



Evaluasi Kinerja Gedung Pendidikan Fakultas Hukum 6 Lantai Dengan Metode Analisis *Pushover*

Gervino E. Bawinto^{#a}, Banu D. Handono^{#b}, Ronny E. Pandaleke^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^agervinobawinto021@student.unsrat.ac.id, ^bbanu2h@unsrat.ac.id, ^cpandalake@unsrat.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan pada gedung pendidikan fakultas hukum 6 lantai dengan metode analisa *pushover*. Simulasi dilakukan pada *software seismostruct* sebagai *software* yang dirancang khusus untuk melakukan evaluasi seismik. Penelitian ini dibuat 2 model, model 1 dengan *shear wall* dan model 2 tanpa *shear wall*. Prosedur yang digunakan yaitu ASCE 41-17 menggunakan 2 bahaya gempa untuk menentukan titik level kinerja *immediate occupancy* dan *life safety* pada kurva *pushover*. Untuk model 1 hasil analisa *pushover* menunjukkan nilai gaya geser dasar sebesar 10224,06 kN berada dibawah level kinerja *immediate occupancy* arah x maupun arah y sebesar 18325 kN dan 20625 kN. Untuk model 2 nilai gaya geser dasar sebesar 8714,10 kN berada dibawah level kinerja *immediate occupancy* arah x maupun arah y sebesar 15788 kN dan 15696 kN. Dan untuk simpangan antar tingkat dari kedua model tersebut sudah memenuhi syarat SNI gempa 1726-2019. Dengan demikian untuk kinerja struktur gedung pendidikan fakultas hukum 6 lantai model 1 yang ada dilapangan terbilang sangat baik dan aman untuk digunakan kembali walaupun terkena gempa kuat untuk lokasi manado. Dan juga untuk struktur model 2 tanpa adanya dinding geser dapat digunakan dengan syarat memperbesar dimensi kolom pada lantai 1 dan lantai 2.

Kata kunci: gempa, pushover, kinerja, simpangan, ASCE 41-17

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara yang sangat rentan terhadap gempa bumi karena letaknya yang berada di jalur api pasifik, juga dikenal sebagai "cincin api". Wilayah ini merupakan zona aktif pertemuan lempeng tektonik yang sering menyebabkan gempa bumi dengan intensitas yang beragam, dan kerugian yang serius seperti kerusakan infrastruktur. Pemerintah indonesia juga terus melakukan upaya mitigasi risiko gempa bumi, termasuk peningkatan konstruksi bangunan tahan gempa. Ada beberapa metode analisa yang tepat untuk dapat memperkirakan ketahanan suatu struktur bangunan dari kerusakan akibat gempa. Metode analisis *pushover* adalah pendekatan non-linier yang digunakan untuk mengevaluasi respons struktur terhadap gempa bumi. Metode ini memodelkan perilaku non-linier struktur dengan mensimulasikan redistribusi beban dan deformasi secara *gradual* ketika dikenai gaya lateral yang bertambah besar, seperti yang terjadi selama gempa.

Analisis *pushover* dapat dilakukan menggunakan berbagai perangkat lunak rekayasa struktur, termasuk *seismostruct*. *Seismostruct* adalah salah satu perangkat lunak yang populer digunakan untuk menganalisis respons struktur terhadap gempa bumi.

Gedung pendidikan fakultas hukum 6 lantai sedang didirikan di Universitas Sam Ratulangi Manado, gedung tersebut menjadi sarana dalam menunjang kegiatan perkuliahan. Penulis merupakan mahasiswa yang pernah magang atau berhubungan langsung dalam proses pelaksanaan pembangunan gedung pendidikan fakultas hukum tahap I. Maka dari itu penulis mengambil gedung tersebut untuk dijadikan tempat penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada di atas maka dalam tugas akhir ini masalah yang dapat diangkat adalah seberapa baik kinerja struktur gedung pendidikan fakultas hukum 6 lantai terhadap beban lateral (gempa).

1.3 Tujuan Penelitian

- 1 Mengetahui level kinerja struktur gedung pendidikan fakultas hukum 6 lantai terhadap beban dorong statik (*Pushover*).
- 2 Mengetahui perbandingan level kinerja struktur gedung menggunakan dan tanpa menggunakan *Shear Wall* (Dinding Geser).

