



Respon Dinamis Struktur Gedung 6 Lantai Fakultas Hukum Universitas Sam Ratulangi Manado Akibat Beberapa Percepatan Gempa

Franky G. T. Mamuja^{#a}, Reky S. Windah^{#b}, Steenie E. Wallah^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^afrankymamuja021@student.unsrat.ac.id, ^brekywindah@unsrat.ac.id, ^csteenie@unsrat.ac.id

Abstrak

Perilaku struktur adalah suatu hal yang mengacu pada respons dan interaksi sebuah struktur terhadap beban-beban yang bekerja padanya, seperti gaya gravitasi, beban hidup, dan gempa bumi. Ini mencakup deformasi, perpindahan, dan redistribusi gaya internal dalam struktur saat dipengaruhi oleh beban-beban tersebut. Skripsi ini mempelajari perilaku struktur gedung Fakultas Hukum 6 lantai di Universitas Sam Ratulangi Manado menggunakan beberapa percepatan gempa. Metode analisis dinamik digunakan untuk mengevaluasi respon struktur terhadap gempa bumi. Karena tidak adanya data rekaman percepatan gempa di Kota Manado, digunakanlah data percepatan gempa dari daerah lain yang memiliki karakteristik gempa yang sama jika terjadi gempa di Kota Manado. Data rekaman gempa yang digunakan adalah data gempa Northridge, Landers dan Denali. Hasil analisa dari penelitian ini berupa perbandingan tabel dan grafik Base Shear, Displacement, Velocity dan Acceleration dari beberapa data percepatan gempa yang digunakan. Dari beberapa data gempa yang digunakan, gempa Northridge merupakan gempa yang paling berdampak pada gedung. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan wawasan yang berguna dalam perencanaan dan perbaikan struktur bangunan yang lebih tangguh terhadap gempa bumi.

Kata kunci: respon dinamik struktur gedung, Fakultas Hukum, Universitas Sam Ratulangi Manado, respons dinamik, percepatan gempa, analisis dinamik, simulasi respons struktural, ketahanan terhadap gempa

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Gedung bertingkat adalah struktur bangunan yang memiliki lebih dari satu lapisan lantai, dengan beberapa tingkat di atas permukaan tanah, meskipun ada yang juga bertingkat ke dalam tanah. Tujuan utama dari pembuatan gedung bertingkat adalah untuk memanfaatkan ruang secara efisien dalam kawasan padat, sehingga bisa menjadi solusi untuk masalah kurangnya ketersediaan lahan. Gedung bertingkat dapat difungsikan sebagai hunian, kantor, pusat perbelanjaan, fasilitas pendidikan dan masih banyak lagi.

Gedung bertingkat merupakan gedung yang rawan terhadap adanya gempa. Hal ini karena gedung bertingkat memiliki struktur vertikal yang tinggi, sehingga rentan terhadap gaya geser lateral yang dihasilkan oleh gempa bumi. Hal ini membuatnya lebih rentan terhadap kerusakan saat terjadi guncangan gempa. Maka gedung bertingkat harus dirancang sedemikian rupa untuk dapat menahan gaya yang disebabkan oleh gempa. Cara yang bisa dilakukan adalah dengan memperhitungkan beban gempa rencana dalam tahap perancangan gedung bertingkat sehingga struktur gedung bisa disesuaikan dengan beban gempa yang direncanakan. Beban gempa rencana yang digunakan dapat berupa data respon spectra atau data time history.

Sulawesi Utara, yang terletak di sepanjang Cincin Api Pasifik, merupakan wilayah yang rentan terhadap gempa bumi akibat aktivitas tektonik yang intens. Sebagai bagian dari Cincin Api Pasifik, Sulawesi Utara sering mengalami gempa tektonik yang disebabkan oleh pergerakan

lempeng tektonik di sekitar wilayah tersebut. Kondisi ini membuat Sulawesi Utara menjadi salah satu daerah yang memiliki potensi gempa yang signifikan, dengan kemungkinan terjadinya gempa besar yang dapat menyebabkan kerusakan yang serius terhadap infrastruktur seperti gedung bertingkat. Oleh karena itu perancangan gedung yang tahan gempa sangat penting dilakukan di daerah Sulawesi Utara.

Universitas Sam Ratulangi Manado terdapat banyak gedung bertingkat yang difungsikan sebagai gedung perkuliahan, salah satunya adalah gedung bertingkat enam lantai yang berada di Fakultas Hukum yang pada saat skripsi ini dibuat masih dalam proses pembangunan. Gedung ini memiliki luas bangunan sebesar ± 900 m² dengan denah gedung, panjang 60 m dan lebar 15 m. Gedung ini terdiri dari enam lantai dengan tinggi antar lantai sebesar 4 m. Gedung ini telah dirancang untuk dapat menahan gempa dengan data beban gempa rencana respon spectra. Dalam skripsi ini penulis akan menganalisa perilaku dari struktru gedung Fakultas Hukum Enam Lantai akibat adanya gaya gempa tetapi menggunakan data beban gempa Time Histroy.

Analisis Time History adalah metode yang digunakan dalam rekayasa struktur untuk mengevaluasi perilaku dinamik suatu sistem atau struktur terhadap beban dinamik yang bervariasi sepanjang waktu. Dalam analisis ini, data riwayat waktu dari beban eksternal diterapkan pada model matematis struktur untuk memprediksi respons struktur secara akurat terhadap berbagai kondisi dinamik. Metode ini memungkinkan pemodelan yang lebih realistis dari respons struktur karena mempertimbangkan variabilitas waktu dari beban eksternal.

