

## ANALISIS DAN PERILAKU DINAMIS STRUKTUR GEDUNG A FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS UDAYANA AKIBAT BEBAN GEMPA RIWAYAT WAKTU

I Gede Gegiranang Wiryadi, I Made Sastra Wibawa, I Putu Jaya Kusuma

*Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar*

*Email: anankwiryadi27@gmail.com*

**ABSTRAK:** Gedung A Fakultas Ekonomi Universitas Udayana yang terletak di Bali pada daerah Sudirman dan merupakan daerah rawan gempa yang berfungsi sebagai fasilitas Pendidikan, gedung tersebut termasuk pada kategori resiko IV, menurut SNI 1726:2012. Penelitian ini menggunakan metode *Time History Analysis*, dengan analisis beban gempa berdasarkan rekaman riwayat waktu gempa yaitu ada tiga dari riwayat beban gempa Elcentro, gempa Kobe dan gempa Chi-chi. Penelitian ini menggunakan *software* SAP 2000. Gempa yang memiliki pengaruh terbesar pada gedung A Fakultas Ekonomi Universitas Udayana adalah gempa Elcentro dan Kobe. Gaya geser dasar didapat dengan *Time History analysis* yang tertinggi pada arah X yaitu gempa Kobe  $X = 1610,226$  kN sedangkan pada arah Y yaitu gempa Kobe  $Y = 1854,099$  kN. Simpangan antar tingkat yang didapat dengan *Time History analysis* menggunakan gempa Elcentro yang terbesar yaitu ada pada (lantai 2 = 12,69 mm) di arah X dan (lantai 2 = 13,35 mm) di arah Y. Dan yang terjadi akibat ke tiga jenis gempa tersebut lebih kecil dari gaya geser dasar dan simpangan berdasarkan SNI 1726-2012. Pada percepatan dan kecepatan yang paling tertinggi yaitu gempa Elcentro kecuali pada arah X percepatan yang tertinggi yaitu gempa Kobe. berdasarkan *Time History Analysis* beban gempa Elcentro, gempa Kobe, dan Gempa Chi-chi cenderung dalam kategori aman.

**Kata kunci:** *SAP 2000, Analisis Riwayat Waktu, Simpangan, Gaya Geser Dasar*

**ABSTRACT:** *Building A, Faculty of Economics, Udayana University, which is located in Bali in the Sudirman area and is an earthquake-prone area that functions as an educational facility, the building is included in the risk category IV, according to SNI 1726: 2012. This study uses the Time History Analysis method, with earthquake load analysis. based on the recorded earthquake time history, there are three from the history of the Elcentro earthquake load, the Kobe earthquake and the Chi-chi earthquake. This study uses the SAP 2000 software. The earthquakes that had the biggest impact on building A of the Faculty of Economics, Udayana University were the Elcentro and Kobe earthquakes. The base shear force obtained by Time History analysis is highest in the X direction, namely the Kobe earthquake  $X = 1610,226$  kN, while in the Y direction, the Kobe earthquake  $Y = 1854,099$  kN. The deviation between levels obtained by Time History analysis using the Elcentro earthquake is the largest at (2nd floor = 12.69 mm) in the X direction and (2nd floor = 13.35 mm) in the Y direction. the earthquake was smaller than the basic shear and displacement based on SNI 1726-2012. At the highest acceleration and velocity, the Elcentro earthquake, except in the X direction, the highest acceleration was the Kobe earthquake. based on Time History Analysis, the Elcentro earthquake, Kobe earthquake, and Chi-chi earthquake tend to be in the safe category.*

**Keywords:** *SAP 2000, Time History Analysis, Drift, Base Shear*

### PENDAHULUAN

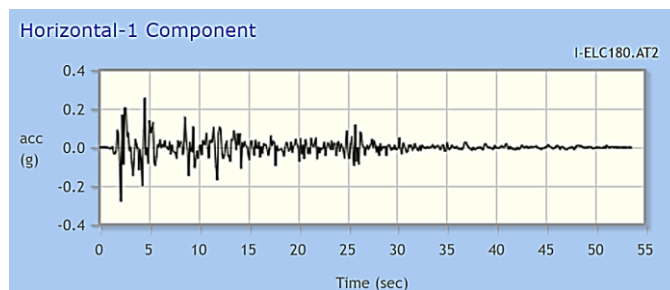
Gempa yang terjadi menyebabkan bangunan bergerak baik dalam arah vertikal maupun arah horizontal. Gerak ini menyebabkan struktur mengalami deformasi horizontal atau simpangan. Dalam mempertahankan strukturnya, bangunan akan mengalami perubahan perilaku terhadap gempa yang terjadi. Dengan wilayah yang kerawanan yang tinggi terhadap gempa. Gedung A Fakultas Ekonomi Universitas Udayana yang terletak di Bali pada daerah Sudirman dan merupakan daerah rawan gempa yang berfungsi sebagai fasilitas Pendidikan, gedung tersebut termasuk pada kategori resiko IV, menurut SNI 1726: 2012. Penelitian ini menggunakan metode *Time History Analysis*, Analisis dinamik riwayat waktu (*Time History Analysis*) adalah suatu cara analisis untuk menentukan riwayat waktu respon dinamik struktur bangunan gedung yang berperilaku linear atau nonlinier terhadap gerakan tanah akibat gempa. Beban gempa merupakan fungsi dari waktu dengan respon struktur akibat pembebanan dari rekam *Accelerograms*. *Accelerogram* yaitu perekaman akselerasi gerakan dasar bumi pada saat gempa terjadi. sehingga respon yang terjadi pada struktur gedung juga tergantung dari waktu pembebanan. Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Udayana yang terletak di Bali pada daerah Sudirman dan merupakan daerah rawan gempa yang tinggi, yang berfungsi sebagai fasilitas pendidikan yang mampu menampung banyak mahasiswa beserta dosen – dosen yang mengajar. Selain fungsi tersebut, gedung