2. Metode Penelitian

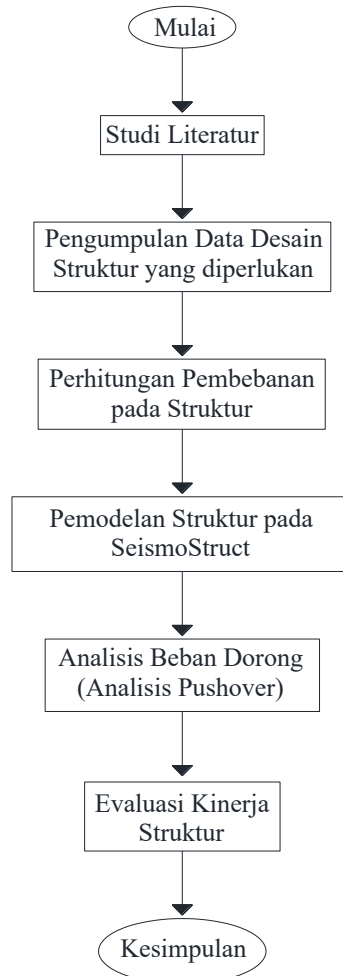
Penelitian dilakukan pada gedung pendidikan fakultas hukum 6 lantai Universitas Sam Ratulangi Manado.

2.1 Data-data penelitian

- Data Struktur
- Data Pembebanan
- Data Gempa Lokasi Penelitian

2.2 Bagan Alir

Alur analisis ditunjukkan pada Gambar 2.



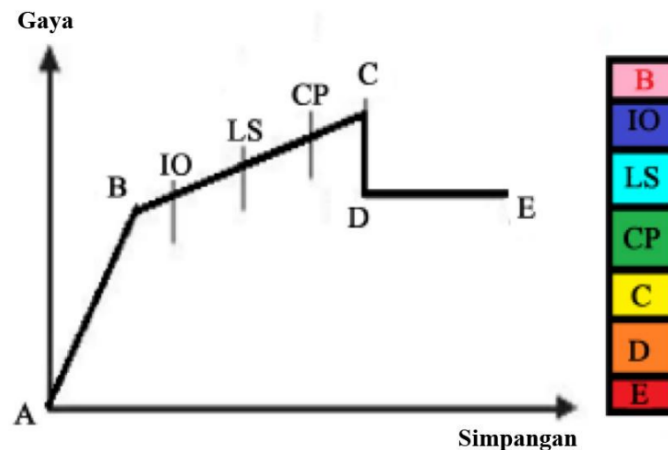
Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1 Metode Analisa Pushover

Metode analisis *pushover* merupakan salah satu komponen *performance based design* yang menjadi sarana untuk mengetahui kapasitas suatu struktur dari hasil analisis, dapat digambarkan hubungan antara *base shear* dan *roof displacement*, hubungan tersebut kemudian dipetakan sebagai kurva kapasitas struktur.

Selain itu, analisis *pushover* juga dapat memperlihatkan secara visual perilaku struktur pada saat kondisi elastis, plastis dan sampai terjadinya keruntuhan pada elemen-elemen strukturnya. Informasi tersebut berguna dalam menggambarkan respons inelastis bangunan ketika mengalami gempa.



Gambar 2. Tahapan Kerusakan Struktur Berdasarkan Terbentuknya Sendi Plastis.

- A = Awal Pembebanan, belum ada sendi plastis
- B = Batas linier yg diikuti pelepasan pertama pada struktur
- IO = *Immediate Occupancy*, terjadi kerusakan ringan struktur
- LS = *Life Safety*, terjadi kerusakan sedang pada struktur, namun belum berpotensi runtuh
- CP = *Collapse Prevention*, kerusakan berat pada struktur yang berpotensi runtuh
- C = Batas maksimum gaya geser yang masih mampu ditahan
- D = Terjadi degradasi kekuatan struktur
- E = Runtuh.

Kurva kapasitas hasil dari analisis pushover menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan atap akibat beban lateral yang diberikan pada struktur dengan pola pembebanan tertentu sampai pada kondisi ultimit atau target peralihan yang diharapkan. Dengan mengetahui perilaku struktur dari mulai masih dalam batas elastis sampai dengan keruntuhannya, maka kita dapat merencanakan dan mensimulasikan pola keruntuhan yang diharapkan, yang mampu meminimalisir jumlah korban pada saat terjadinya gempa.cfv

3.2 Gaya Geser Dasar (SNI 1726:2019 Pasal 7.8.1)

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan untuk menentukan gaya geser dasar struktur untuk itu diperlukan nilai S_s dan S_1 , Parameter S_s dan S_1 merupakan percepatan batuan dasar pada periode pendek dan periode panjang. Nilai parameter S_s dan S_1 ditentukan berdasarkan sumber: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id>, agar mendapatkan nilai S_s dan S_1 yang lebih akurat.