Dalam menganalisis respons struktur suatu gedung bertingkat menggunakan analisis Time History, diperlukan data percepatan gempa dari lokasi tempat gedung tersebut berdiri. Namun, terdapat kendala dalam memperoleh data percepatan gempa di Indonesia karena kurangnya rekaman data tersebut. Keterbatasan ini disebabkan oleh minimnya jumlah rekaman percepatan gempa yang tersedia di Indonesia. Akibatnya, dalam analisis respons struktur, sering kali hanya menggunakan data percepatan gempa dari luar Indonesia, seperti beban gempa Elcentro, Chichi, dan sebagainya. Penggunaan data dari luar negeri ini mengakibatkan kurangnya akurasi dalam menentukan respons struktur yang sebenarnya terjadi saat gempa terjadi di lokasi tempat gedung tersebut berdiri.

Terdapat sebuah solusi untuk mengatasi keterbatasan dalam melakukan analisis time history di Indonesia. Salah satunya dikutip dari sebuah video pada media Youtube (Learn, 2023), dimana dengan menggunakan data gerakan tanah (ground motion) berdasarkan peta deagregasi gempa yang diterbitkan oleh Kementerian PUPR pada 29 November 2022 (Nasional, 2022). Data ini mencakup magnitudo dan jarak pusat gempa dari daerah yang diteliti. Data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam situs web PEER Ground Motion Database (California, n.d.). Dengan cara ini, kita dapat mengakses rekaman percepatan gempa dari daerah lain yang memiliki nilai magnitudo dan jarak pusat gempa serupa dengan daerah yang sedang diteliti. Dengan memperoleh data rekaman percepatan gempa yang lebih representatif, keakuratan respons struktur yang dianalisis dapat ditingkatkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah uraikan, maka yang menjadi rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

“Bagaimana respon dinamik struktur gedung Fakultas Hukum 6 lantai di Universitas Sam Ratulangi Manado yang diperoleh melalui analisa Time History dengan menggunakan beberapa data percepatan gempa yang memiliki karakteristik gerak tanah yang serupa dengan gerak tanah Kota Manado?”

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian adalah:

1. Mendapatkan hasil perbandingan untuk nilai base shear dari beban gempa rencana yang digunakan.
2. Mendapatkan hasil perbandingan untuk nilai displacement dari beban gempa rencana yang digunakan.
3. Mendapatkan hasil perbandingan untuk nilai kecepatan getar struktur yang diakibatkan oleh beban gempa rencana yang digunakan.

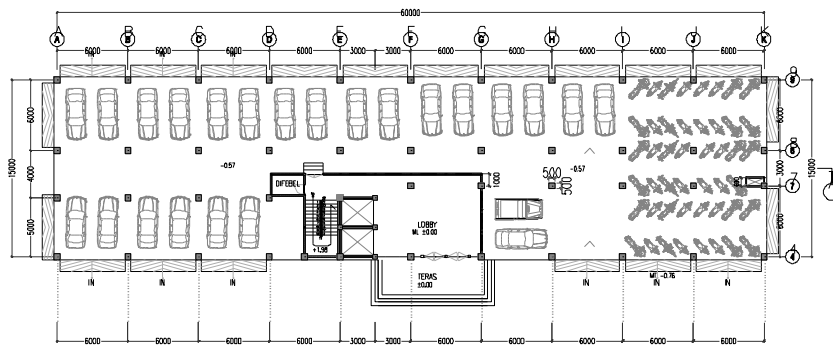
4. Mendapatkan hasil perbandingan untuk nilai percepatan getar struktur yang diakibatkan oleh beban gempa rencana yang digunakan.
5. Mengetahui apakah akan ada perbandingan yang signifikan untuk nilai displacement yang didapat antara metode analisa Time History dan Response Spectrum

2. Metode

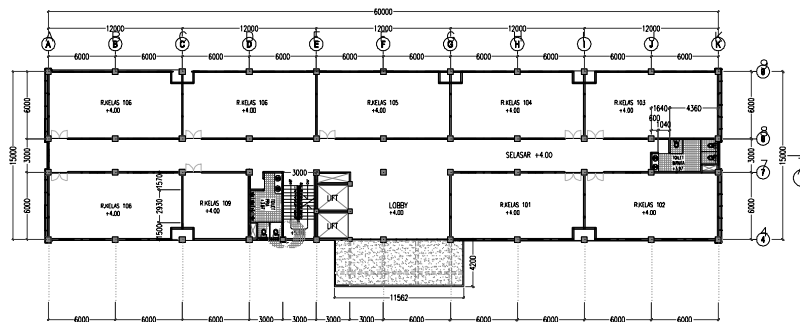
2.1. Data Gedung

Penelitian ini berlokasi di Kecamatan Lolak, Kabupaten Bolaang Mongondow, Provinsi Sulawesi Utara. Data umum geometri bangunan sebagai berikut:

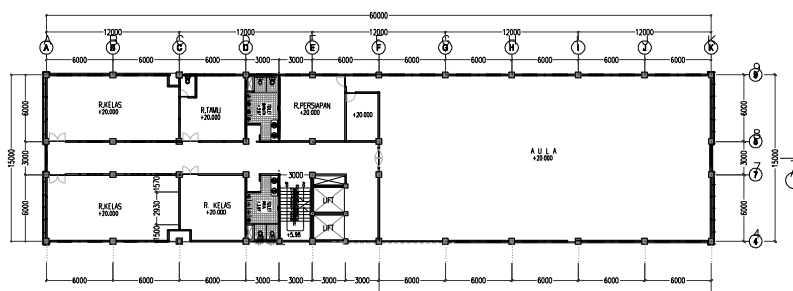
Tipe Bangunan	:	Gedung Kuliah
Jumlah Lantai	:	6 Lantai
Luas Bangunan	:	± 900,00 m ²
Tinggi antar Lantai	:	Lantai 1 ke lantai 2 = 4,00 m Lantai 2 ke lantai 3 = 4,00 m Lantai 3 ke lantai 4 = 4,00 m Lantai 4 ke lantai 5 = 4,00 m Lantai 5 ke lantai 6 = 4,00 m
Panjang Bentang	:	Arah Memanjang = 15,00 m Arah Melintang = 60,00 m
Struktur Bangunan	:	Bangunan Beton Bertulang