kampus juga biasa digunakan sebagai tempat perlindungan atau pengungsian jika terjadi bencana besar seperti gempa. Melalui beberapa penelitian sejenis, kategori keamanan perilaku struktur terhadap gempa, nilai simpangan, dan gaya geser dasar didapatkan. Penelitian yang sama dilakukan pada Gedung Hotel Banda Aceh oleh Delti Ayuna (2016). Dalam penelitian tersebut dilakukan evaluasi perilaku akibat gempa dengan metode time history analysis dan mendapat hasil perilaku struktur hotel tersebut aman dari gempa El-Centro, Kobe, dan Chi-Chi. Untuk mendapatkan perilaku struktur dengan analisis riwayat waktu, diperlukan rekaman gempa yang pernah terjadi sebelumnya yaitu El-Centro (1940), Kobe (1995), dan Chi-Chi (1999). Gempa-gempa ini digunakan karena memiliki periode gempa pendek dan percepatan gravitasi besar, serta menghasilkan dampak buruk pada konstruksi. Maka dari itu gedung tersebut di analisis dengan riwayat waktu beban gempa karena fungsi gedung tersebut termasuk pada kategori resiko IV, menurut SNI 1726:2012 agar struktur gedung tersebut kuat menahan gempa bila terjadi gempa yang sama. Analisis dengan metode riwayat waktu untuk mendapat dan membandingkan perilaku struktur bangunan akibat beberapa gempa. Analisis ini akan menggunakan tiga rekaman gempa yaitu gempa El-Centro, Kobe dan, Chi-Chi. Permodelan dan analisa akan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SAP2000.

### ANALISIS RIWAYAT WAKTU

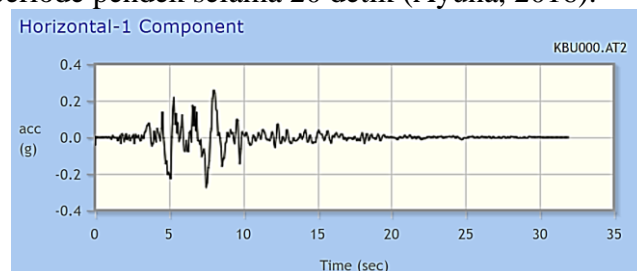
Menurut (Khoeri, 2019), Analisis Dinamik Riwayat Waktu adalah suatu cara analisis untuk menentukan riwayat waktu respon dinamik struktur bangunan gedung yang berperilaku linear atau nonlinier terhadap gerakan tanah akibat Gempa. Beberapa Kasus Gempa yang rekaman gempanya akan digunakan untuk analisis ini:

1. Gempa El-Centro yang terjadi di California Amerika Serikat adalah salah satu gempa terdahsyat dengan nilai magnitudo 7,1. Akselerogram gempa El – Centro 1940 digunakan, karena durasi gempa yang cukup panjang yang dirasakan di lebih dari 128.000 km luasan area dan Salah satu struktur terbaik yang ada runtuh akibat getaran gempa El Centro. Gempa ini dianggap sebagai standar karena akselerogramnya mengandung frekuensi yang kebar baik pada arah x, y, maupun z, tercatat pada jarak sedang dan pusat gempa dengan magnitudo yang sedang pula dengan periode waktu yang sangat pendek yaitu 15 detik (Ayuna, 2016).