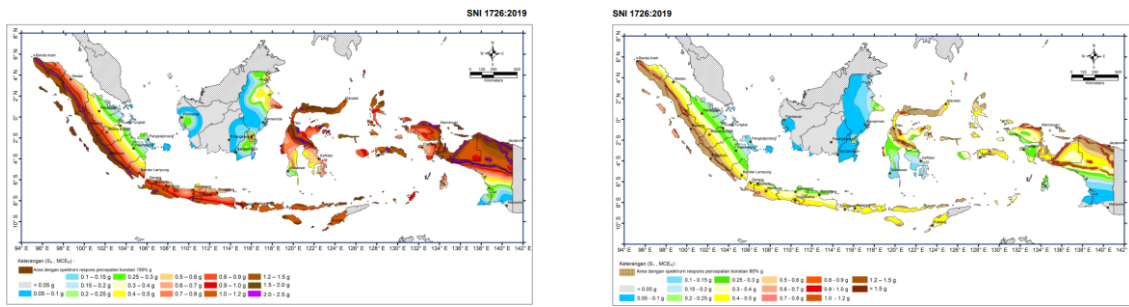
Setelah didapatkan parameter S_s dan S_1 kemudian dilakukan perhitungan sesuai dengan SNI gempa 1726:2019 untuk menentukan nilai koefisien respons seismik (C_s), kemudian menentukan gaya geser dasar struktur (V) mengikuti (SNI 1726:2019 Pasal 7.8.1) dengan persamaan:

$$V = C_s \cdot W$$

Dimana:

C_s = Koefisien respons seismik

W = Berat seismik efektif



Gambar 3. Pembagian Wilayah Gempa Indonesia (S_s) dan (S_i)

3.3 Sasaran Kinerja (ASCE 41-17 Pasal 2.3)

ASCE 41-17 mensyaratkan bahwa target level kinerja suatu bangunan harus terdiri dari target struktural dan target nonstruktural. *Basic Performance Objective Equivalent to New Building Standards* (BPON) adalah Target kinerja dasar untuk bangunan eksisting.

Tabel 1. Basic Performance Objective Equivalent to New Building Standards (BPON)

Kategori Risiko	Level Bahaya Gempa	
	BSE-1E	BSE-2E
I & II	Life safety structural performance Life safety nonstructural performance (3-C)	Collapse prevention structural performance Hazards reduced nonstructural performance (5-D)
III	Damage control structural performance Position retention nonstructural performance (2-B)	Limited safety structural performance Hazards reduced nonstructural performance (4-D)
IV	Immediate occupancy structural performance Position retention nonstructural performance (1-B)	Life safety structural performance Hazards reduced nonstructural performance (3-D)

Struktur merupakan gedung pendidikan yang termasuk dalam kategori risiko 4, maka untuk level kinerja struktur yang ditentukan yaitu *Immediate occupancy* dan *Life safety*.

3.4 Seismic Hazard (ASCE 41-17 Pasal 2.4)

Analisis gempa pada penelitian ini menggunakan dua tingkat bahaya gempa yaitu BSE-1E merupakan gempa desain dengan periode ulang 225 tahun dengan 20% probabilitas terlampaui dalam 50 tahun. dan BSE-2E merupakan gempa desain dengan periode 975 tahun dengan 5% probabilitas terlampaui dalam 50 tahun.

3.5 Respon Spektra Akselerasi (ASCE 41-17 Pasal 2.4.1.6)

Bahaya seismik akibat gerakan tanah didefinisikan melalui respon spektra akselerasi atau riwayat akselerasi gerakan tanah akibat gempa yang ditentukan dengan persamaan :

$$S_{XS} = FaS_s$$

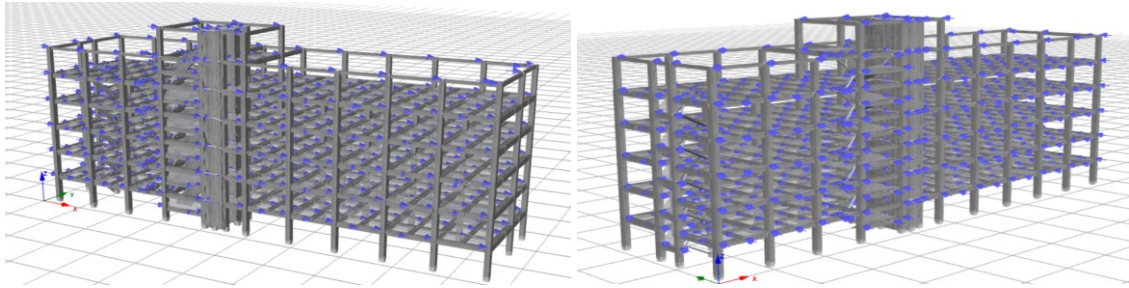
$$S_{XI} = FvS_I$$

Keterangan :

- S_{XS} = Parameter percepatan respon spektra akselerasi periode pendek
 - S_{XI} = Parameter percepatan respon spektra akselerasi periode panjang
- Untuk contoh hitungan parameter S_{XS} dan S_{XI} dapat dilihat pada FEMA P2006.