Gambar 1. Denah Lantai 1



Gambar 2. Denah Lantai 2-5



Gambar 3. Denah Lantai 6

Tabel 1. Data Elemen Struktur

Elemen Struktur	Kode	Dimensi (cm)
Kolom	K1	60 X 80
	K2	60 X 60
	KP	10 X 10
Balok	B1	25 X 40
	B2	30 X 40
	B3	40 X 60
	B4	50 X 60
	B5	50 X 70
	B6	40 X 60
	B7	30 X 50
	B8	14 X 20
Pelat	P1	14
	P2	12

2.2. *Properti Material*

Properti material yang digunakan dalam bangunan ini adalah:

Jenis Material	: Beton
Berat Jenis Beton (γ_c)	: 2400 kg/m ³
Kuat Tekan Beton (f_c')	: 30 MPa, 35 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E_c)	: 27805.575 MPa
Mutu Baja (F_y)	: 420 MPa

2.3. *Input Pembebanan*

Pembebanan beban Mati:

Berat Beton Bertulang	= 2400 kg/m ³
Berat mati tambahan	
Instalasi ME	= 18 kg/m ²
Penggantung Plafon	= 20 kg/m ²
Keramik	= 48 kg/m ²
Finishing Adukan	= 42 kg/m ²
Dinding Pas. ½ Bata	= 250 kg/m ²

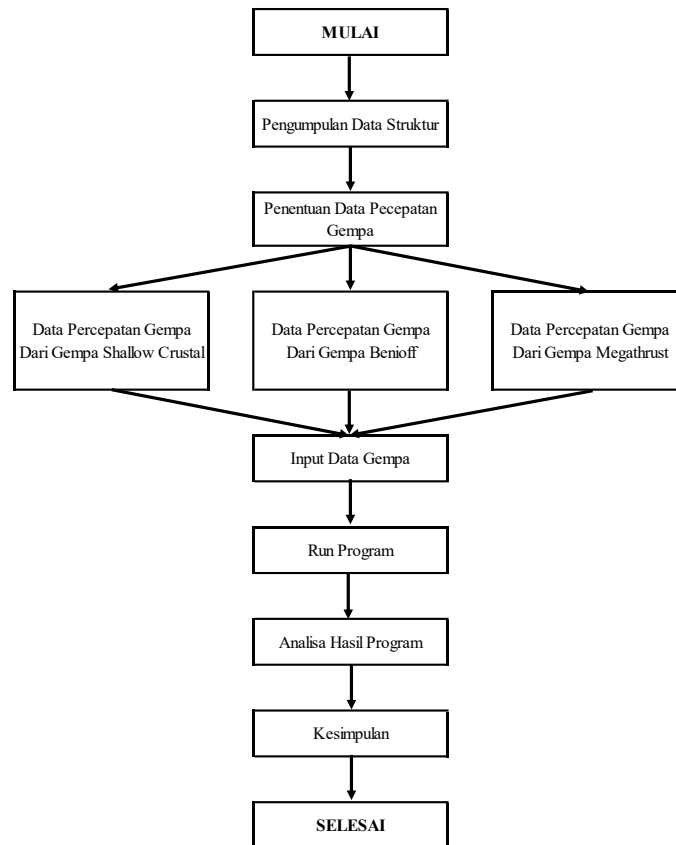
dimana, 1 kg = 0,0098 kN (Massa).

Pembebanan beban Hidup:

Lobby	= 4,79 kN/m ²
Tangga Tetap	= 1,33 kN/m ²
Pegangan Tangga	= 1,11 kN/m ²
Ruang Kelas	= 1,92 kN/m ²
Ruangan Pertemuan	= 4,79 kN/m ²
Toilet	= 2,87 kN/m ²

2.4. *Bagan Alir Penelitian*

Kegiatan penelitian dilakukan menurut alur pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penentuan Beban Gempa

Peninjauan beban gempa pada struktur bangunan ini menggunakan 3 data akselerogram yang berbeda untuk dianalisa dengan metode analisa Time History. Data akselerogram didapat dari menginput data dari peta degredasi gempa dari daerah yang akan ditinjau yakni daerah kota manado kedalam situs web PEER Ground Motion Database untuk mendapatkan data akselerogram yang sesuai dengan data gempa yang dimasukkan.

Untuk mendapatkan data akselerogram seperti yang disampaikan sebelumnya, tahap-tahap yang harus dilakukan adalah:

1. Menentukan data magnitudo dan jarak gempa dari daerah yang ditinjau melalui Peta Degredasi Bahaya Gempa Indonesia oleh PUPR.

Pada dasarnya gempa dibagi menjadi 3 jenis, yakni gempa *Shallow Crustal*, *Benioff* dan *Megathrust*. Setiap jenis gempa di atas memiliki besaran magnitudo dan jarak pusat gempa yang berbeda-beda sehingga penulis akan mengambil 3 sampel data magnitudo dan jarak pusat gempa untuk masing-masing jenis gempa. Selanjutnya perlu juga mengetahui periode dari gedung yang akan dianalisa, dimana periode dari struktur ini adalah 16 detik. Digunakan periode ulang 2500 tahun. Selanjutnya tinggal menentukan magnitudo dan jarak melalui peta degredasi gempa. Hasil dari Magnitudo dan Jarak yang didapat di rangkum kedalam tabel berikut:

Tabel 2. Data Magnitudo dan Jarak Gempa

Sumber	Magnitudo	Jarak
Shallow Crustal	6,6-6,8	30-40
Benioff	7,2-7,4	120-180
Megathrust	7,8-8	150-200

2. Menentukan Kelas Situs

Kelas situs dari gedung perlu di ketahui untuk mengetahui nilai v_s . Nilai tersebut bisa kita lihat pada SNI-1726-2019 mengenai Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung (Badan Standarisasi Nasional, 2019).