Gambar 1. Rekaman Gempa El Centro

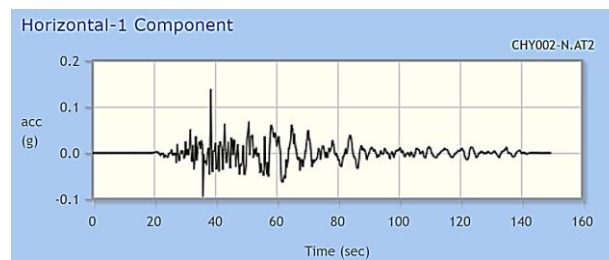
2. Gempa Kobe pada 17 Januari 1995, Kota Pelabuhan Kobe, Jepang diguncang gempa besar yang menyebabkan ribuan nyawa melayang. Berdasarkan *Japan Times* (16/1/2020), gempa ini menjadi gempa besar pertama yang melanda kota besar Jepang sejak Perang Dunia II. Gempa berkekuatan M 6,9 (Azanella, 2021). pusat gempa dan berlangsung selama 12 detik. Gemp ini memiliki periode pendek selama 20 detik (Ayuna, 2016).



Gambar 2. Rekaman Gempa Kobe

3. Gempa Chi-Chi Tahun 1999 yang dikenal dengan magnitudo ML = 7,3 dengan kedalaman sumber gempa 8 km. Gempa Chi-Chi merupakan gempa yang sangat merusak dan

memiliki kekuatan relatif lebih besar (Sodikin, 2018). Akselerogram gempa Chi-Chi mempunyai frekuensi lebar pada rentang tengah periode waktunya pada arah x, y, dan z dengan periode cukup panjang yaitu 90 detik (Ayuna, 2016).



Gambar 3. Rekaman Gempa Chi-Chi

### Metode Newmark

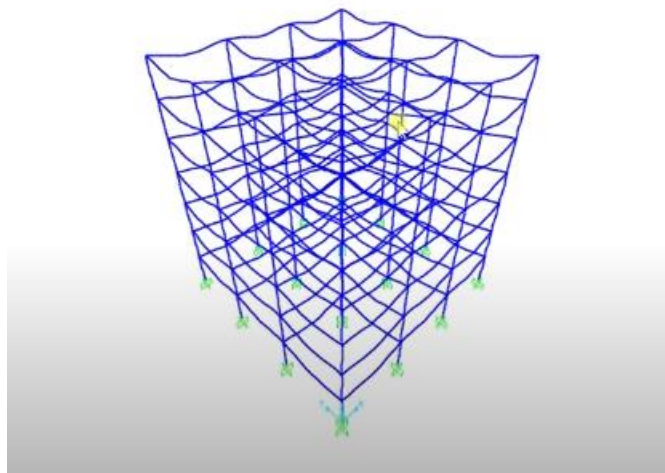
Metode newmark merupakan salah satu prosedur numerik yang biasa digunakan untuk menganalisa respon struktur terhadap beban gempa. Metode ini mempunyai dua parameter penting yaitu  $\beta$  dan  $\gamma$ , yang menetapkan variasi dari percepatan terhadap selang waktu dan menentukan karakteristik kestabilan dan akurasi dari metode tersebut. Apabila dipakai nilai  $\gamma = 1/2$  dan  $\beta = 1/4$ , artinya digunakan prinsip metode percepatan rata-rata. Sedangkan apabila dipakai nilai  $\gamma = 1/2$  dan  $\beta = 1/6$ , maka digunakan prinsip metode percepatan linear. Dan seperti metode numerik yang lain pada umumnya, kedua prinsip ini masing-masing juga mempunyai tingkat kestabilan dan akurasi yang berbeda-beda (Rompas *et al.*, 2015).

### Faktor Redaman (Damping Rasio)

Redaman adalah peristiwa pelepasan energi oleh struktur yang disebabkan oleh berbagai macam sebab. Beberapa dari penyebab tersebut yaitu pelepasan energi oleh gesekan alat penyambung maupun sistem dukungan, pelepasan energi karena gerakan antar molekul dalam material, pelepasan energi oleh gesekan dengan udara, serta pada respons elastik pelepasan energi pun terjadi karena rotasi sendi plastis. Redaman akan mengurangi respons struktur karena ia berfungsi untuk melepaskan energi (Elrian, 2000).

### METODE PENELITIAN

Permodelan *time history analysis* dalam program SAP 2000, analisa beban dinamik dapat dilakukan dengan menggunakan time history. Dengan mengklik *define – functions – Time History* pada SAP 2000, untuk data *time history* telah disediakan data *ELCENTRO*, *ALTADENA*, dll pada SAP2000. Sedangkan jika menggunakan rekaman gempa lainnya, dicari pada *website* <https://ngawest2.berkeley.edu/>, lalu pengaturan data *time history* yaitu mendefinisikan beban rekaman gempa, pengaturan data *load case*, pemilihan beban – beban yang akan diberikan pada model dan melakukan *run analysis*, berikut deformasi pada gedung setelah diberikan beban gempa.



