



Analisis Level Kinerja Gedung Rusun Rumah Sakit Jiwa Ratumbusang 4 Lantai Dengan Metode Analisis *Pushover*

Aldy Pallar^{#a}, Banu D. Handono^{#b}, Ronny E. Pandaleke^{#c}, Marthin D. J. Sumajow^{#d}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^apallaraldy@gmail.com, ^bbanu2h@unsrat.ac.id, ^cpandaleke@unsrat.ac.id, ^ddody_sumajow@yahoo.com

Abstrak

Posisi letak geografis wilayah Indonesia berada pada Kawasan Sabuk Cincin Api Pasifik, dimana Cincin Api Pasifik adalah rangkaian gunung aktif dunia yang menyebabkan Indonesia mengalami frekuensi gempa yang cukup sering, sehingga menyebabkan kerugian yang serius seperti kerusakan infrastruktur bahkan memakan korban jiwa. Penulis mengambil gedung rusun RS Ratumbusang 4 lantai untuk dilakukan proses analisis level kinerja gedung dengan metode analisis *pushover*, dengan memberikan gaya dorong pada struktur untuk mengetahui level kinerja struktur saat terjadi gempa. Penelitian ini dibuat dalam 2 model, model 1 tidak menggunakan dinding (*open frame*), dan model 2 dengan menggunakan dinding pengisi. Acuan yang digunakan adalah ASCE 41-17 menggunakan 3 level bahaya gempa untuk menentukan titik level kinerja, yaitu *immediate occupancy*, *life safety*, dan *collapse prevention* pada kurva *pushover*. Untuk simulasi akan menggunakan *software seismostruct* yang secara khusus digunakan untuk melakukan analisis seismik dengan metode analisis *pushover*. Berdasarkan analisis *pushover* level kinerja yang sesuai adalah *immediate occupancy* pada periode pengulangan 250 tahun, dan untuk simpangan antar tingkat sudah memenuhi syarat SNI gempa 1726-2019.

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

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Gempa bumi adalah fenomena getaran yang terjadi di permukaan bumi yang dikaitkan dengan kejutan atau hentakan akibat pelepasan energi secara tiba-tiba dari dalam kerak bumi. Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap terjadinya gempa bumi dengan intensitas yang beragam mulai dari intensitas rendah sampai tinggi, yang menyebabkan kerugian yang serius seperti kerusakan infrastruktur bahkan memakan korban jiwa.

Metode Analisis *Pushover* adalah teknik non-linear yang digunakan untuk menilai respons struktur terhadap gempa bumi, yang akan menghasilkan grafik dan kurva keruntuhan beserta level kinerjanya, dalam penelitian ini penulis menggunakan aplikasi *SeismoStruct* yaitu, salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis respons struktur terhadap gempa bumi yang menggunakan metode *non linear*, termasuk analisis *Pushover*.

Analisis dilakukan pada Gedung Rusun Rumah Sakit Jiwa Ratumbusang 4 Lantai yang rencananya akan didirikan sebagai sarana yang di persiapkan pemerintah untuk menunjang fasilitas kesehatan. Simpangan dan gaya geser pada struktur bangunan akan menggunakan standar SNI 1726-2019.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah yang dapat diangkat adalah seberapa baik level kinerja struktur gedung Rusun Rumah Sakit Jiwa Ratumbusang 4 lantai terhadap beban lateral (Gempa).

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui level kinerja struktur gedung rusun Rumah Sakit Jiwa Ratumbusang 4 lantai terhadap beban statik ekuivalen dengan metode *Pushover*, pada model dengan dan tanpa menggunakan dinding pengisi.

2. Metode Penelitian

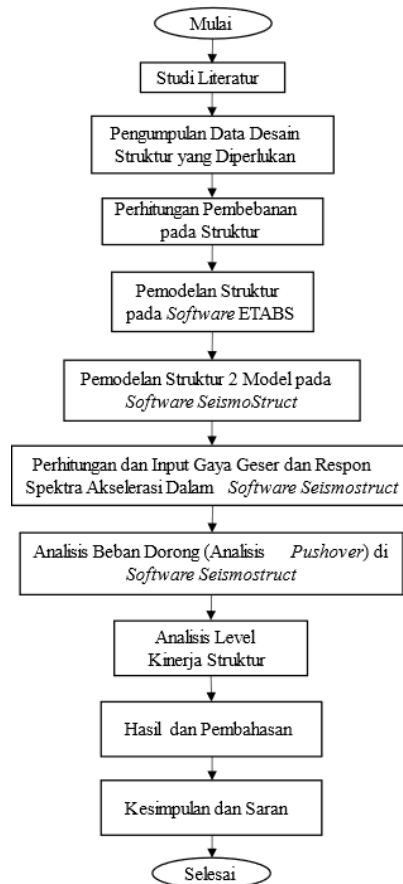
Penelitian ini dilakukan di gedung rusun rumah sakit jiwa Ratumbusang 4 lantai di Kota Manado, Sulawesi Utara dan di gedung Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.

2.1 Data-data penelitian

- Data Struktur
- Data Pembebanan
- Data Gempa pada Lokasi Penelitian

2.2 Bagan Alir

Adapun tahapan-tahapan penelitian dalam diagram alir pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Pustaka

3.1 Level Kinerja Bangunan Terhadap Bahaya Gempa

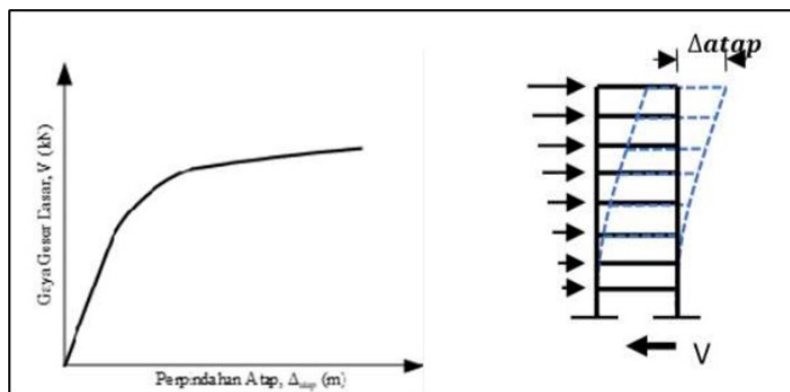
ASCE 41-17 mensyaratkan bahwa target level kinerja suatu bangunan harus terdiri dari target struktural dan target nonstruktural. *Basic Performance Objective Equivalent to New Building Standards* (BPON) adalah Target kinerja dasar untuk bangunan eksisting yang mensyaratkan dilakukan evaluasi.