Tabel 3. Klasifikasi Kelas Situs

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{st}	$\bar{\sigma}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{\sigma}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

Diketahui gedung memiliki kondisi tanah keras, sehingga berdasarkan tabel di atas nilai \bar{v}_s yang di ambil adalah 350-750

3. Menginput data yang sudah didapatkan ke dalam situs web *PEER Ground Motion Database*. Situs *PEER Ground Motion Database* bisa diakses melalui link <https://ngawest2.berkeley.edu/>. Setelah masuk kedalam situs, untuk dapat mengakses data-data didalam situs tersebut haruslah login terlebih dahulu menggunakan email. Setelah login bisa langsung masuk kedalam menu NGA West2 untuk bisa menginput data-data yang sudah dicari sebelumnya.

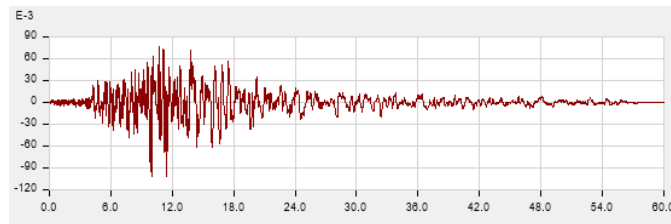
Gambar 5. Menu Pengisian Data Gempa

Setelah data dimasukan pilih *search* record untuk menampilkan hasil untuk data-data rekaman percepatan gempa. Lakukan input secara terpisah untuk masing-masing data gempa berdasarkan jenis dari gempa.

Setelah pencarian rekaman gempa dilakukan, dipilih 3 rekaman gempa yang masing-masing mewakili satu jenis gempa. Untuk jenis gempa *Shallow Crustal* diambil data rekaman gempa *Northridge* (1994), untuk jenis gempa *Benioff* diambil data rekaman gempa *Landers* (1992) dan untuk jenis gempa *Megathrust* diambil data rekaman gempa *Denali Alaska* (2002). Rincian data dari rekaman gempa yang diambil adalah sebagai berikut:

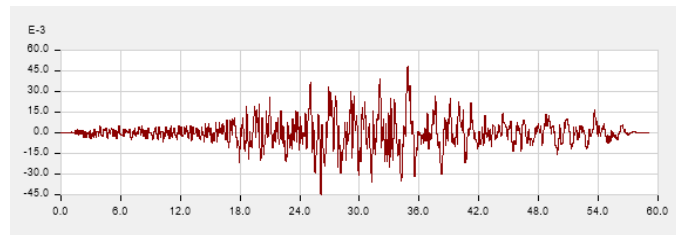
- Beban Gempa *Northridge* (1994)
Jumlah Data : 3000 data

Selang Waktu Per Data : 0.02 detik
 Total Waktu : 60 detik



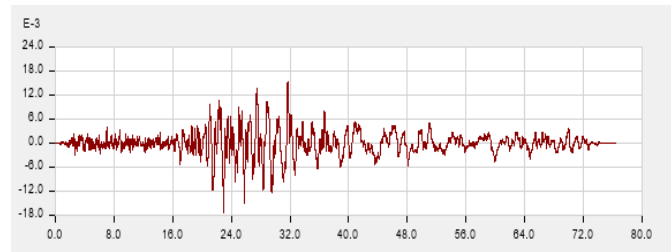
Gambar 6. Akselerogram Gempa *Northridge* (1994)

- Beban Gempa *Landers* (1992)
 Jumlah Data : 11811 data
 Selang Waktu Per Data : 0.005 detik
 Total Waktu : 59.055 detik



Gambar 7. Akselerogram Gempa *Landers* (1992)

- Beban Gempa *Denali Alaska* (2002)
 Jumlah Data : 15270 data
 Selang Waktu Per Data : 0.005 detik
 Total Waktu : 76.35 detik



Gambar 8. Akselerogram Gempa *Denali* (2002)

Data-data rekaman gempa diatas kemudian dimasukan kedalam *Software ETABS* untuk digunakan dalam analisa perilaku dari struktur gedung.

3.2 Analisa Time History Linear Direct Integration di Software ETABS

Dalam melakukan analisa perilaku struktur akibat gaya gempa, skala gempa perlu diketahui terlebih dahulu untuk dapat melakukan analisa. Skala gempa dapat didapat dengan menggunakan rumus $G/R \times I_e$. G merupakan percepatan gravitasi bumi, sebesar 9806.65 m/s^2 . Untuk nilai R dan I_e dapat di lihat di dalam buku SNI-1726-2019 mengenai Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung dalam Tabel 3, 4 dan 12 (Badan Standarisasi Nasional, 2019).

Gedung yang dianalisa merupakan gedung fasilitas pendidikan sehingga berdasarkan pada Tabel 3 SNI-1726 memiliki kategori risiko IV, sehingga berdasarkan Tabel 4 SNI-1726 faktor keutamaan gempa I_e sebesar 1.50. Kemudian untuk nilai R , karena gedung tersebut merupakan sistem dinding geser beton bertulang khusus, maka nilai R yang di dapat adalah 7. Karena semua parameter untuk menghitung skala gempa sudah terkumpul maka skala gempa dapat dihitung $G/R \times I_e = 9806,65/7 \times 1.50 = 2101,425$. Kemudian input data dilakukan pada menu load case untuk analisa data Time History Linear Direct Integration seperti pada gambar di atas. Lakukan untuk

setiap data rekaman percepatan gempa.