Gambar 4. Deformasi pada gedung setelah diberikan beban gempa

Metode *time history analysis* dengan menggunakan aplikasi SAP 2000. Data – data yang diperlukan dalam analisis ini yaitu :

Gedung ini memiliki geometri struktur sebagai berikut :

- a. Panjang bangunan : 32 meter
- b. Lebar Bangunan : 22 meter
- c. Tinggi bangunan : 20,8 meter
- d. Jumlah lantai : 4 lantai

Dimensi Struktur sebagai berikut :

**Tabel 1. Elemen Struktur yang digunakan**

Kolom (cm)	Balok (cm)	Plat (cm)
K1 (50×70)	B1(45×80)	PL 2 (t = 15)
K2 (40×60)	B2(35×70)	PL 3 (t = 15)
K3 (40×40)	B3(30×50)	PL 4 (t = 15)
K4 (40×50)	B4 (25×40)	
K5 (30×30)	B5 (40×50)	
K6 (25×50)	TB1(25×40)	
	TB2(30×50)	
	TB3(40×60)	

*Sumber : PT. Kencana Adhi Karma*

Setelah pemodelan 3D pada SAP 2000 selesai, maka dilakukan penginputan beban-beban seperti beban mati (dead load), beban mati tambahan (super dead load), beban hidup (live load) dan beban gempa. Pemberian beban dilakukan berdasarkan peraturan yang sudah tertera pada SNI 1727 – 2013, SNI 1726 – 2012, dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPIUG) 1987. Berikut adalah perhitungan masing-masing beban :

Beban mati (Dead Load) yang bekerja adalah sesuai dengan dimensi struktur yaitu berat sendiri struktur. Untuk beban mati akibat berat sendiri dihitung otomatis dengan software SAP 2000, yaitu dengan cara input 1 pada Self Weight Multiplier beban mati (dead load) di Define Load Pattern.

Beban mati tambahan (*Super Dead Load*) yaitu beban tambahan yang bukan termasuk elemen struktur seperti finishing lantai, dinding, partisi, dan lain - lainnya, dihitung berdasarkan berat satuan (*specific gravity*). Adapun beban mati tambahan diinput sesuai dengan data berikut ini :

**Tabel 2. Beban Mati Tambahan pada Plat Lantai**

Beban Mati Tambahan Pada Plat Lantai		
No	Material	Beban (kg/m <sup>2</sup> )
1	Berat spesi (2100 kg/m <sup>3</sup> × 0.04 m)	84
2	Berat tegel (2400 kg/m <sup>3</sup> × 0.01 m)	24
3	Berat plafond	11
4	Berat Penggantung	7
5	Instalasi MEP	40
Total		166

**Tabel 3. Beban Mati Tambahan pada Plat Atap**

Beban Mati Tambahan Pada Plat Atap		
No	Material	Beban (kg/m <sup>2</sup> )
1	Berat spesi (2100 kg/m <sup>3</sup> × 0.04 m)	84
2	Berat plafond	11
3	Berat Penggantung	7
4	Instalasi MEP	40
Total		142

**Tabel 4. Beban Mati Tambahan pada Balok Lantai 1-3**

Beban Mati Tambahan Pada Balok Lantai 1-3

No	Material	Beban (kg/m)
1	Bata ringan(600 kg/m <sup>3</sup> × 2,9m × 0,10m)	174
2	Plesteran (1850 kg/m <sup>2</sup> × 0,02 m)	37
3	Acian (5,1 kg/m <sup>2</sup> × 0,02 m)	0,102
Total		211,102

Tabel 5. Beban Mati Tambahan pada Balok Lantai 4

Beban Mati Tambahan Pada Balok Lantai 4		
No	Material	Beban (kg/m)
1	Bata ringan(600 kg/m <sup>3</sup> × 2,9m × 0,10m)	156
2	Plesteran (1850 kg/m <sup>2</sup> × 0,02 m)	37
3	Acian (5,1 kg/m <sup>2</sup> × 0,02 m)	0,102
Total		193,102

Beban hidup besarnya diambil berdasarkan Tabel 4-1 SNI 1727:2013 (Badan Standardisasi Nasional, 2013) beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Adapun beban hidup yang bekerja pada struktur Gedung Fakultas Pariwisata Universitas Udayana adalah sebagai berikut :

Tabel 6. Beban Hidup

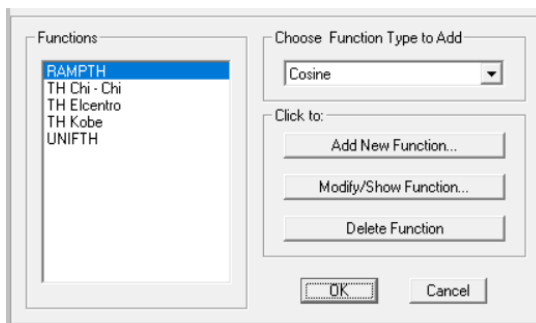
No	Ruangan	Beban (kN/m <sup>2</sup> )
1	Beban hidup pada ruang kelas	1,92
2	Beban hidup pada koridor lantai 1	4,79
3	Beban hidup pada koridor diatas lantai 1	3,83
4	Beban hidup pada ruang kantor	2,4
5	Beban hidup pada ruang Pertemuan	5