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)

3.2 Analisis Pushover

Dalam proses analisis *pushover* suatu struktur atau lebih didorong hingga mengalami leleh yang kemudian kurva kapasitas akan memperlihatkan suatu kondisi *linear* sebelum struktur tersebut mencapai kondisi leleh yang pada akhirnya struktur akan berperilaku *non-linear*. Kurva *pushover* dapat dipengaruhi oleh gaya lateral yang digunakan sebagai beban dorong. Tujuan analisis *pushover* adalah untuk dapat memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta memperoleh informasi mengenai bagian struktur mana saja yang kritis. Selanjutnya dapat diidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk pendetilan atau stabilitasnya

**Gambar 2.** Kurva Kapasitas dan Ilustrasi *Pushover*

Kurva kapasitas hasil dari analisis *pushover* menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan atap (*roof displacement*) akibat beban lateral yang diberikan pada struktur dengan pola pembebanan tertentu sampai pada kondisi ultimit atau target peralihan yang diharapkan.

3.3 Seismostruct Software

SeismoStruct adalah *software* yang memfokuskan diri untuk analisis non-linear struktur, di mana non-linear baik secara *geometry* (*P-Delta*, *Buckling*, *Large Deformation*) atau material (*Plastic Hinge*, *Fiber Model*, *Non-Linear Masonry*, *Non Linear Link*, etc). Kegunaan utama dari *software* ini adalah untuk melakukan analisis dinamis non-linear pada struktur bangunan dan mengevaluasi kinerjanya selama gempa, hasil output dari *software* bisa dalam bentuk data simpangan gempa, grafik respons spektrum, dan lainnya.

3.4 Gaya Geser Dasar Seismik (SNI 1726:2019 Pasal 7.8.1)

Gaya geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s W$$

Keterangan:

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

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

Berdasarkan ASCE 41-17, parameter respon spektra akselerasi dibagi menjadi 2 yaitu parameter percepatan respon spektra akselerasi pendek (S_{XS}) dan parameter percepatan respon spektra akselerasi periode panjang (S_{X1}), kedua nilai tersebut dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$S_{XS} = F_a S_S$$

$$S_{X1} = F_v S_I$$

3.6 Simpangan Antar Tingkat (SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1)

Penentuan simpangan antar tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) untuk semua tingkat. Simpangan pusat massa di tingkat-x (δx) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{c_d \delta x_e}{I_e}$$

Keterangan:

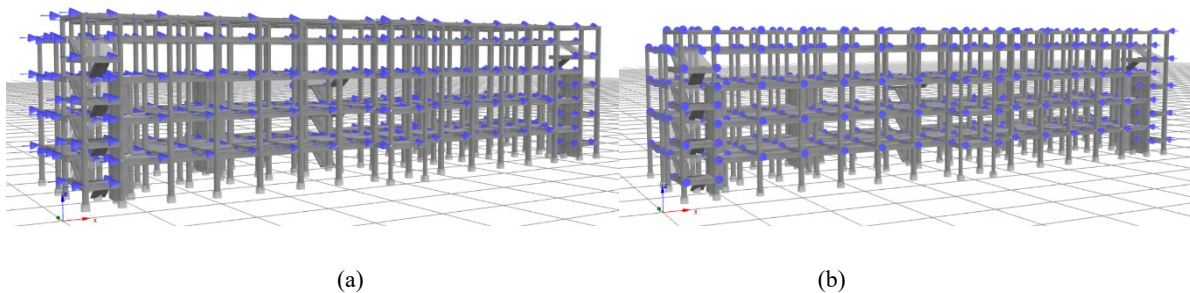
C_d = faktor pembesaran simpangan lateral

δ_{xe} = simpangan di tingkat-x, yang ditentukan dengan analisis elastic

I_e = faktor keutamaan gempa

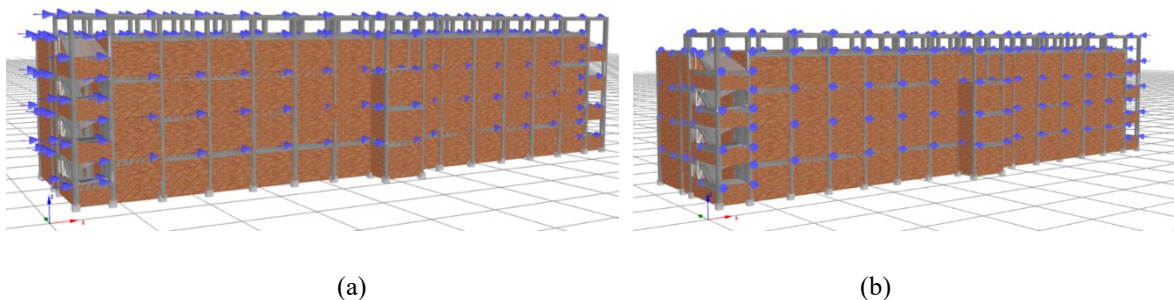
4. Pemodelan Struktur

4.1 Model 1 Tanpa Dinding Pengisi (Open Frame)



Gambar 3. (a) Model 3D Beban Dorong Arah X; (b) Model 3D Beban Dorong Arah Y

4.2 Model 2 Dengan Dinding Pengisi



Gambar 4. (a) Model 3D Beban Dorong Arah X; (b) Model 3D Beban Dorong Arah Y

5. Analisis dan Pembahasan

5.1 Gaya Geser Dasar Seismik

Model 1:

Faktor Keutamaan Gempa (I_e) = 1
 Koefisien Modifikasi Respon, R = 6
 Faktor Kuat Lebih Sistem, Ω_0 = 2.5
 Koefisien Amplifikasi Defleksi, C_d = 5
 Koefisien (C_u) = 1.4
 Nilai C_t = 0.0466
 Nilai x = 0.9
 Ketinggian Gedung (h_n) Story 1-5 = 15.55 m
 Periode Pakai Arah X (ETABS) = 0.375 detik
 Periode Pakai Arah Y (ETABS) = 0.306 detik
 $T_a = 0.0466 \times 15.55^{0.9} = 0.5507 \text{ detik}$
 $T_{max} = 1.4 \times 0.5507 = 0.771 \text{ detik}$

- Menghitung Nilai C_s :

$$C_s = \frac{0.7675}{\left(\frac{6}{1}\right)} = 0.1279$$

Tabel 2. Berat Bangunan Model 1

Lantai	Massa (kN)
Lantai Atap	1486.69
Lantai Dak	1855.22
Lantai 4	7541.97
Lantai 3	7893.94
Lantai 2	7932.36
Lantai Dasar	835.4
Total	27545.58

Nilai Gaya Geser Dasar Seismik (V) Model 1:

$$V = 0.1279 \times 27545.58 = 3523.08 \text{ kN}$$

Model 2:

Faktor Keutamaan Gempa (I_e) = 1
 Koefisien Modifikasi Respon, R = 6
 Faktor Kuat Lebih Sistem, Ω_0 = 2.5
 Koefisien Amplifikasi Defleksi, C_d = 5
 Koefisien (C_u) = 1.4
 Nilai C_t = 0.0466
 Nilai x = 0.9
 Ketinggian Gedung (h_n) Story 1-5 = 15.55 m
 Periode Pakai Arah X (ETABS) = 0.375 detik
 Periode Pakai Arah Y (ETABS) = 0.306 detik
 $T_a = 0.0466 \times 15.55^{0.9} = 0.5507 \text{ detik}$
 $T_{max} = 1.4 \times 0.5507 = 0.771 \text{ detik}$

- Menghitung Nilai C_s :

$$C_s = \frac{0.7675}{\left(\frac{6}{1}\right)} = 0.1279$$

Tabel 3. Berat Bangunan Model 2

Lantai	Massa (kN)
Lantai Atap	1486.69
Lantai Dak	1855.22
Lantai 4	8498.15
Lantai 3	8850.12
Lantai 2	8888.55
Lantai Dasar	835.4
Total	30414.13

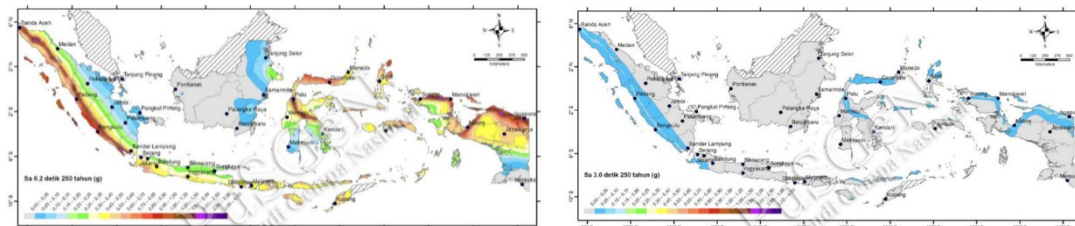
Nilai Gaya Geser Dasar Seismik (V) Model 2:

$$V = 0.1279 \times 30414.13 = 3889.96 \text{ kN}$$

5.2 Respon Spektra Akselerasi

Percepatan respon spektral untuk periode pendek (S_{XS}) dan panjang (S_{X1}) dihitung menggunakan persamaan berdasarkan peta deagregasi bahaya gempa Indonesia (2022) untuk level bahaya BSE-1E dan BSE-2E. Sebagai contoh, perhitungan dilakukan untuk lokasi Kota Manado dengan redaman 5% dan kelas situs D.

➤ BSE-1E 20%/50 periode ulang gempa 250 tahun (*Immediate Occupancy*)



Gambar 5. Peta Spektrum Respon Percepatan 0,2 Detik dan 3 Detik Periode Ulang 250 Tahun

Perhitungan S_{XS} dan S_{X1} :

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

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

$$F_a = 1,4$$

$$F_v = 2,4$$

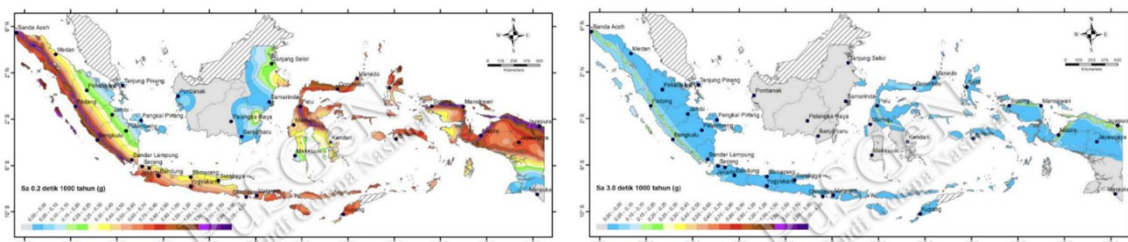
$$S_{XS} = 1,4 \times 0,500$$

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

$$S_{X1} = 2,4 \times 0,050$$

$$S_{X1} = 0,120 \text{ g}$$

➤ BSE-1E 5%/50 periode ulang gempa 1000 tahun (*Life Safety*)

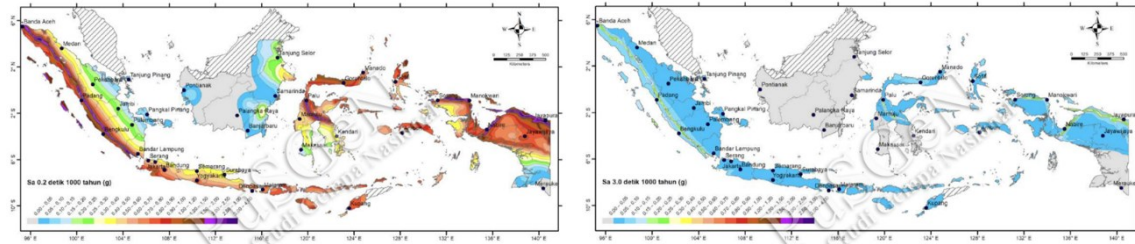


Gambar 6. Peta Spektrum Respon Percepatan 0,2 Detik dan 3 Detik Periode Ulang 1000 Tahun

Perhitungan S_{XS} dan S_{X1} :

$$\begin{aligned} S_S &= 0,750 \text{ g} \\ S_I &= 0,100 \text{ g} \\ F_a &= 1,2 \\ F_v &= 2,4 \\ S_{XS} &= 1,2 \times 0,750 \\ S_{XS} &= 0,900 \text{ g} \\ S_{X1} &= 2,4 \times 0,100 \\ S_{X1} &= 0,240 \text{ g} \end{aligned}$$

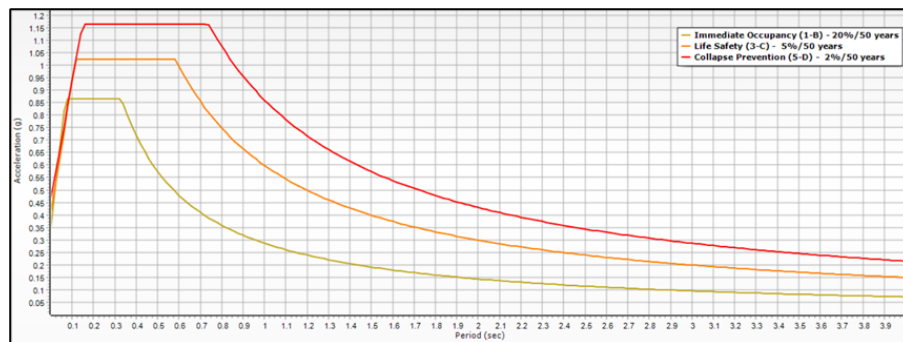
➤ BSE-2E 2%/50 periode ulang gempa 2500 tahun (*Collapse Prevention*)



Gambar 7. Peta Spektrum Respon Percepatan 0,2 Detik dan 3 Detik Periode Ulang 2500 Tahun

Perhitungan S_{XS} dan S_{X1} :

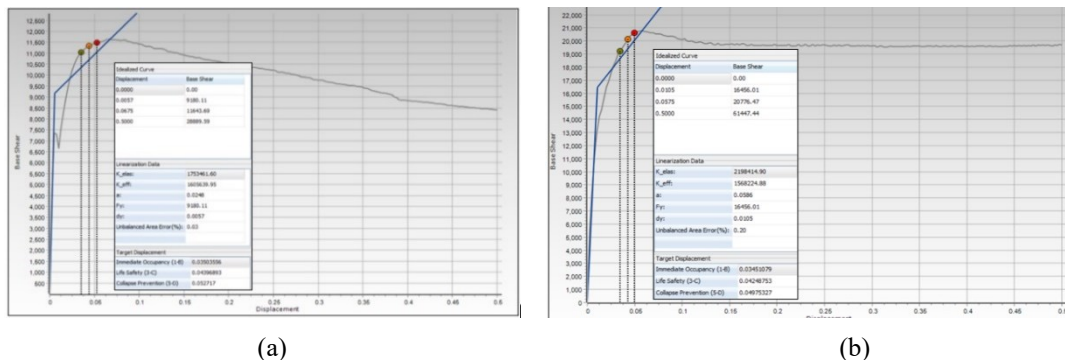
$$\begin{aligned} S_S &= 1,000 \text{ g} \\ S_I &= 0,150 \text{ g} \\ F_a &= 1,1 \\ F_v &= 2,3 \\ S_{XS} &= 1,1 \times 1,000 \\ S_{XS} &= 1,100 \text{ g} \\ S_{X1} &= 2,3 \times 0,150 \\ S_{X1} &= 0,345 \text{ g} \end{aligned}$$



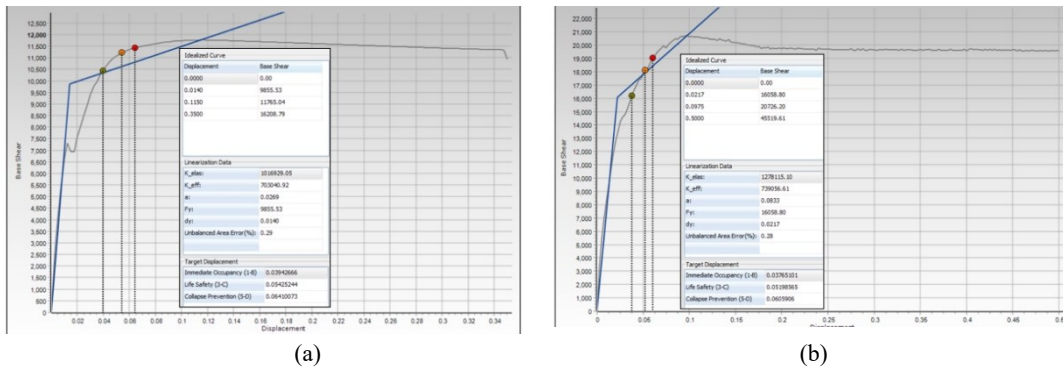
Gambar 8. Respon Spektra Akselerasi untuk Bahaya Seismik BSE-1E & BSE-2E

5.3 Kurva Pushover

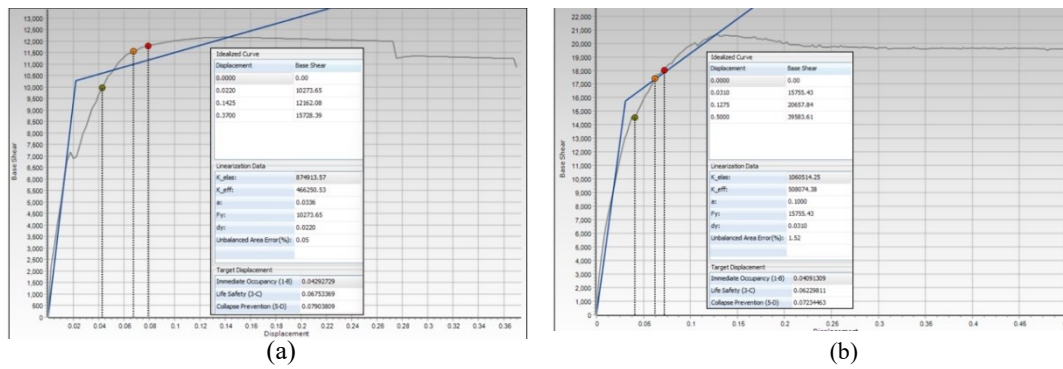
- Kurva Pushover Arah X Model 1 dan Model 2



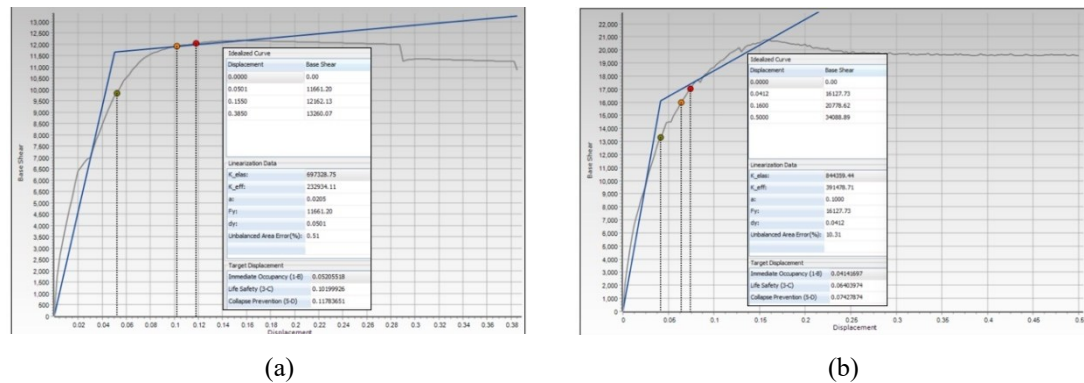
Gambar 9. (a) Kurva Pushover Arah X Model 1 Story 1; (b) Kurva Pushover Arah X Model 2 Story 1



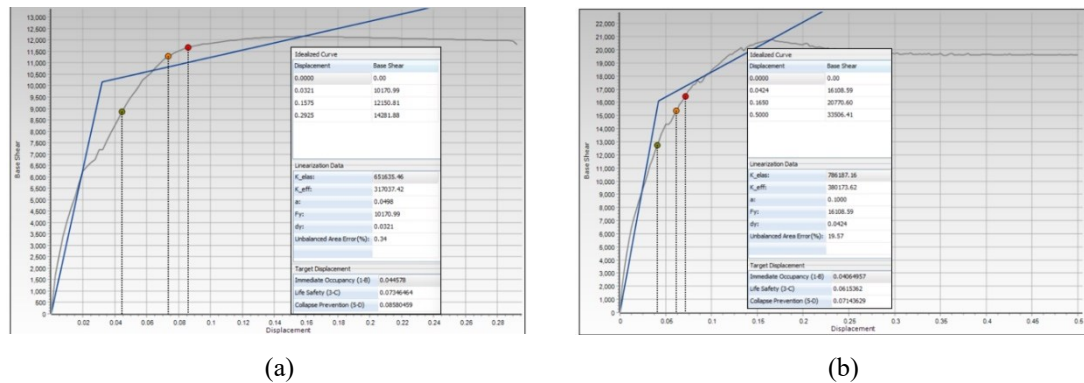
Gambar 10. (a) Kurva Pushover Arah X Model 1 Story 2; (b) Kurva Pushover Arah X Model 2 Story 2



Gambar 11. (a) Kurva Pushover Arah X Model 1 Story 3; (b) Kurva Pushover Arah X Model 2 Story 3

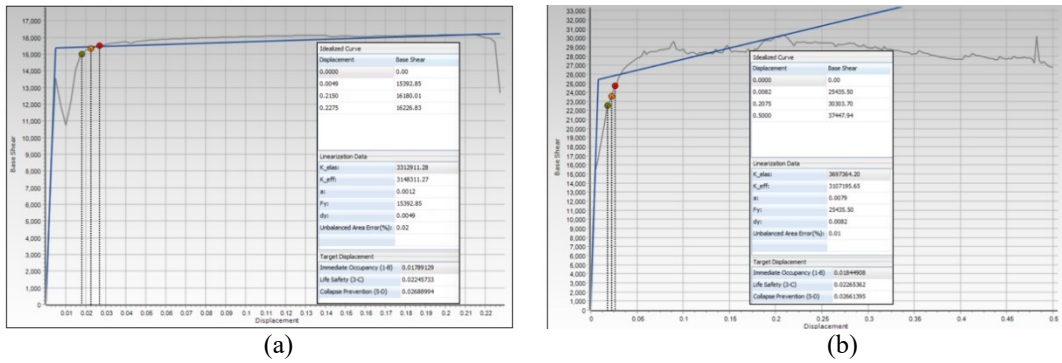


Gambar 12. (a) Kurva Pushover Arah X Model 1 Story 4; (b) Kurva Pushover Arah X Model 2 Story 4

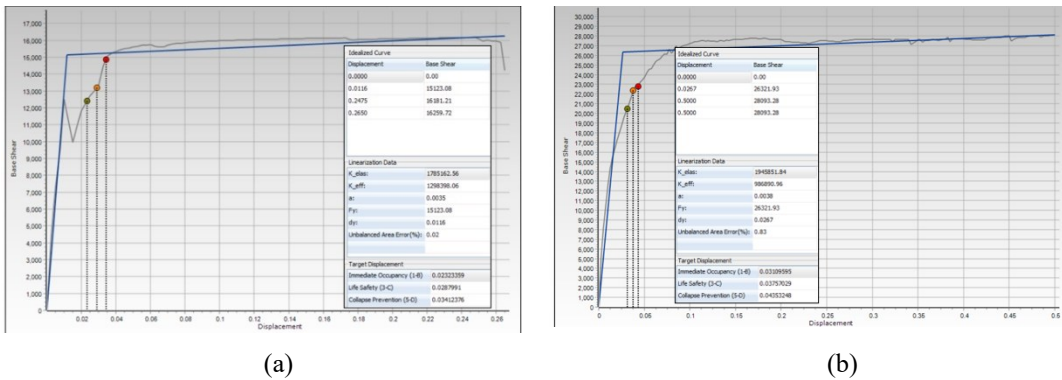


Gambar 13. (a) Kurva Pushover Arah X Model 1 Story 5; (b) Kurva Pushover Arah X Model 2 Story 5

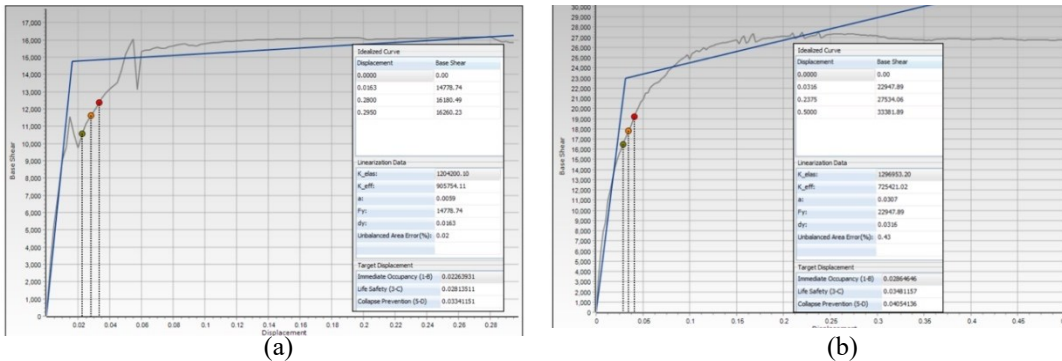
- Kurva Pushover Arah Y Model 1 dan Model 2



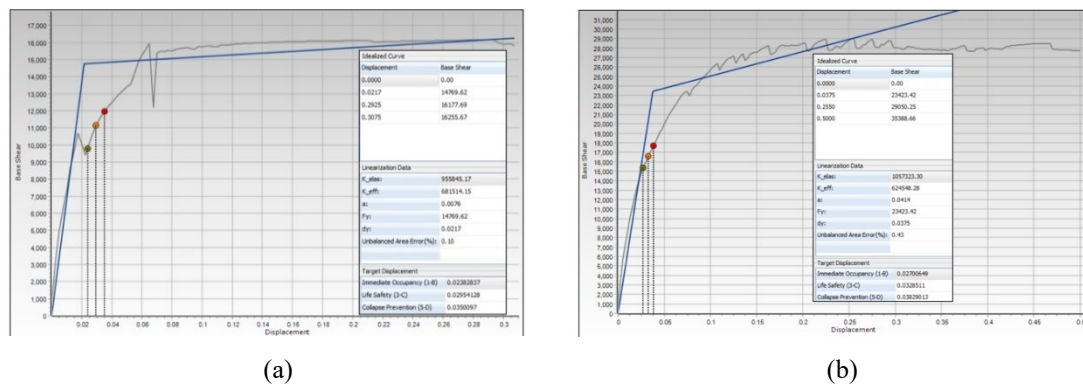
Gambar 14. (a) Kurva Pushover Arah Y Model 1 Story 1; (b) Kurva Pushover Arah Y Model 2 Story 1



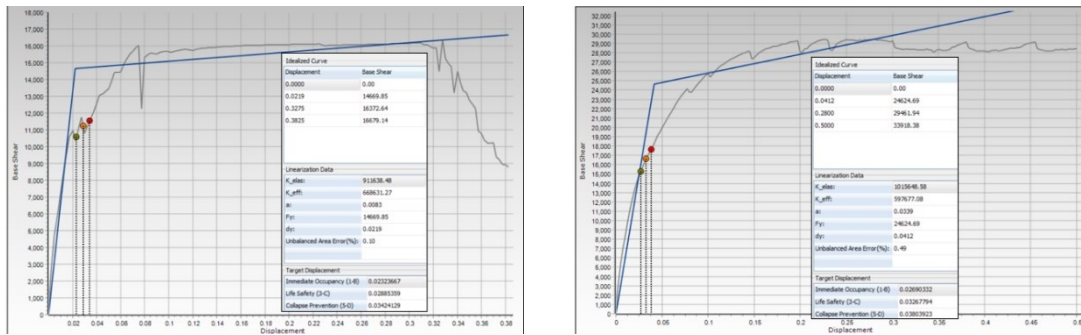
Gambar 15. (a) Kurva Pushover Arah Y Model 1 Story 2; (b) Kurva Pushover Arah Y Model 2 Story 2



Gambar 16. (a) Kurva Pushover Arah Y Model 1 Story 3; (b) Kurva Pushover Arah Y Model 2 Story 3



Gambar 17. (a) Kurva Pushover Arah Y Model 1 Story 4; (b) Kurva Pushover Arah Y Model 2 Story 4



Gambar 18. (a) Kurva Pushover Arah Y Model 1 Story 5; (b) Kurva Pushover Arah Y Model 2 Story 5

Tabel 4. Hasil Kurva Pushover Arah X Model 1

Arah X Model 1						
Story	Immediate Occupancy (cm)	Base Shear (kN)	Life Safety (cm)	Base Shear (kN)	Collapse Prevention (cm)	Base Shear (kN)
1	3.5	11048.251	4.4	11361.568	5.3	11480.435
2	3.9	10492.229	5.4	11241.551	6.4	11433.265
3	4.3	9926.099	6.7	11551.815	7.9	11809.732
4	5.2	9886.254	10.2	11911.98	11.8	12040.254
5	4.46	8918.256	7.3	11239.015	8.6	11652.715

Tabel 5. Hasil Kurva Pushover Arah X Model 2

Arah X Model 2						
Story	Immediate Occupancy (cm)	Base Shear (kN)	Life Safety (cm)	Base Shear (kN)	Collapse Prevention (cm)	Base Shear (kN)
1	3.45	19263.98	4.25	20141.352	5	20646.039
2	3.8	16197.207	5.2	18158.302	6.1	18158.302
3	4.1	14381.394	6.2	17414.248	7.2	18043.421
4	4.1	13161.066	6.4	16081.045	7.4	17107.77
5	4.1	12644.531	6.2	15467.3	7.1	16268.972

Tabel 6. Hasil Kurva Pushover Arah Y Model 1

Arah Y Model 1						
Story	Immediate Occupancy (cm)	Base Shear (kN)	Life Safety (cm)	Base Shear (kN)	Collapse Prevention (cm)	Base Shear (kN)
1	1.8	14954.781	2.25	15358.916	2.7	15522.827
2	2.3	12298.032	2.9	13336.848	3.4	15062.811
3	2.3	10534.513	2.8	11539.704	3.3	12244.937
4	2.4	10117.542	2.95	11248.649	3.5	11962.057
5	2.3	10361.489	2.9	10803.399	3.4	11690.952

Tabel 7. Hasil Kurva Pushover Arah Y Model 2

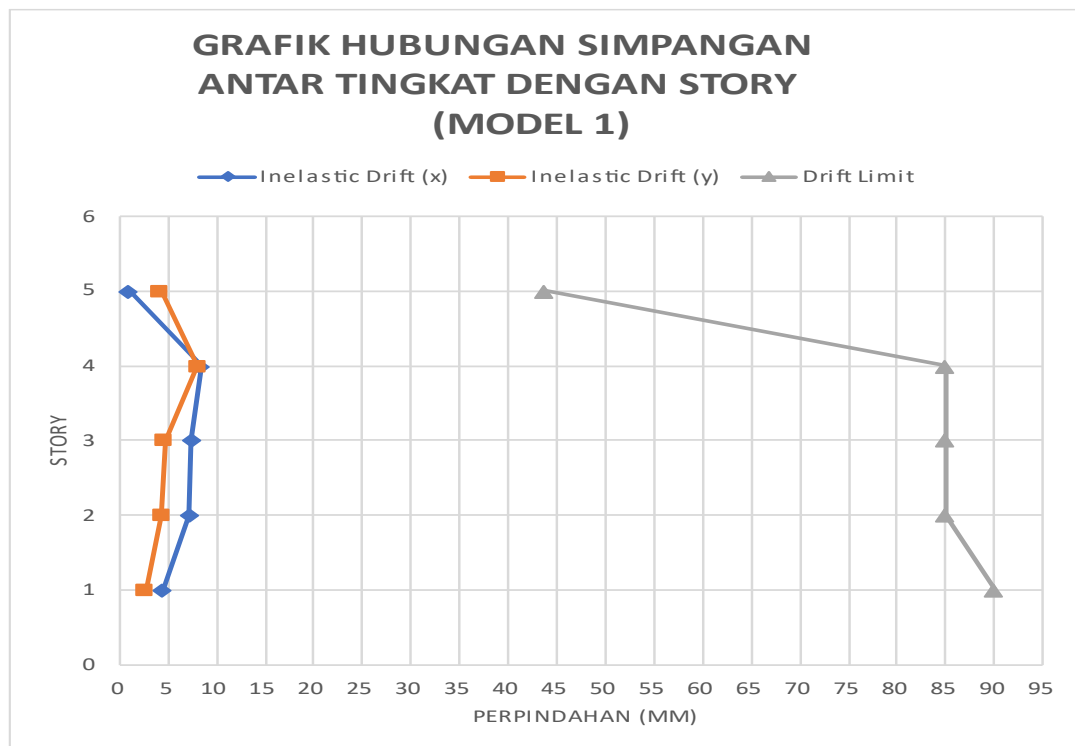
Arah Y Model 2						
Story	Immediate Occupancy (cm)	Base Shear (kN)	Life Safety (cm)	Base Shear (kN)	Collapse Prevention (cm)	Base Shear (kN)
1	1.8	22927.658	2.3	23539.053	2.7	24841.76
2	3.1	20239.046	3.8	22372.152	4.35	23235.318
3	2.9	16840.032	3.5	17870.257	4	19064.957
4	2.7	15479.644	3.3	16484.552	3.8	17507.994
5	2.7	15429.451	3.3	16616.43	3.8	18009.46

5.3 Simpangan Antar Tingkat

➤ Simpangan Antar Tingkat Model 1 (*Open Frame*)

Tabel 8. Simpangan Antar Lantai dan Batas Simpangan Model 1

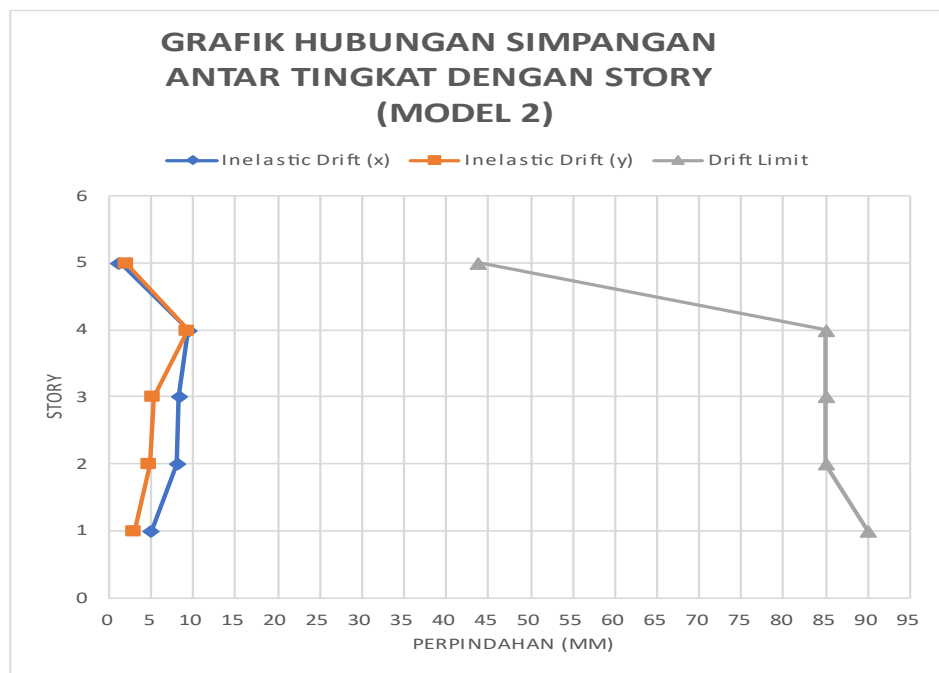
Story	Displacement		Elastic Drift		hsx	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δ_x	δ_y	δ_{ex}	δ_{ey}		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		
5	5.688	4.803	0.186	0.840	1750	0.930	4.200	43.750	OK
4	5.502	3.963	1.677	1.622	3400	8.385	8.110	85.000	OK
3	3.825	2.341	1.481	0.945	3400	7.405	4.725	85.000	OK
2	2.344	1.396	1.446	0.863	3400	7.230	4.315	85.000	OK
1	0.898	0.533	0.898	0.533	3600	4.490	2.665	90.000	OK

**Gambar 19.** Grafik *Inelastic Drift* dan *Drift Limit* Model 1

➤ Simpangan Antar Tingkat Model 1 (*Open Frame*)

Tabel 9. Simpangan Antar Lantai dan Batas Simpangan Model 2

Story	Displacement		Elastic Drift		hsx	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δ_x	δ_y	δ_{ex}	δ_{ey}		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		
5	6.421	4.861	0.243	0.392	1750	1.215	1.960	43.750	OK
4	6.178	4.469	1.887	1.852	3400	9.435	9.260	85.000	OK
3	4.291	2.617	1.661	1.056	3400	8.305	5.280	85.000	OK
2	2.630	1.561	1.622	0.965	3400	8.110	4.825	85.000	OK
1	1.008	0.596	1.008	0.596	3600	5.040	2.980	90.000	OK



Gambar 20. Grafik *Inelastic Drift* dan *Drift Limit* Model 2

Kedua model struktur, sebelum dan setelah perkuatan, memiliki simpangan antar tingkat (*Inelastic Drift*) yang tidak melebihi batas *Drift Limit*, sehingga memenuhi standar keamanan gempa sesuai SNI 1726-2019.

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Level kinerja struktur Gedung Rusun Ratumbusang tanpa dinding pengisi dan dengan dinding pengisi saat terkena gempa kuat berdasarkan ASCE 41-17 berada pada level kinerja *Immediate Occupancy* struktur masih dalam keadaan aman. Dilihat dari hasil kurva *Pushover* nilai gaya geser dasar sebesar 3523.08 kN (struktur tanpa dinding pengisi) dan 3889.96 kN (struktur dengan dinding pengisi) berada dibawah gaya geser maksimum level kinerja *Immediate Occupancy* yaitu 9886.254 kN, dengan persentase selisih sebesar 180.7 % dan 154.1 % lebih besar dari nilai gaya geser dasar.
2. Kurva *Pushover* menunjukkan struktur dengan dinding pengisi dapat menahan gaya yang lebih besar dibanding struktur tanpa dinding pengisi, ini disebabkan karena struktur dengan dinding pengisi dipengaruhi oleh kekakuan struktur akibat dinding yang dipasang.
3. Selisih antara simpangan antar tingkat struktur pada kondisi gaya geser gempa rencana untuk struktur tanpa dinding pengisi, terhadap simpangan antar tingkat struktur pada kondisi gaya

geser maksimum kondisi *Immediate Occupancy* memiliki persentase 814.1 % lebih besar, dimana nilai simpangan level kinerja *Immediate Occupancy* sebesar 52 mm dan simpangan antar tingkat sebesar 5.688 mm.

4. Selisih antara simpangan antar tingkat struktur pada kondisi gaya geser gempa rencana untuk struktur dengan dinding pengisi, terhadap simpangan antar tingkat struktur pada kondisi gaya geser maksimum kondisi *Immediate Occupancy* memiliki persentase 538.5 % lebih besar, dimana nilai simpangan level kinerja *Immediate Occupancy* sebesar 41 mm dan simpangan antar tingkat sebesar 6.421 mm.
5. Simpangan antar tingkat (*Inelastic Drift*) pada struktur tanpa dinding pengisi dan struktur dengan dinding pengisi tidak melebihi batas (*Drift Limit*) yang berarti memenuhi syarat menurut SNI 1726-2019.

7. Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka penulis memberikan beberapa saran untuk pengembangan pada penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Perhitungan struktur bisa dicoba dengan menghilangkan dinding geser pada gedung dan diganti dengan memperbesar dimensi kolom maupun balok, agar model struktur tanpa dinding geser dapat menambah nilai ekonomis pada perencanaan gedung rusun ini.
2. Analisis dapat dicoba menggunakan metode *Time History* untuk mendapatkan perbandingan dengan metode *Pushover*.
3. Analisis *Pushover* pada struktur ini perlu dicoba dengan menggunakan referensi FEMA 356.

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.
- Bawinto, G., Handono B. D., Pandaleke R. E. (2024). *Evaluasi Kinerja Gedung Pendidikan Fakultas Hukum 6 Lantai Dengan Metode Analisis Pushover*. Skripsi. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- BMKG. (2023). *Pengetahuan Gempa Bumi*. [https://bbmkg3.bmkg.go.id/tentang gempa](https://bbmkg3.bmkg.go.id/tentang_gempa). Diakses pada 31 Juli 2024.
- Potalangi, J. G., Manalip, H., Wallah, S. E. (2020). Analisis Keruntuhan Gedung Bertingkat Akibat Beban Gempa dan beban Angin Dengan Metode *Pushover*. 10(1), 1-12. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- 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.
- Runtu, F. I., Manalip, H., Kumaat, E. J. (2015). Penempatan Dinding Geser pada Bangunan Beton Bertulang Dengan Analisa *Pushover*. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 5(1), 283-293, Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Saputra, M. R., Handono, B. D., Mondoringin, M. R. I. A. J. (2020). Evaluasi Kinerja Gedung Fakultas hukum Universitas Sam Ratulangi Akibat Beban Gempa. *Jurnal Sipil Statik*, 8(5), 679-686, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Setiadi, R. (2020). *SeismoSoft, Software Analisa Nonlinear Struktur Khusus Untuk Seismic Assesment*. <https://ryanrakhmats.wordpress.com/2020/07/26/seismosoft-software/>. Diakses pada 31 Juli 2024.
- Sudarman. Dapas, S. O., Windah, R. S. (2014). Analisis *Pushover* pada Gedung Bertingkat Tipe Podium. *Jurnal Sipil Statik*, 7(8), 201-213, Universitas Sam Ratulangi, Manado.