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Northridge 1994	2101.43

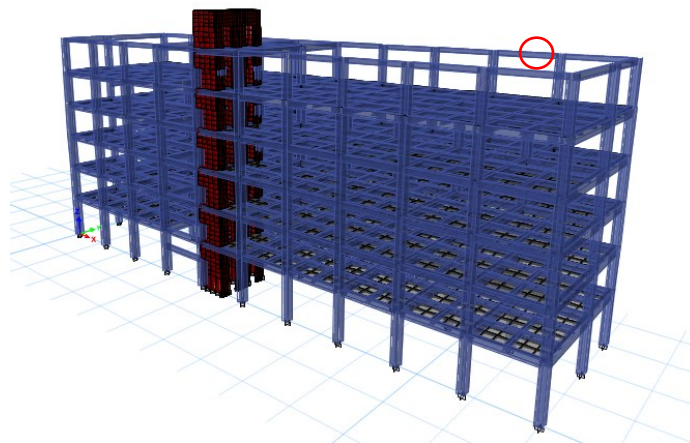
Gambar 9. Input Data Load Case

3.3 Analisa Perilaku Struktur

Hasil dari respon-respon struktur yang dianalisa pada penelitian ini terdiri dari:

- Gaya Geser Dasar (Base Shear)
- Perpindahan Horizontal (Displacement)
- Kecepatan Getaran (Velocity)
- Percepatan Getaran (Acceleration)

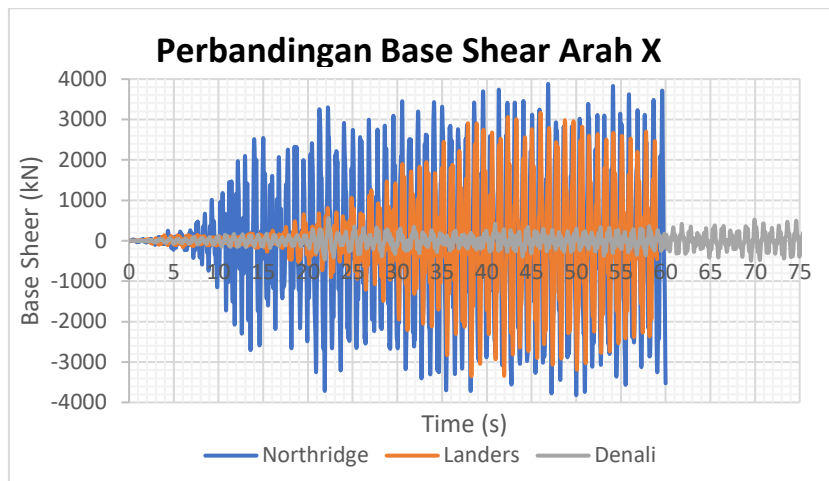
Untuk mempermudah analisa, digunakan salah satu join untuk dijadikan sebagai tinjauan untuk mempermudah analisa. Join yang dipilih adalah join 39 karena memberikan perubahan yang signifikan (Wiryadi et al., 2021).



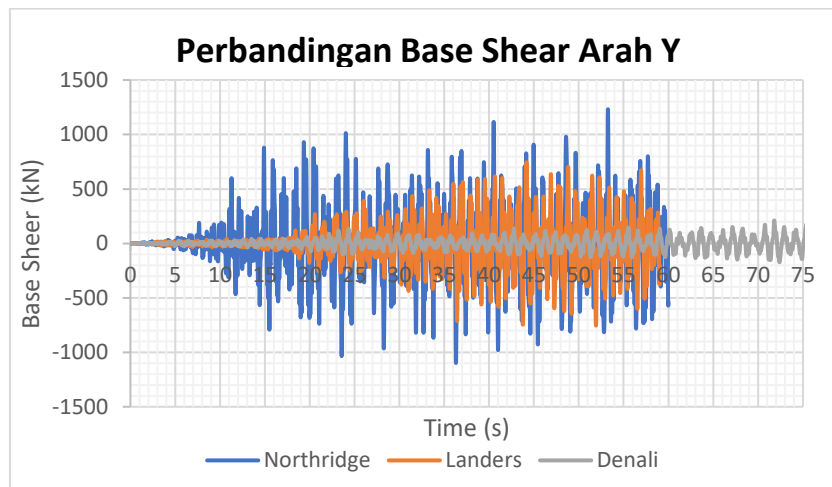
Gambar 10. Lokasi Join Yang Dijadikan Tinjauan

3.3.1 Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Perbandingan gaya geser dasar (*base shear*) dari gempa Northridge, Landers dan Denali pada arah X maupun arah Y dapat dilihat pada grafik di bawah. Berdasarkan perbandingan tersebut di dapatkan untuk besaran gaya geser dasar arah X yang paling besar dimiliki oleh gempa Northridge sebesar 3880.10 kN pada detik ke 46.86. Untuk gaya geser dasar arah Y yang paling besar dimiliki oleh gempa Northridge sebesar 1232.41 kN pada detik ke 53.26.