Adapun beban hidup atap (roof live) yaitu beban hujan yang di input sebesar 20 kg/m<sup>2</sup> dan satuannya diubah mejadi kg/m untuk diinput ke ring balok atap :

- a. Luas atap total = 780,788 m<sup>2</sup>
- b. Keliling ring balok = 145,381 m
- c. Total berat hujan = 20 kg/m<sup>2</sup> x 780,788 m<sup>2</sup> = 14.415,76 kg
- d. Beban merata hujan = 14.415,76 kg / 145,381 m = 99 kg/m

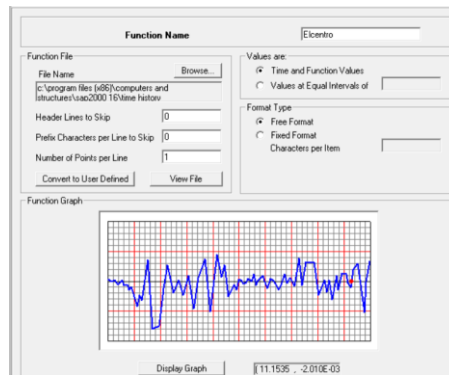
Setelah melakukan permodelan dilanjutkan dengan melakukan analisis pada bangunan dengan menggunakan Linier Direct Integration Time History, dengan beberapa langkah metode analisa meliputi metode analisis *Direct Integration Time History* merupakan metode analisa numerik untuk mengevaluasi respon dinamik struktur. Tahap awal, rekaman gempa yang telah diolah dan dipotong dengan *Microsoft Excel* perlu didefinisikan dengan *Time Histody Function*. *Function Type*

Define Time History Functions



Gambar 5. Define Time History Functions

Dalam pengaturan ini akan diinput file rekaman gempa dengan menu *Browse*, dan pengaturan lainnya disesuaikan dengan format data rekaman gempanya, contohnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 6. Time History Functions Gempa Elcentro

Selanjutnya yang diinput adalah damping atau redaman. Metode yang digunakan untuk menentukan damping pada penelitian ini adalah metode *Newmark*. Damping akan dihitung dengan besaran *Circle Frequency* untuk mendapatkan  $\alpha$  dan  $\beta$  yang digunakan untuk mencari *Proportional Damping* dengan menggunakan *Microsoft Excel* (tabel dan grafik dapat dilihat di lampiran).  $\alpha$  dan  $\beta$  tersebut juga yang diinput dalam *Damping Parameters* dengan *Direct Specification*.

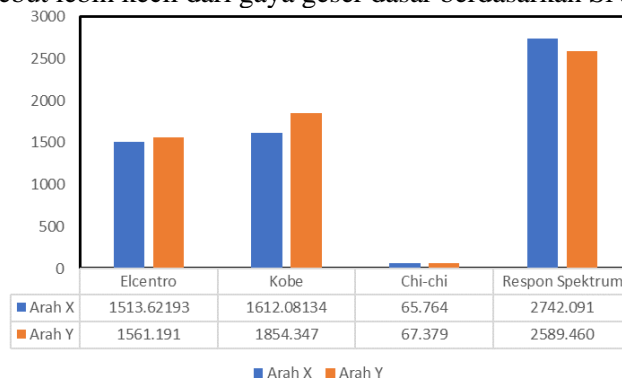
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Waktu getar alami struktur diperoleh dari waktu getar terbesar dari semua mode yang diperhitungkan, dapat dilihat waktu getar alami struktur Gedung A Fakultas Ekonomi Universitas Udayana dengan 60 mode dalam tabel berikut :

Tabel 7. waktu getar alami struktur Gedung A Fakultas Ekonomi Universitas Udayana