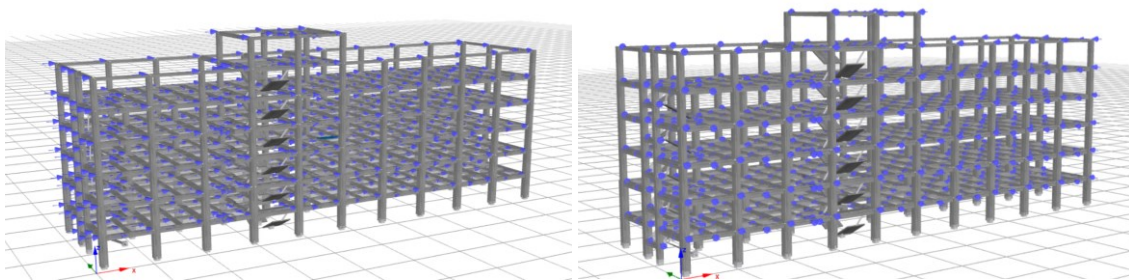
4. PEMODELAN STRUKTUR

4.1 Model 1 Dengan Dinding Geser (Mengikuti Gambar Rencana)



Gambar 4. Beban Dorong Arah X dan Y

4.2 Model 2 Tanpa Dinding Geser



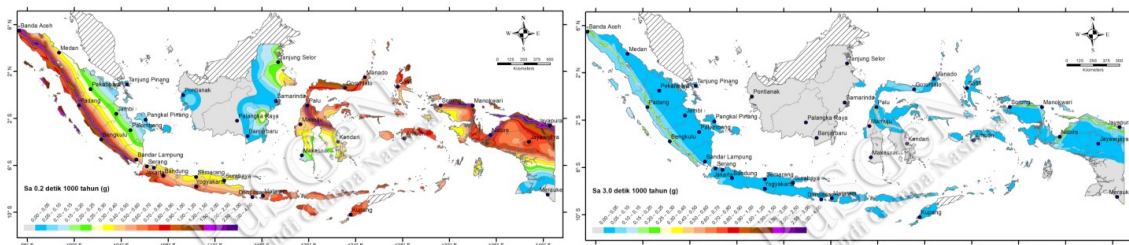
Gambar 5. Beban Dorong Arah X dan Y

5. Analisis dan Pembahasan

5.1 Respon Spektra Akselerasi

Desain parameter percepatan respon spektral periode pendek S_{XS} dan desain parameter percepatan respon spektral periode panjang S_{X1} ditentukan dengan menggunakan persamaan (15) dan Persamaan (16) percepatan respon spektral ditentukan dengan peta deagregasi bahaya gempa Indonesia (2022). kedua parameter ini perlu ditentukan untuk level bahaya seismik BSE-1E dan BSE-2E. sebagai hitungan parameter S_{XS} dan S_{X1} untuk bangunan yang diteliti, lokasi Manado dengan nilai redaman 5% dan kelas situs D dilakukan sebagai berikut.

5.1.1. BSE-2E 5%/50 periode ulang gempa 1000 tahun



Gambar 6. Peta Spektrum Respon Percepatan 0,2 Detik dan 3 Detik Periode Ulang 1000 Tahun

Untuk perhitungan untuk S_{XS} dan S_{X1} :

$$S_S = 0,750 \text{ g}$$

$$S_I = 0,100 \text{ g}$$

$$F_a = 1,2 \quad (\text{Tabel 2.3})$$

$$F_v = 2,4 \quad (\text{Tabel 2.4})$$

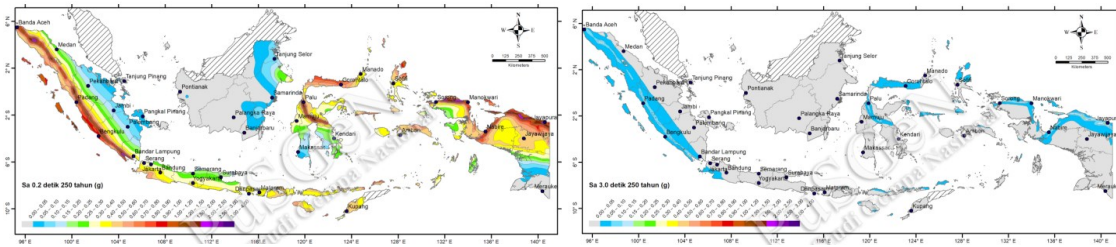
$$S_{XS} = 1,2 \times 0,750$$

$$S_{XS} = 0,900 \text{ g}$$

$$S_{XI} = 2,4 \times 0,100$$

$$S_{XI} = 0,240 \text{ g}$$

5.1.2. BSE-1E 20%/50 periode ulang gempa 250 tahun



Gambar 7. Peta Spektrum Respon Percepatan 0,2 Detik dan 3 Detik Periode Ulang 250 tahun