Gambar 11. Perbandingan Gaya Geser Dasar Arah X



Gambar 12. Perbandingan Gaya Geser Dasar Arah Y

3.3.2 Perpindahan Horizontal (Displacement)

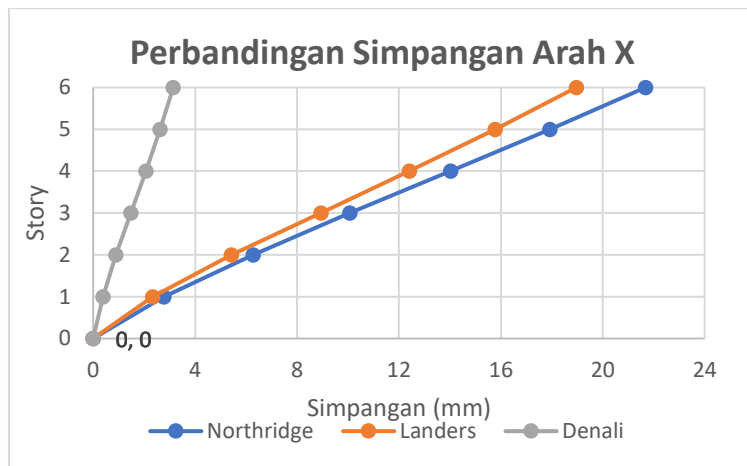
Untuk simpangan terbesar antar lantai pada arah X dan pada arah Y serta simpangan izin yang berdasarkan pada tabel 20 SNI 1726-2019 mengenai Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung diuraikan pada tabel dan grafik berikut.

Tabel 4. Simpangan Terbesar Antar Lantai

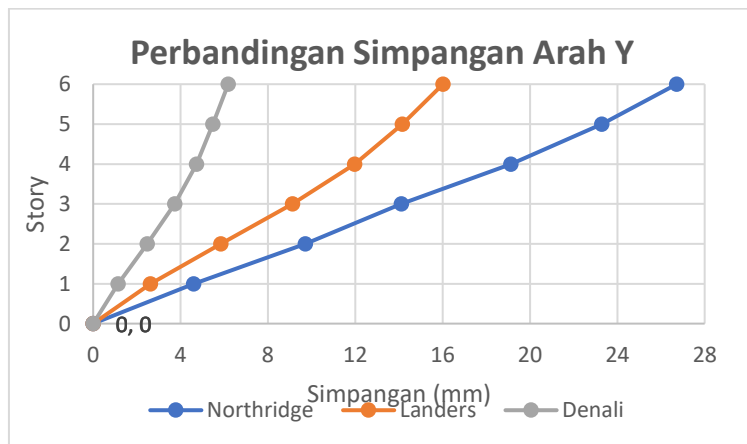
Simpangan Antar Lantai (mm)								
Story	Tinggi Antar Tingkat (mm)	Northridge		Landers		Denali		Simpangan Izin (mm)
		Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
6	4000	21.680	26.717	18.963	16.016	3.142	6.184	40.00
5	4000	17.928	23.292	15.782	14.157	2.622	5.476	40.00
4	4000	14.030	19.122	12.415	11.974	2.076	4.727	40.00
3	4000	10.078	14.112	8.947	9.127	1.479	3.736	40.00
2	4000	6.285	9.711	5.430	5.840	0.896	2.481	40.00
1	4000	2.780	4.598	2.340	2.621	0.387	1.148	40.00

3.3.3 Kecepatan Getar (Velocity)

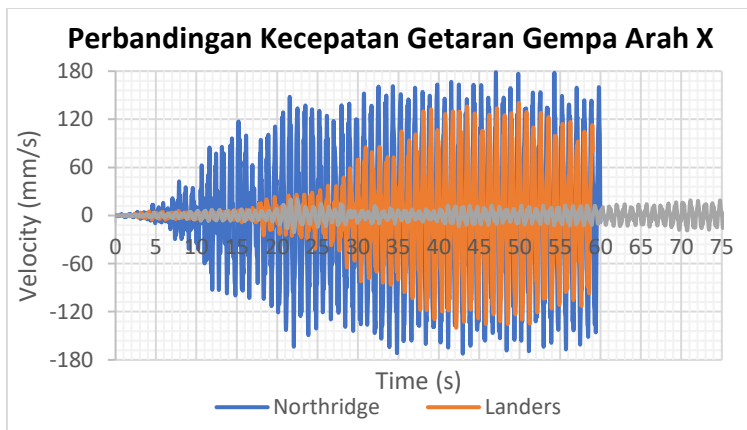
Perbandingan kecepatan getar dari gempa Northridge, Landers dan Denali pada arah X maupun arah Y dapat dilihat pada grafik di bawah. Berdasarkan perbandingan tersebut di dapatkan untuk kecepatan getar arah X yang paling besar dimiliki oleh gempa Northridge sebesar 178.81 mm/s pada detik ke 47.06. Untuk kecepatan getar arah Y yang paling besar dimiliki oleh gempa Northridge sebesar -223.10 mm/s pada detik ke 40.76.



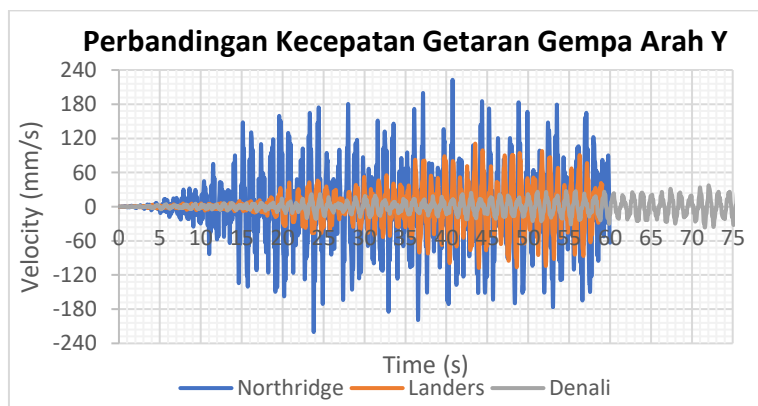
Gambar 13. Grafik Perbandingan Simpangan Arah X