Text	Unitless	Sec	Text	Unitless	Sec	Text	Unitless	Sec
Mode 1	0.673258	Mode 21	0.124131	Mode 41	0.089			
Mode 2	0.541643	Mode 22	0.120916	Mode 42	0.088576			
Mode 3	0.497873	Mode 23	0.118095	Mode 43	0.088506			
Mode 4	0.45064	Mode 24	0.114732	Mode 44	0.088306			
Mode 5	0.27443	Mode 25	0.112038	Mode 45	0.08804			
Mode 6	0.258915	Mode 26	0.109808	Mode 46	0.08765			
Mode 7	0.247755	Mode 27	0.108455	Mode 47	0.087569			
Mode 8	0.238965	Mode 28	0.10708	Mode 48	0.087239			
Mode 9	0.178417	Mode 29	0.104994	Mode 49	0.086616			
Mode 10	0.164102	Mode 30	0.104797	Mode 50	0.086419			
Mode 11	0.16244	Mode 31	0.103162	Mode 51	0.086379			
Mode 12	0.153594	Mode 32	0.10111	Mode 52	0.086237			
Mode 13	0.149371	Mode 33	0.100052	Mode 53	0.086223			
Mode 14	0.147141	Mode 34	0.097492	Mode 54	0.086175			
Mode 15	0.145534	Mode 35	0.097393	Mode 55	0.086087			
Mode 16	0.140104	Mode 36	0.096527	Mode 56	0.085972			
Mode 17	0.136657	Mode 37	0.094658	Mode 57	0.085971			
Mode 18	0.135326	Mode 38	0.093471	Mode 58	0.085866			
Mode 19	0.132578	Mode 39	0.09041	Mode 59	0.085687			
Mode 20	0.126746	Mode 40	0.090168	Mode 60	0.085587			

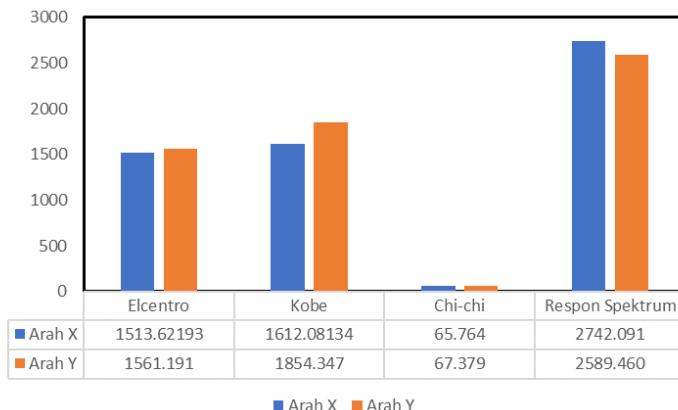
Gaya geser (*Base shear*) pada struktur yang diinput beban gempa El Centro, Kobe, dan Chichi dari arah X. Berdasarkan kurva 4.30, akibat gempa El Centro struktur memiliki nilai geser maksimum pada detik 12.06 dengan besar gaya geser 1508,632 kN. Akibat gempa Kobe, nilai geser maksimum didapatkan pada detik ke 8.03 sebesar 1610,226 kN pada kurva 4.31. Sedangkan akibat gempa Chi-chi nilai geser maksimum adalah pada detik 6.62 sebesar 65,612 kN dapat dilihat pada kurva 4.32. yang terjadi akibat ke tiga jenis gempa tersebut lebih kecil dari gaya geser dasar berdasarkan SNI 1726-2012.



Gambar 7. Perbandingan Gaya Geser Gempa dan Respon Spektrum

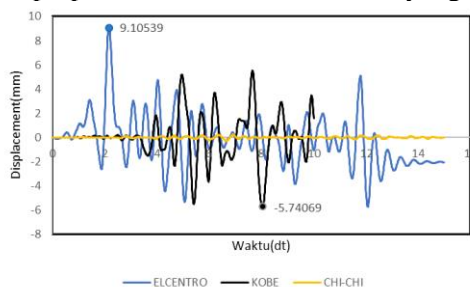
Gaya geser (*Base shear*) pada struktur yang disebabkan oleh gempa El Centro, Kobe, dan Chichi dari arah Y dapat dilihat pada grafik kurva 4.34, 4.35 dan 4.36. Gaya geser maksimum oleh gempa El Centro

terjadi pada detik 5,1 sebesar 1561,192 kN, untuk gempa Kobe terjadi pada detik 8.08 sebesar 1854,099 kN, dan Chi-chi di detik 6.72 sebesar 67,379 kN. Gaya geser dasar yang terjadi akibat ke tiga jenis gempa tersebut lebih kecil dari gaya geser dasar berdasarkan SNI 1726-2012.



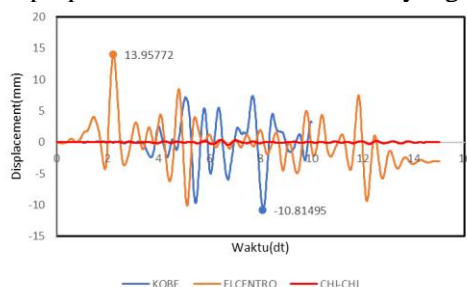
Gambar 8. Perbandingan Gaya Geser Gempa dan Respon Spektrum

Nilai displacement terbesar pada gempa El-Centro ada pada detik 2.17 sebesar 9,105 mm kurva 4.38, untuk gempa Kobe dapat dilihat ,pada kurva 4.39 yaitu displacement terbesar terjadi pada detik 7,67 dengan perpindahan sebesar 5,475 mm. lalu displacement terbesar yang terjadi pada gempa Chi-chi terjadi pada detik ke 6,91 dengan perpindahan sebesar 0,244 mm yang dapat dilihat pada kurva 4.40.



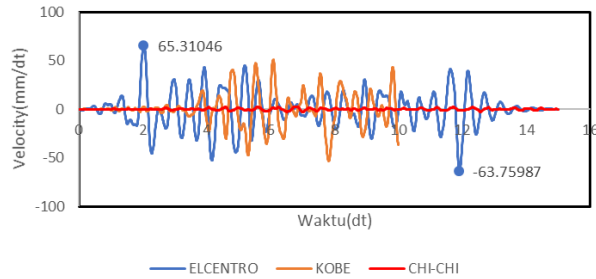
Gambar 9. Perbandingan Displacement arah X Pada Tiga Gempa

Nilai displacement terbesar pada gempa El-Centro ada pada detik 2.24 sebesar 13,958 mm pada kurva 4.42, untuk gempa Kobe dilihat pada kurva 4.43 yaitu displacement terbesar terjadi pada detik 7,69 dengan perpindahan sebesar 7,379 mm. lalu displacement terbesar yang terjadi pada gempa Chi-chi terjadi pada detik ke 6,44 dengan perpindahan sebesar 0,377 mm yang dapat dilihat pada kurva 4.44.



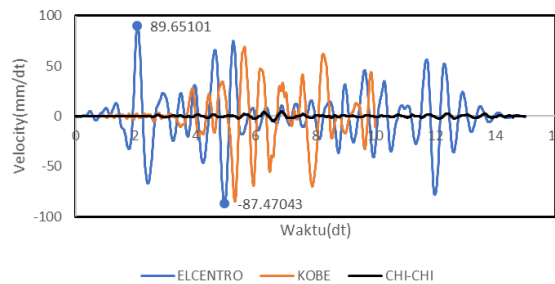
Gambar 10. Perbandingan Displacement Arah Y Pada Tiga Gempa

Kecepatan (velocity) maksimum arah X pada gempa Elcentro ada di detik 2,03 sebesar 65,311 mm/dt, gempa Kobe ada di detik 6,09 sebesar 50,749 mm/dt, dan gempa Chi-chi ada di detik 6,77 sebesar 2,827 mm/dt. kecepatan yang tertinggi yaitu pada gempa Elcentro sebesar 65,311 mm/dt.



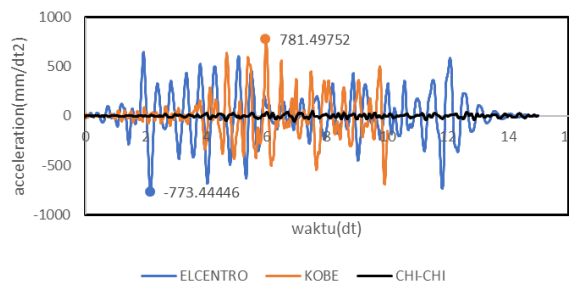
Gambar 11. Kurva Perbandingan Velocity Arah X Pada Tiga Gempa

Kecepatan (*velocity*) maksimum arah Y pada gempa Elcentro ada di detik 2,06 sebesar 89,651 mm/dt, gempa Kobe ada di detik 5,63 sebesar 69,318 mm/dt, dan gempa Chi-chi ada di detik 6,88 sebesar 4,573mm/dt. Kecepatan yang tertinggi yaitu pada gempa Elcentro sebesar 89,651 mm/dt.



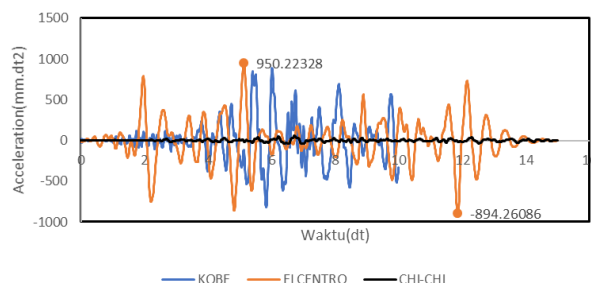
Gambar 12. Kurva Perbandingan Velocity Arah Y Pada Tiga Gempa

Percepatan (*acceleration*) maksimum arah X pada gempa Elcentro ada di detik 1,92 sebesar 653,009 mm/dt<sup>2</sup>, gempa Kobe ada di detik 5,98 sebesar 781,498 mm/dt<sup>2</sup>, dan gempa Chi-chi ada di detik 7,52 sebesar 43,391 mm/dt<sup>2</sup>. Jadi nilai kecepatan yang tertinggi yaitu pada gempa Kobe sebesar 781,498 mm/dt<sup>2</sup>.



Gambar 13. Kurva Perbandingan Acceleration Arah X Pada Tiga Gempa

Percepatan (*acceleration*) maksimum arah Y pada gempa Elcentro ada di detik 5,12 sebesar 950,223 mm/dt<sup>2</sup>, gempa Kobe ada di detik 6,01 sebesar 890,171 mm/dt<sup>2</sup>, dan gempa Chi-chi ada di detik 6,71 sebesar 56,024 mm/dt<sup>2</sup>. Jadi nilai kecepatan yang tertinggi yaitu pada gempa Elcentro sebesar 950,223 mm/dt<sup>2</sup>.



Gambar 14. Kurva Perbandingan Acceleration Arah Y Pada Tiga Gempa

Perbandingan hasil analisis time history dari gaya geser dan simpangan maksimum arah X dan Y yang diakibatkan oleh gempa Elcentro, gempa Kobe, dan gempa Chi-chi. Berdasarkan SNI 1726-2012, gaya geser dan simpangan yang terjadi pada gedung A Fakultas Ekonomi Universitas Udayana akibat ke tiga jenis gempa tersebut masih dalam kategori aman, Dan apabila hasil time history analisis lebih besar dari



ijin SNI yang ditentukan maka pada saat terjadinya gempa yang memiliki jenis riwayat beban gempa yang menyerupai akan terjadi kerusakan gedung yang tidak terduga dan terjadinya korban jiwa manusia yang tidak terduga juga. Karena gedung yang ditinjau ditunjukkan sebagai fasilitas penting yaitu gedung sekolah dan fasilitas pendidikan yang sesuai SNI 1726-2012 dengan kategori resiko IV.

## **KESIMPULAN**

Dari hasil yang ada menunjukkan bahwa perilaku struktur gedung A Fakultas Ekonomi Universitas Udayana berdasarkan Time History Analysis terhadap beban gempa Elcentro, gempa Kobe, dan Gempa Chi-chi cenderung dalam kategori aman. Gaya geser dasar didapat dengan Time History analysis yang tertinggi pada arah X yaitu gempa Kobe  $X = 1610,226$  kN sedangkan pada arah Y yaitu gempa Kobe  $Y = 1854,099$  kN. Gaya geser dasar yang terjadi akibat ke tiga jenis gempa tersebut lebih kecil dari gaya geser dasar berdasarkan SNI 1726-2012. Simpangan antar tingkat yang didapat dengan Time History analysis menggunakan gempa Elcentro yang terbesar yaitu ada pada (lantai 2 = 12,69 mm) di arah X dan (lantai 2 = 13,35 mm) di arah Y, gempa Kobe yang terbesar yaitu ada pada (lantai 2 = 7,19 mm) di arah X dan (lantai 2 = 9,13 mm) di arah Y, dan gempa Chi-chi yang terbesar yaitu ada pada (lantai 2 = 3,34 mm) di arah X dan (lantai 2 = 3,70 mm) di arah Y. Sudah memenuhi syarat yang angkanya dibawah angka simpangan ijin antar tingkat yaitu 51,3mm dan lebih kecil dari simpangan dengan metode respon spektrum dari SNI 1726-2012. Kecepatan (velocity) maksimum arah X yang tertinggi yaitu pada gempa Elcentro sebesar 65,311 mm/dt. Kecepatan (velocity) maksimum arah Y yang tertinggi yaitu pada gempa Elcentro sebesar 89,651 mm/dt. Percepatan (acceleration) maksimum arah X yang tertinggi yaitu pada gempa Kobe sebesar 781,498 mm/dt<sup>2</sup>. Percepatan (acceleration) maksimum arah Y yang tertinggi yaitu pada gempa Elcentro sebesar 950,223 mm/dt<sup>2</sup>.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Ayuna, D. (2016) 'Evaluasi Perilaku Struktur Beton Bertulang Akibat Gempa Dengan Metode Time History Analysis (Studi Kasus: Gedung Hotel Banda Aceh)', *ETD Unsyiah*.
- Badan Standardisasi Nasional (2013) 'SNI 1727-2013', *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, p. 196. Available at: [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id).
- Elrian, Y. (2000) 'Respon Seismik Struktur Bangunan Bertingkat dengan Integrasi Persamaan Differensial [Universitas Islam Indonesia].' Available at: [https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/2445/05.3\\_bab\\_3.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/2445/05.3_bab_3.pdf?sequence=7&isAllowed=y).
- Khoeri (2019) 'Time History Analysis', 28/03/2019.
- Rompas, G. H. *et al.* (2015) 'Kestabilan Solusi Numerik Sistem Berderajat Kebebasan Tunggal Akibat Gempa dengan Metode Newmark', 3(1), pp. 1-7.
- Sodikin (2018) 'Gempa Taiwan dan Pembelajaran Mitigasi Gempa di Indonesia', 25/02/2018.