Untuk perhitungan untuk S_{XS} dan S_{XI} :

$$S_S = 0,500 \text{ g}$$

$$S_I = 0,050 \text{ g}$$

$$F_a = 1,4 \text{ (Tabel 2.3)}$$

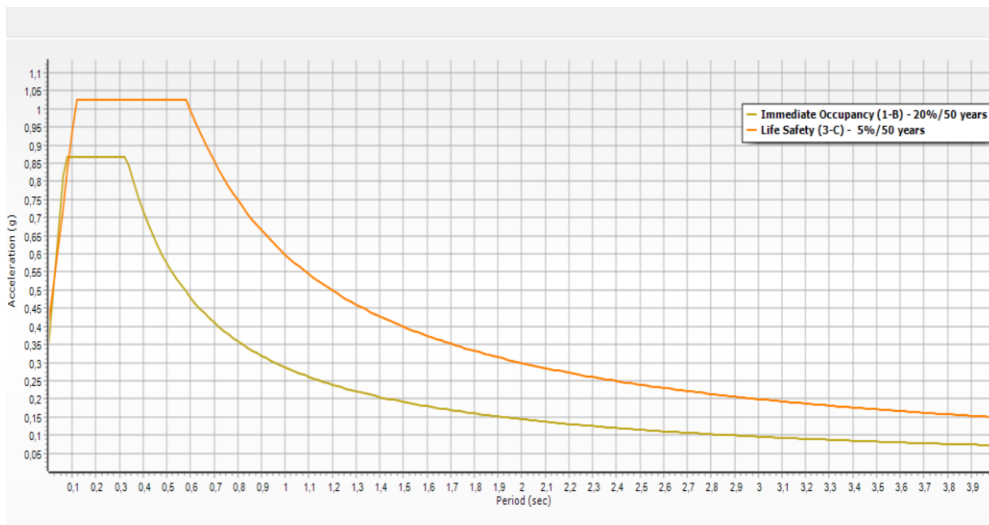
$$F_v = 2,4 \text{ (Tabel 2.4)}$$

$$S_{XS} = 1,4 \times 0,500$$

$$S_{XS} = 0,700 \text{ g}$$

$$S_{XI} = 2,4 \times 0,050$$

$$S_{XI} = 0,120 \text{ g}$$

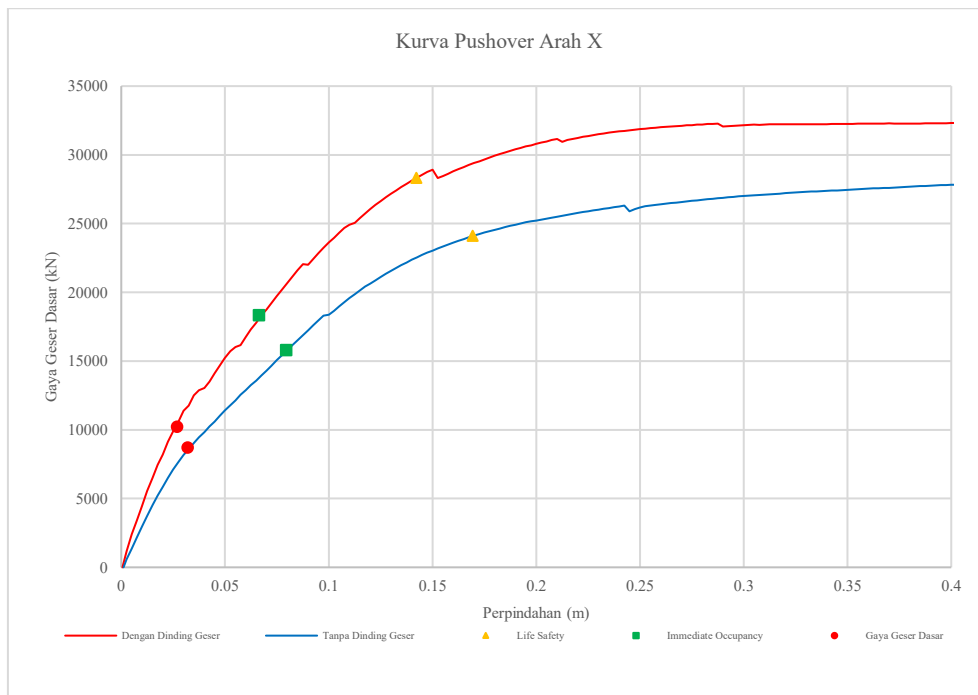


Gambar 8. Respon Spektra Akselerasi untuk bahaya seismik BSE-1E dan BSE-2E

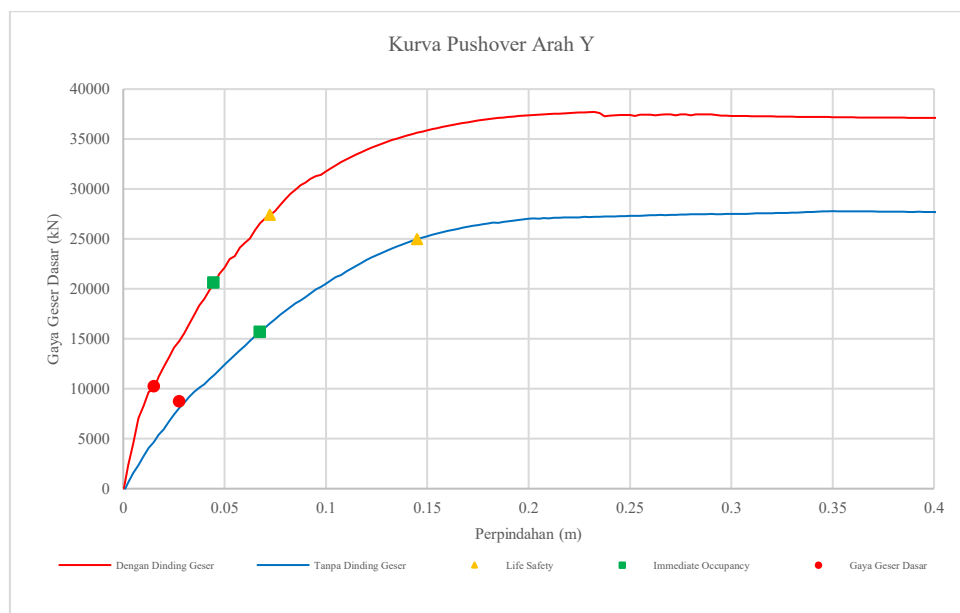
5.2 Kurva Pushover

Kurva *pushover* merupakan kurva hubungan gaya geser dasar (V) dengan perpindahan pada suatu titik tinjau (δ), analisis dilakukan pada masing-masing arah, yaitu arah X dan Y pada model dengan dan tanpa dinding geser.

Dari kurva *Pushover* arah X untuk struktur dengan dinding geser (Model 1), level kinerja *Life Safety* berada pada simpangan = 14,2 cm dengan gaya geser = 28334 kN dan untuk level kinerja *immediate occupancy* dengan simpangan = 6,6 