Gambar 14. Grafik Perbandingan Simpangan Arah Y



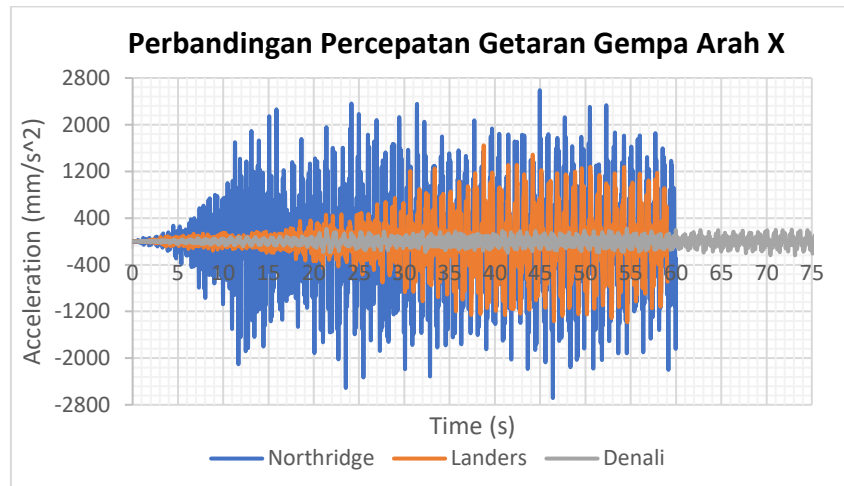
Gambar 15. Grafik Perbandingan Kecepatan Getaran Arah X



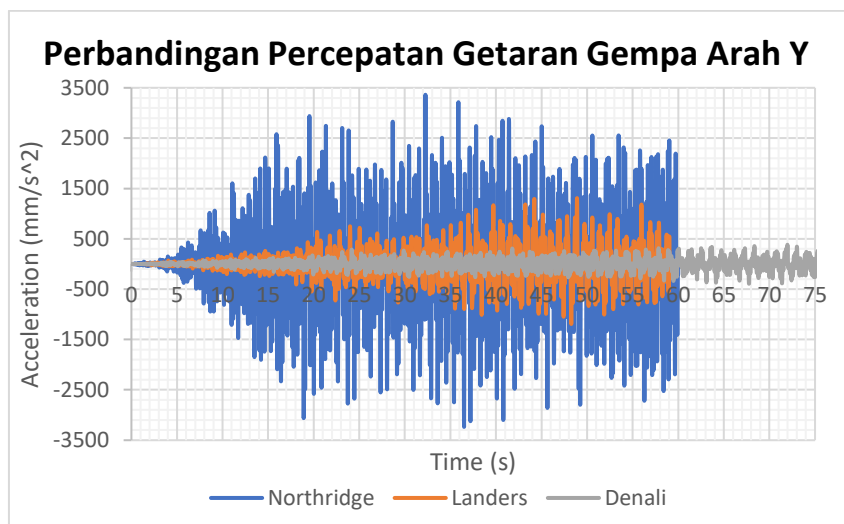
Gambar 16. Grafik Perbandingan Kecepatan Getaran Arah Y

3.3.4 Percepatan Getaran (Acceleration)

Perbandingan percepatan getar dari gempa Northridge, Landers dan Denali pada arah X maupun arah Y dapat dilihat pada grafik di bawah. Berdasarkan perbandingan tersebut di dapatkan untuk kecepatan getar arah X yang paling besar dimiliki oleh gempa Northridge sebesar -683.62 mm/s^2 pada detik ke 11.64. Untuk kecepatan getar arah Y yang paling besar dimiliki oleh gempa Northridge sebesar -522.83 mm/s pada detik ke 11.66



Gambar 17. Grafik Perbandingan Percepatan Arah X



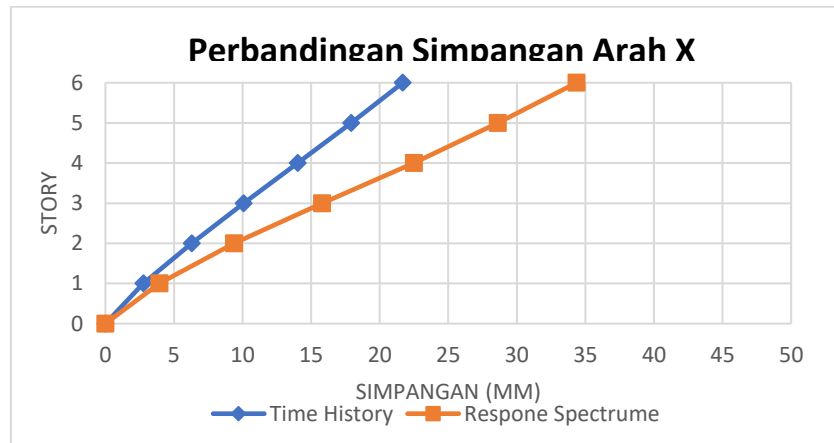
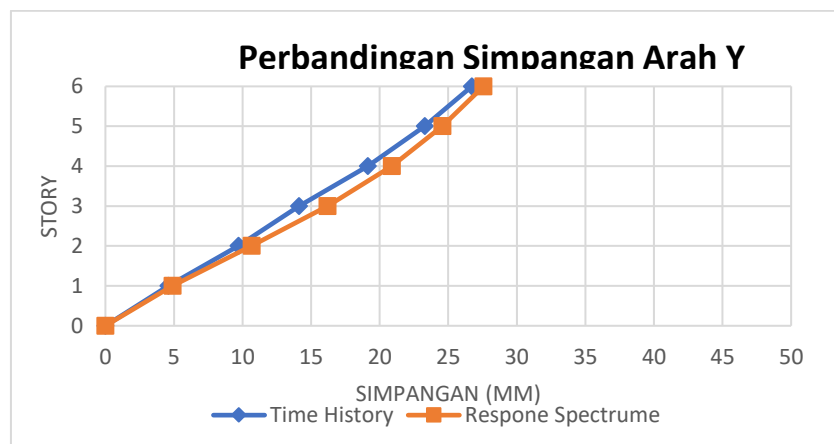
Gambar 18. Grafik Perbandingan Percepatan Arah Y

3.3 Perbandingan Displacement Dari Hasil Analisa Time History dan Response Spectrum

Untuk menjadi salah satu tolak ukur dalam penelitian ini, maka penulis melakukan perbandingan antara displacement yang didapat dari analisa time history dan displacement yang didapat dari analisa response spectrume yang mana metode analisa response spectrume digunakan dalam perencanaan gedung Fakultas Hukum 6 lantai Unsrat. Perbandingan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah adanya perbedaan yang signifikan antara analisa yang dilakukan dengan metode analisa time history dan analisa response spectrum. Untuk metode analisa time history digunakan nilai displacement yang diakibatkan oleh beban gempa Northridge, karena beban gempa ini merupakan beban gempa yang menghasilkan nilai displacement yang paling besar di antara ketiga beban gempa yang digunakan. Perbandingan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 5. Perbandingan Displacement Metode Time History dan Response Spectrum

Story	Tinggi Antar Tingkat (mm)	Time History (Northridge)		Response Spectrume		Selisih		Simpangan Izin (mm)
		Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
6	4000	21.680	26.717	34.354	27.567	12.674	0.850	40.00
5	4000	17.928	23.292	28.618	24.562	10.690	1.270	40.00
4	4000	14.030	19.122	22.486	20.892	8.456	1.770	40.00
3	4000	10.078	14.112	15.793	16.192	5.715	2.080	40.00
2	4000	6.285	9.711	9.369	10.662	3.084	0.951	40.00
1	4000	2.780	4.598	3.943	4.882	1.163	0.284	40.00

**Gambar 19.** Grafik Perbandingan Displacement Arah X Untuk Analisa Time History Dan Response Spectrum**Gambar 20.** Grafik Perbandingan Displacement Arah Y Untuk Analisa Time History Dan Response Spectrum

Pada hasil yang ditampilkan bisa dilihat bahwa nilai displacement dari metode analisa response spectrume lebih besar dari metode time history. Hal ini bisa terjadi karena analisa response spectrume menggambarkan respons maksimum yang diharapkan dari struktur terhadap berbagai frekuensi gempa. Oleh karena itu, displacement yang dihasilkan cenderung lebih tinggi untuk memastikan keamanan struktur dalam skenario terburuk. Sedangkan untuk metode analisa time history memperhitungkan riwayat waktu dari beban gempa dan memberikan hasil yang lebih terperinci mengenai bagaimana struktur merespons sepanjang durasi gempa. Karena memperhitungkan variasi beban dalam waktu nyata, hasil displacement bisa lebih kecil dibandingkan dengan hasil dari response spectrume yang hanya fokus pada nilai puncak.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada analisa pada bab sebelumnya, kesimpulan yang dapat diambil berupa jawaban dari tujuan penulisan yaitu sebagai berikut:

1. Pada perbandingan gaya geser dasar pada ketiga beban gempa rencana, beban gempa Northridge merupakan beban gempa yang memiliki gaya geser dasar terbesar, yakni 3880.10 kN pada detik ke 46.86 untuk arah X. dan 1232.41 kN pada detik ke 53.26. untuk arah Y.
2. Simpangan yang diakibatkan oleh ketiga beban gempa tidak melebihi nilai simpangan izin menurut SNI 1726-2019, dengan simpangan terbesar terjadi pada beban gempa Northridge sebesar 21.680 mm untuk arah X dan 26.717 mm untuk arah Y.
3. Kecepatan getar maksimum terjadi pada gempa Northridge sebesar 178.81 mm/s untuk arah X dan -223.10 mm/s Untuk arah Y.
4. Percepatan getar maksimum terjadi pada gempa Northridge sebesar -2682.74 mm/s² untuk arah X dan 3363.7 mm/s² Untuk arah Y.
5. Perbandingan displacement antara hasil analisa dengan metode time history dan metode response spectrume tidak memiliki perbedaan yang besar, dimana selisih displacement terbesar untuk arah X adalah sebesar 12.674 mm pada story 6 dan untuk arah Y sebesar 2.080 mm untuk arah Y.

5. Saran

Kurangnya data rekaman percepatan gempa di Indonesia masih menjadi kendala dalam menganalisa perilaku dinamis struktur menggunakan metode analisa riwayat waktu, sehingga diharapkan pemerintah memberikan perhatian pada permasalahan ini agar dapat membantu dalam proses merancang suatu struktur bangunan yang tahan gempa ataupun dalam proses menganalisa ketahanan gempa suatu gedung.

Referensi

- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung, SNI 1726:2019*. Badan Standarisasi Nasional.
- California, U. of. (n.d.). *PEER Ground Motion Database*. <https://ngawest2.berkeley.edu/>
- Learn, 8 Minutes. (2023). *Analisis Time History - 1: Pemilihan Gerak Tanah (Ground Motion) Berdasarkan Buku Peta Deagregasi*. www.youtube.com.
<https://www.youtube.com/watch?v=ZRVwY7JKJD4>
- Nasional, P. S. G. (2022). *Peta Deagregasi Bahaya Gempa Indonesia Untuk Perencanaan dan Evaluasi Infrastruktur Tahan Gempa*. Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Wiryadi, I. G. G., Giatmajaya, I. W., Wirawan, I. P. A. P., & Trangipani, N. M. (2021). ANALISIS RIWAYAT WAKTU PERILAKU STRUKTUR GEDUNG SMA NEGERI 9 DENPASAR. *JURNAL ILMIAH KURVA TEKNIK*, 10, 1–52.