Gambar 5 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint 81*



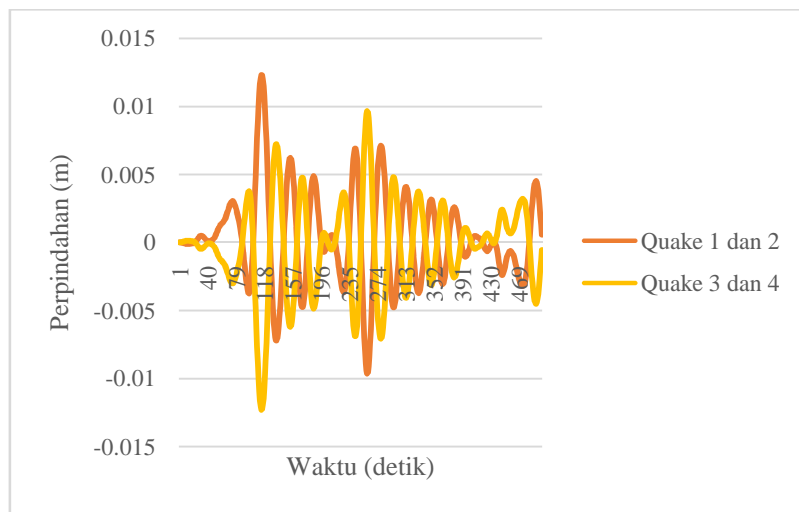
Gambar 6 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint 82*



Gambar 7 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint 83*



Gambar 8 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint* 84



Gambar 9 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint* 85

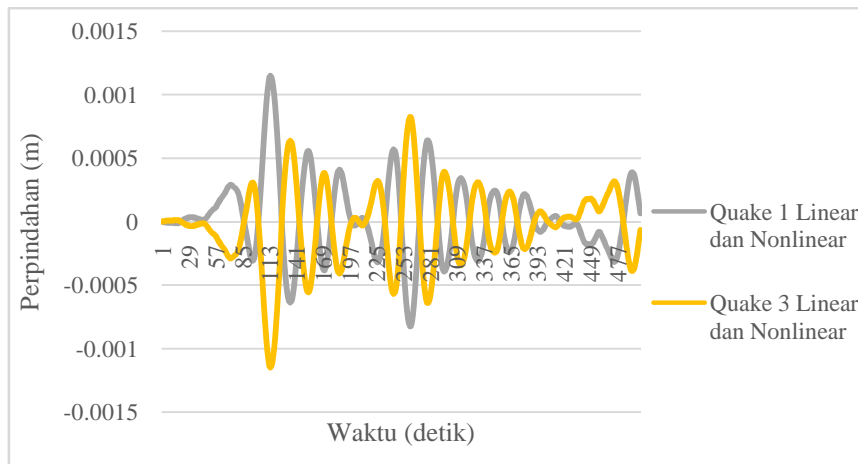
Tabel 3 Rekapitulasi Perpindahan tiap *Joint* terhadap fungsi waktu

No	Joint	Perpindahan (m)		Waktu (detik)
		Maksimum	Minimum	
1	78	0.00000	0.00000	-
2	79	0.00115	-0.00115	2.26
3	80	0.00351	-0.00351	2.26
4	81	0.00611	-0.00611	2.26
5	82	0.00853	-0.00853	2.26
6	83	0.01057	-0.01057	2.26
7	84	0.01180	-0.01180	2.26
8	85	0.01230	-0.01230	2.26

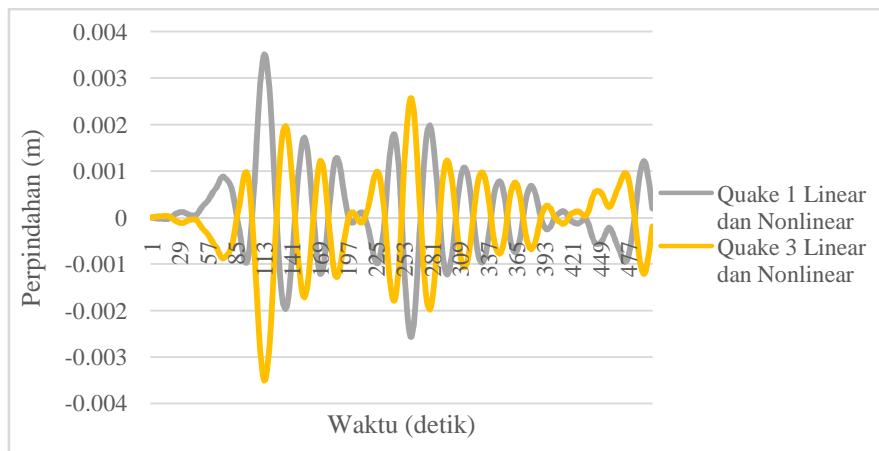
Tabel 4 Rekapitulasi Analisis Nonlinear

Joint	Elevasi (m)	Nilai Maksimum (m)				Deformasi Lateral (m)
		Quake 1	Quake 2	Quake 3	Quake 4	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) = max{(3),(4),(5),(6)}
78	± 0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
79	+ 4.20	0.00115	0.00115	0.00082	0.00082	0.00115

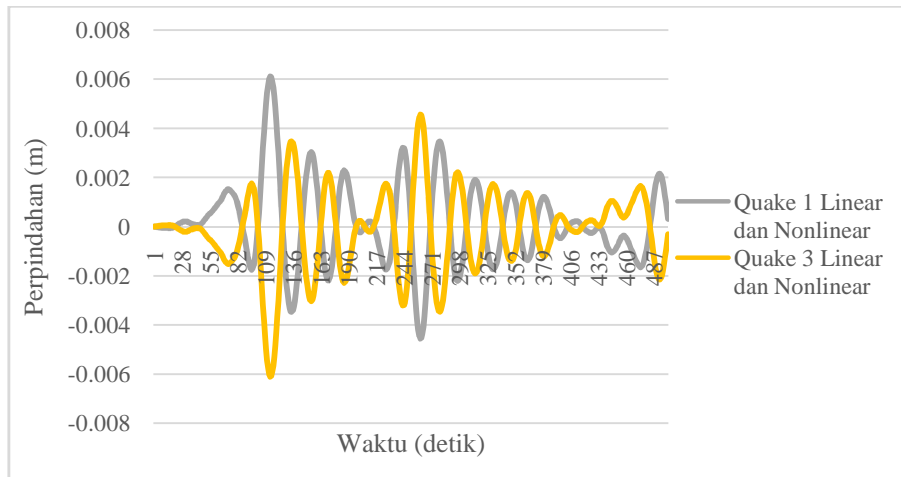
Joint	Elevasi (m)	Nilai Maksimum (m)				Deformasi Lateral (m)
		Quake 1	Quake 2	Quake 3	Quake 4	
80	+ 8.40	0.00351	0.00351	0.00257	0.00257	0.00351
81	+ 12.60	0.00611	0.00611	0.00456	0.00456	0.00611
82	+ 16.80	0.00853	0.00853	0.00648	0.00648	0.00853
83	+ 21.00	0.01057	0.01057	0.00816	0.00816	0.01057
84	+ 25.20	0.01180	0.01180	0.00921	0.00921	0.01180
85	+ 28.20	0.01230	0.01230	0.00965	0.00965	0.01230



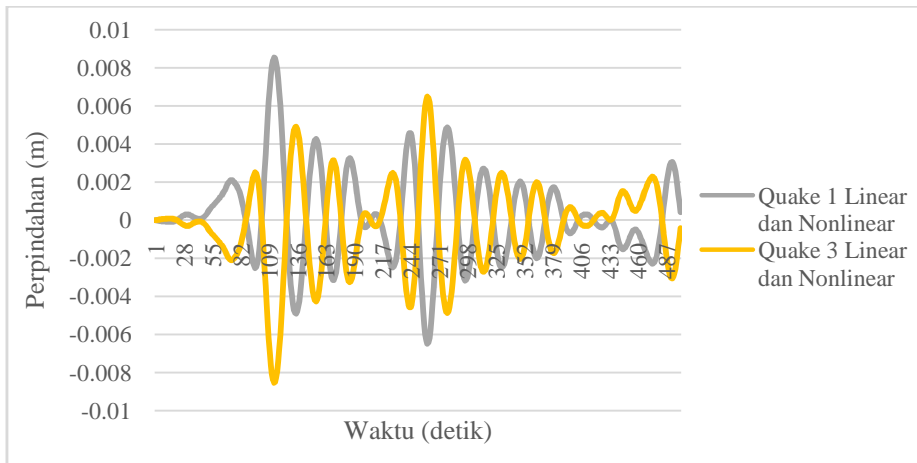
Gambar 4.10 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint 79*



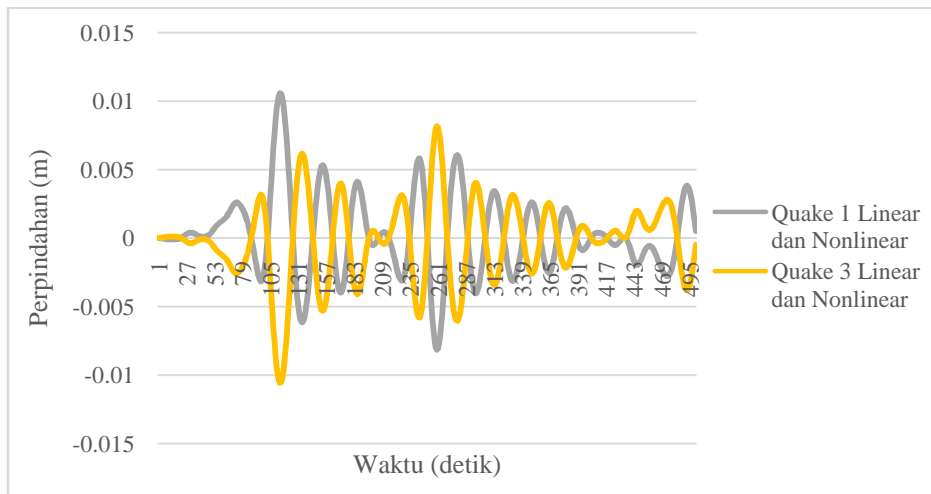
Gambar 4.11 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint 80*



Gambar 4.12 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint* 81



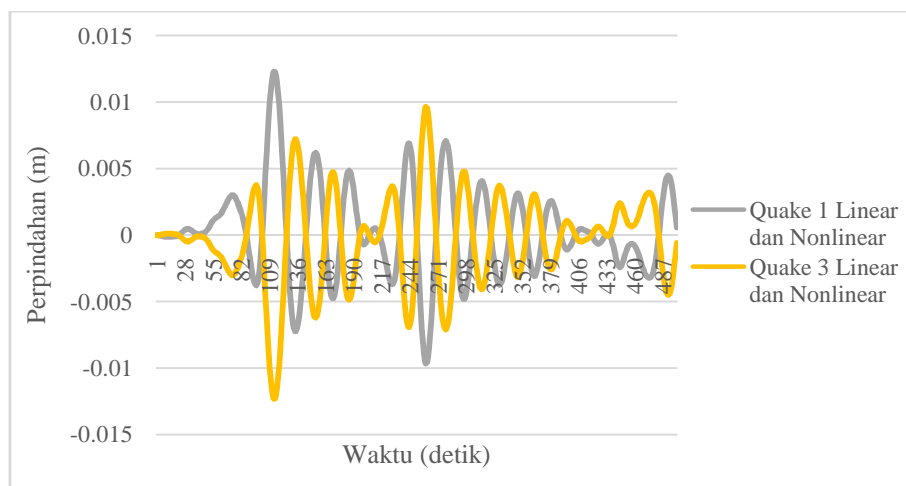
Gambar 4.13 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint* 82



Gambar 4.14 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint* 83



Gambar 4.15 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint* 84



Gambar 4.16 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint* 85

Tabel 5 Rekapitulasi Perpindahan maks tiap *Joint* terhadap fungsi waktu

No	Joint	Analisis Linear		Analisis Nonlinear	
		Perpindahan maks (m)	Waktu (detik)	Perpindahan maks (m)	Waktu (detik)
1	78	0.00000	-	0.00000	-
2	79	0.00115	2.26	0.00115	2.26
3	80	0.00351	2.26	0.00351	2.26
4	81	0.00611	2.26	0.00611	2.26
5	82	0.00853	2.26	0.00853	2.26
6	83	0.01057	2.26	0.01057	2.26
7	84	0.01180	2.26	0.01180	2.26
8	85	0.01230	2.26	0.01230	2.26

2. Arah Sumbu Melintang

a. Analisis Linear

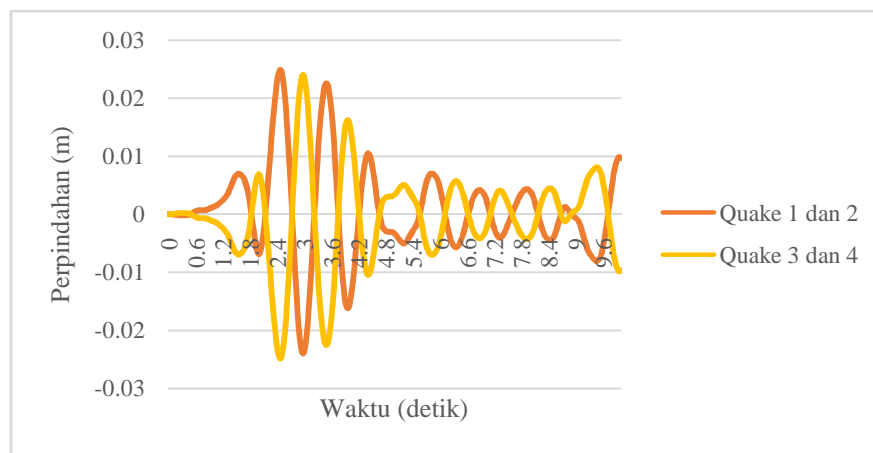
Berikut akan ditampilkan rekapitulasi hasil analisis berdasarkan nilai maksimum setiap *joint*.

b. Analisis Nonlinear

Analisis nonlinear dilakukan sebagai untuk dapat mengetahui perilaku struktur dan dibandingkan dengan analisis linear. Berikut akan ditampilkan rekapitulasi hasil analisis berdasarkan nilai maksimum setiap *joint*.

Tabel 6 Rekapitulasi Analisis Linear

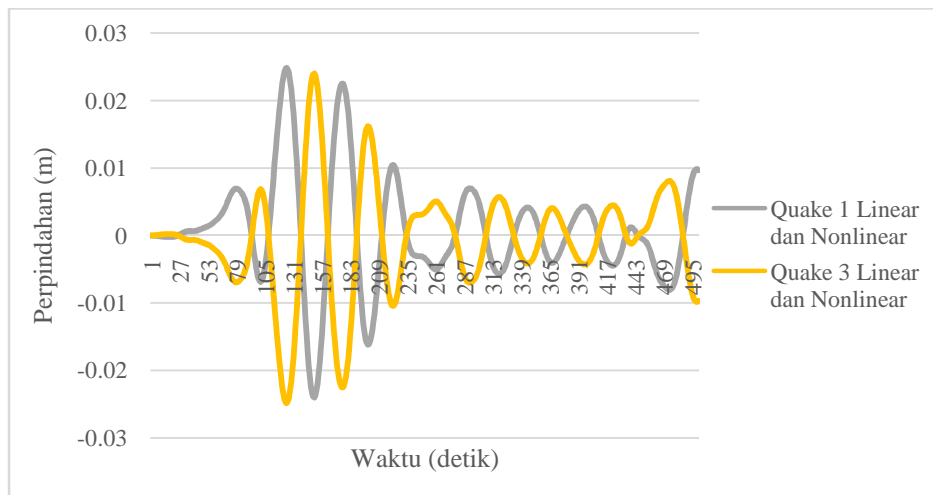
Joint	Elevasi (m)	Nilai Maksimum (m)				Deformasi Lateral (m)
		Quake 1	Quake 2	Quake 3	Quake 4	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) = max{(3),(4),(5),(6)}
17	± 0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
18	+ 4.20	0.00166	0.00166	0.00153	0.00153	0.00166
19	+ 8.40	0.00550	0.00550	0.00510	0.00510	0.00550
20	+ 12.60	0.01030	0.01030	0.00970	0.00970	0.01030
21	+ 16.80	0.01530	0.01530	0.01450	0.01450	0.01530
22	+ 21.00	0.01990	0.01990	0.01910	0.01910	0.01990
23	+ 25.20	0.02330	0.02330	0.02250	0.02250	0.02330
24	+ 28.20	0.02480	0.02480	0.02400	0.02400	0.02480



Gambar 4.17 Grafik Perpindahan terhadap waktu Joint 24

Tabel 7 Rekapitulasi Perpindahan maks tiap Joint terhadap fungsi waktu

No	Joint	Analisis Linear		Analisis Nonlinear	
		Perpindahan maks (m)	Waktu (detik)	Perpindahan maks (m)	Waktu (detik)
1	17	0.00000	-	0.00000	-
2	18	0.00166	2.46	0.00166	2.46
3	19	0.00550	2.46	0.00550	2.46
4	20	0.01030	2.46	0.01030	2.46
5	21	0.01530	2.46	0.01530	2.46
6	22	0.01990	2.48	0.01990	2.48
7	23	0.02330	2.48	0.02330	2.48
8	24	0.02480	2.48	0.02480	2.48



Gambar 4.18 Grafik Perpindahan terhadap waktu *Joint 24*

Level Kinerja Struktur

1. Arah Sumbu Memanjang

a. Analisis Linear

Berdasarkan hasil analisis linear, perpindahan maksimum portal terjadi pada *joint 85* sebesar 0.0123 m. Oleh karena itu, dapat diperoleh level kinerja gedung sebagai berikut :

$$1) \text{ Rasio maksimal drift : } \frac{D_{85}}{H_{85}} = \frac{0,0123}{28,2} = 0,000436 (< 0,01)$$

Sehingga level kinerja gedung adalah Segera dapat dipakai atau *immediate occupancy* (IO).

$$2) \text{ Rasio maksimal in-elastic drift : } \frac{D_{85}-D_{84}}{H_{85}-H_{84}} = \frac{0,0123-0,0118}{28,2-25,2} = 0,000167 (< 0,005)$$

Sehingga level kinerja gedung adalah Segera dapat dipakai atau *immediate occupancy* (IO).

b. Analisis Nonlinear

Berdasarkan hasil analisis nonlinear, perpindahan maksimum portal terdapat pada *joint 85* sebesar 0,0123 m. Oleh karena itu, dapat diperoleh level kinerja gedung sebagai berikut :

$$1) \text{ Rasio maksimal drift : } \frac{D_{85}}{H_{85}} = \frac{0,0123}{28,2} = 0,000436 (< 0,01)$$

Sehingga level kinerja gedung adalah Segera dapat dipakai atau *immediate occupancy* (IO).

$$2) \text{ Rasio maksimal in-elastic drift : } \frac{D_{85}-D_{84}}{H_{85}-H_{84}} = \frac{0,0123-0,0118}{28,2-25,2} = 0,000167 (< 0,005)$$

Sehingga level kinerja gedung adalah Segera dapat dipakai atau *immediate occupancy* (IO).

2. Arah Sumbu Melintang

Berdasarkan hasil analisis linear dan nonlinear, perpindahan maksimum portal terjadi pada *joint 24* sebesar 0.0248 m. Oleh karena itu, dapat diperoleh level kinerja gedung sebagai berikut :

$$1) \text{ Rasio maksimal drift : } \frac{D_{24}}{H_{24}} = \frac{0,0248}{28,2} = 0,000881 (< 0,01)$$

Sehingga level kinerja gedung adalah Segera dapat dipakai atau *immediate occupancy* (IO).

$$2) \text{ Rasio maksimal in-elastic drift : } \frac{D_{24}-D_{23}}{H_{24}-H_{23}} = \frac{0,0248-0,0233}{28,2-25,2} = 0,000517 (< 0,005)$$

Sehingga level kinerja gedung adalah Segera dapat dipakai atau *immediate occupancy* (IO).

KESIMPULAN

- a. Berdasarkan hasil analisis diperoleh deformasi lateral di lantai paling atas gedung dalam arah memanjang sebesar 0,0123 m dan dalam arah melintang sebesar 0,0248 m. Deformasi linear dan nonlinear memiliki kesamaan nilai pada setiap lantainya, dengan deformasi maksimum terjadi pada lantai paling atas. Grafik deformasi yang terjadi pada setiap *joint* menunjukkan bahwa pada saat waktu $t = 2,26$ detik struktur mengalami deformasi maksimum pada setiap *joint* dalam arah memanjang dan pada saat $t = 2,48$ detik struktur mengalami deformasi maksimum dalam arah melintang.
- b. Level kinerja gedung yang diperoleh dari hasil analisis linear dan nonlinear yang dilakukan berdasarkan ATC-40 memiliki kesamaan nilai yaitu berada pada level Segera dapat dipakai atau *immediate occupancy*, karena dalam arah memanjang diperoleh maksimal *drift* = 0,000436 ($< 0,01$) ; maksimal *in-elastic drift* = 0,000167 ($< 0,005$) dan dalam arah melintang diperoleh maksimal *drift* = 0,000881 ($< 0,01$) ; maksimal *in-elastic drift* = 0,000517 ($< 0,005$). Level Segera dapat dipakai atau *immediate occupancy* menunjukkan bahwa bila terjadi gempa, tidak ada kerusakan berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira – kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa, sehingga bangunan aman dan dapat langsung dipakai.

REKOMENDASI

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Gedung Keuangan Negara Kupang berperilaku sangat elastis karena dimensi kolom dan balok yang terlalu besar dan konfigurasi tulangan yang terlalu banyak. Oleh karena itu, penulis merekomendasikan apabila di kemudian hari terdapat perencanaan gedung tahan gempa seperti Gedung Keuangan Negara Kupang maka dapat digunakan dimensi penampang kolom maupun balok yang lebih kecil. Hal ini dapat menguntungkan dari segi biaya dan ruang (*space*).

SARAN

- a. Variabel yang ingin diketahui bisa ditambah agar dapat diperoleh hasil yang lebih beragam misalnya skema kelelahan dan sendi plastis.
- b. Metode yang digunakan bisa ditambah dan dibandingkan dengan metode yang dipakai sekarang misalnya metode *pushover*.
- c. Data *time history* gempa dapat diambil dari beberapa titik tinjauan agar diperoleh hasil lebih bervariasi dan bisa dilakukan perbandingan antara titik – titik gempa tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Applied Technology Council, ATC 40. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. Redwood City, California, U.S.A.
- FEMA 273. 1997. *Building Seismic Safety Council*. Washington ,D. C.
- Hariyanto, Agus. 2011. *Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan Dengan Analisis Dinamik Menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum*. Surakarta
- Kevin dan Sanci Barus. 2010. *Kajian Perbandingan Respon Dinamik Linier Dengan Analisis Riwayat Waktu (Time History Analysis) Menggunakan Modal Analisis (Mode Superposition Method) Dan Integrasi Langsung (Direct Time Integration Method)*. Medan
- Listyorini. 2015. *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Dengan Analisis Time History (Studi Kasus: Gedung Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta)*. Surakarta
- Sari, Dian Ayu A. 2013. *Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Riwayat Waktu Menggunakan Software Etabs V 9.5 (Studi Kasus : Gedung Solo Center Point)*. Surakarta

- Tarigan, Matahari. 2014. *Perbandingan Respon Struktur Beraturan Dan Ketidakberaturan Horizontal Sudut Dalam Akibat Gempa Dengan Menggunakan Analisis Statik Ekuivalen Dan Time History*. Medan
- Wibowo, Edy Purwanto dan Dwi Yanto. 2010. *Menentukan Level Kinerja Struktur Beton Bertulang Pasca Gempa*. Surakarta: Media Teknik Sipil, Volume XI