cm dengan gaya geser = 18325 kN. dan pada struktur tanpa dinding geser (Model 2), level kinerja *Life Safety* berada pada simpangan = 16,9 cm dengan gaya geser = 24117 kN dan untuk level kinerja *immediate occupancy* dengan simpangan = 7,9 cm dengan gaya geser = 15788 kN.



Gambar 9. Kurva Pushover Arah X



Gambar 10. Kurva Pushover Arah Y

Pada kurva *Pushover* arah Y diatas untuk struktur dengan dinding geser (Model 1), level kinerja *Life Safety* berada pada simpangan = 7,2 cm dengan gaya geser = 27420 kN dan untuk level kinerja *immediate occupancy* dengan simpangan = 4,4 cm dengan gaya geser = 20625 kN. Dan pada struktur tanpa dinding geser (Model 2), level kinerja *Life Safety* berada pada simpangan = 14,4 cm dengan gaya geser = 24965 kN dan untuk level kinerja *immediate occupancy* dengan simpangan = 6,7 cm dengan gaya geser = 15696 kN.

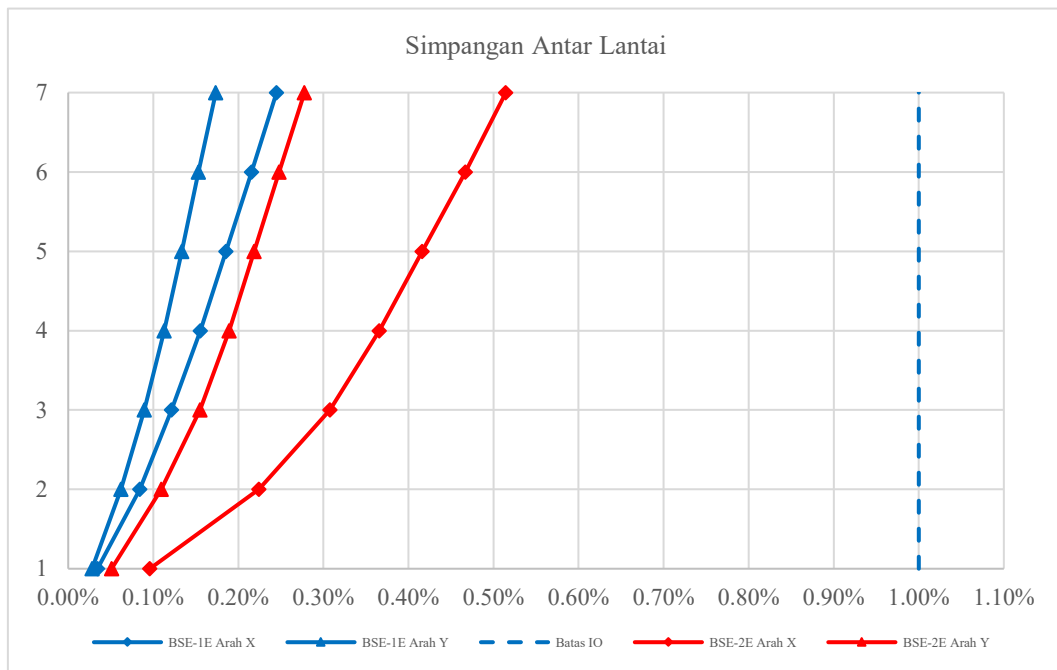
5.3 Batas Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur

Pemeriksaan simpangan untuk level kinerja struktur sesuai dengan batasan simpangan yang ditetapkan. ASCE 41-17 menggunakan batasan perpindahan yang diatur dalam FEMA 356. Batasan drift untuk level kinerja struktur *Immediate Occupancy* maksimal sebesar 1% dan *Life Safety* maksimal sebesar 2%.

5.3.1. Model 1 Struktur Dengan Dinding Geser

Tabel 2. Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur

Lantai	BSE-1E			BSE-2E			Kontrol
	Arah X	Arah Y	Batas	Arah X	Arah Y	Batas	
1	0,03%	0,03%	1,00%	0,10%	0,05%	2,00%	OK
2	0,08%	0,06%	1,00%	0,22%	0,11%	2,00%	OK
3	0,12%	0,09%	1,00%	0,31%	0,16%	2,00%	OK
4	0,16%	0,11%	1,00%	0,37%	0,19%	2,00%	OK
5	0,19%	0,13%	1,00%	0,42%	0,22%	2,00%	OK
6	0,22%	0,15%	1,00%	0,47%	0,25%	2,00%	OK
7	0,24%	0,17%	1,00%	0,51%	0,28%	2,00%	OK



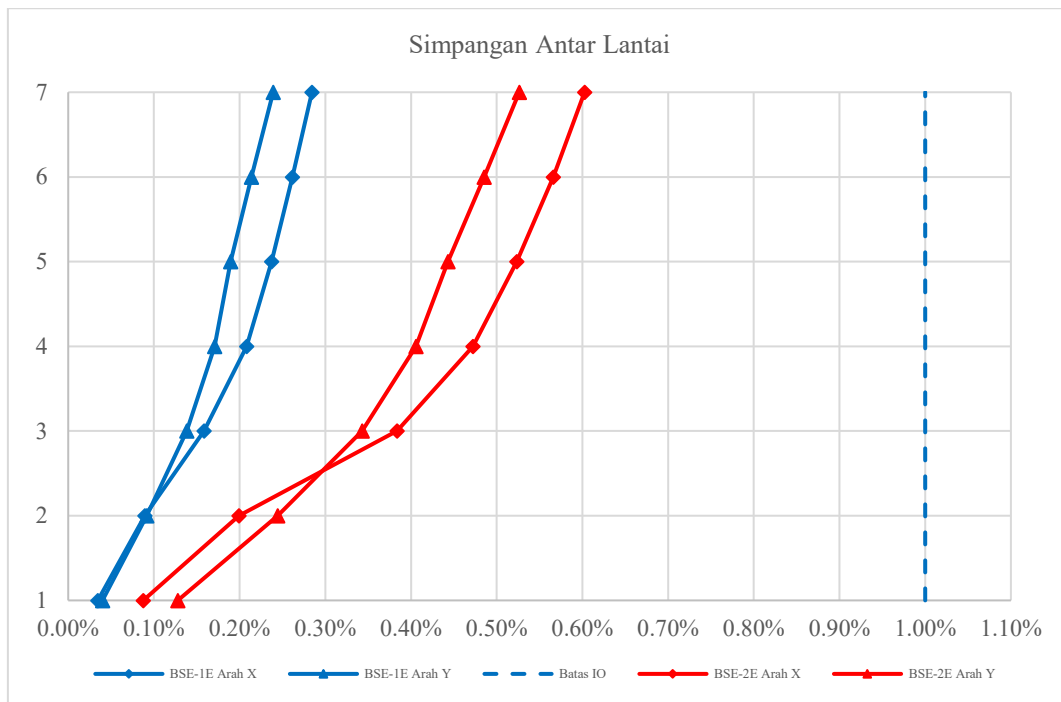
Gambar 11. Batas Simpangan Level Kinerja Model 1

Pada gambar di atas tidak ditunjukkan batasan untuk level kinerja *Life Safety* yaitu 2% karena pada BSE-1E dan BSE-2E arah X maupun arah Y tidak melebihi batasan level kinerja *Immediate Occupancy* yaitu 1%.

5.3.2. Model 2 Struktur Tanpa Dinding Geser

Tabel 3. Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur

Lantai	BSE-1E			BSE-2E			Kontrol
	Arah X	Arah Y	Batas	Arah X	Arah Y	Batas	
1	0,03%	0,04%	1,00%	0,09%	0,13%	2,00%	OK
2	0,09%	0,09%	1,00%	0,20%	0,24%	2,00%	OK
3	0,16%	0,14%	1,00%	0,38%	0,34%	2,00%	OK
4	0,21%	0,17%	1,00%	0,47%	0,41%	2,00%	OK
5	0,24%	0,19%	1,00%	0,52%	0,44%	2,00%	OK
6	0,26%	0,21%	1,00%	0,57%	0,49%	2,00%	OK
7	0,28%	0,24%	1,00%	0,60%	0,53%	2,00%	OK



Gambar 12. Batas Simpangan Level Kinerja Model 2

Karena pada BSE-1E dan BSE-2E arah X maupun arah Y pada gambar di atas semuanya tidak melebihi batasan level kinerja *Immediate Occupancy* yaitu 1% maka tidak perlu ditampilkan untuk batas level kinerja *Life Safety* yaitu 2%. dari kedua gambar di atas (gambar 11 dan gambar 12) semuanya memenuhi syarat batasan perpindahan yang diatur dalam FEMA 356 yaitu untuk *Immediate Occupancy* maksimal sebesar 1% dan *Life Safety* maksimal sebesar 2%.

6. Kesimpulan

1. Level kinerja struktur Gedung Pendidikan Fakultas Hukum 6 Lantai model 1 menggunakan *Shear Wall*, saat terkena gempa kuat struktur masih dalam keadaan aman. Dilihat dari hasil kurva *Pushover* nilai gaya geser dasar sebesar 10224,06 kN berada dibawah level kinerja *Immediate Occupancy* yaitu 18325 kN.
2. Untuk struktur model 2 tidak menggunakan *Shear Wall*, hasil kurva *Pushover* menunjukkan gaya geser dasar sebesar 8714,10 kN berada dibawah level kinerja *Immediate Occupancy* yaitu 15696 kN.
3. Level kinerja kedua model tersebut berada dibawah level kinerja *Immediate Occupancy*. namun hasil kurva *Pushover* menunjukkan struktur model 1 dapat menahan gaya yang lebih besar dibanding struktur model 2, itu disebabkan karena struktur model 1 memiliki *Shear Wall* yang dirancang khusus untuk menahan gaya lateral.
4. Untuk simpangan antar tingkat (*Inelastic Drift*) pada model 1 dan model 2 tidak melebihi batas (*Drift Limit*) yang artinya memenuhi syarat menurut SNI Gempa 1726-2019.
5. Untuk simpangan tiap level kinerja struktur model 1 dan 2 sudah memenuhi syarat batasan perpindahan yang diatur dalam FEMA 356, yaitu untuk *Immediate Occupancy* maksimal 1% dan *Life Safety* maksimal 2%.

7. Saran

Struktur model 2 dapat digunakan dengan syarat dimensi kolom lantai 1 dan lantai 2 diperbesar menjadi 80 x 80, untuk tulangan sama seperti gambar. Tujuannya agar dapat menahan gaya lateral yang lebih besar dan memperkecil nilai simpangan antar lantai. Dan untuk model tanpa dinding geser nilainya lebih ekonomis dibandingkan menggunakan dinding geser.

Referensi

- ASCE/SEI 41-17. (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. American Society of Civil Engineers.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726-2019. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727-2020. Jakarta.
- FEMA P-2006 (2018). *Example Application Guide for ASCE/SEI 41-13 Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. California.
- Junaedi Utomo¹, Han Ay Lie² dan Hermawan³ (2023). *Retrofit Seismik Efisien Untuk Bangunan Beton Bertulang Eksisting*. Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17 Balikpapan.
- PT Hesa Laras Cemerlang. (2016). *Analisis Pushover untuk Mengetahui Perilaku Struktur saat Terkena Gempa*. <https://hesa.co.id/analisis-pushover-untuk-mengetahui-perilaku-struktur-saat-terkena-gempa/>
- Pusat Studi Gempa Nasional. (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.
- Setiadi, Ryan Rahmad. (2020). *SeismoSoft, Software Analisa Nonlinear Struktur Khusus untuk Seismic Assesment*. <https://ryanrahmats.wordpress.com/2020/07/26/seimosoft-software/>.
- Yuliar Azmi Adhitama¹, Bambang Supriyadi² dan Bambang Suhendro³. (2022). *Evaluasi Seismik Gedung Bertingkat Eksisting Menggunakan Prosedur Asce 41-17*. Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret.