

KAJIAN SPEKTRUM KAPASITAS NON-ENGINEERED BUILDING (NEB) DENGAN ANALISIS STATIC PUSHOVER

Hendramawat Aski Safarizki^{1*}, Stefanus Adi Kristiawan², Senot Sangadji², Syarifuddin Nur Wahid¹,
dan Rafif Hanan Muwaffaq¹

^{1*}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo
e-mail: hendra.mawat@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
e-mail: s.a.kristiawan@ft.uns.ac.id; s.sangadji@ft.uns.ac.id

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo
e-mail: nwahid421@gmail.com; rafifhanan72@gmail.com

ABSTRAK

Kondisi geologis Kabupaten Pacitan dilewati oleh sesar grindulu dan berhadapan langsung dengan daerah subduction menjadikan wilayah Kabupaten Pacitan rawan terjadi gempa bumi. Dinding sebagai elemen bangunan Non-Engineered Building (NEB) dapat mempengaruhi respon bangunan terhadap gempa yang terjadi. Dinding pengisi seringkali dianggap sebagai bagian non-struktural dalam struktur *open frame*. Pemasangannya dinding pengisi biasanya dikerjakan setelah semua elemen utama seperti balok, kolom, dan pelat selesai dikerjakan dalam proses konstruksi. Dalam proses perencanaan, sering kali dinding pengisi tidak diperhitungkan sebagai elemen struktur. Dengan menggunakan analisis *static pushover* maka dapat diketahui perilaku kinerja seismik struktur bangunan rumah tinggal terhadap gempa pada program SeismoStruct. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis bangunan Non-Engineered Building (NEB) dengan membandingkan bangunan NEB tanpa dinding pengisi terhadap NEB dengan dinding pengisi. Analisis dilakukan dengan bantuan program seismostruct dengan melakukan modeling struktur sesuai dengan data yang ada di lapangan.

Kata kunci: dinding pengisi, gempa, Non-Engineered Building, spektrum kapasitas, *static pushover*

1. PENDAHULUAN

Gempa tidak mengakibatkan kematian tetapi keruntuhan bangunan akibat gempa yang dapat menimbulkan korban jiwa. Indonesia sering dilanda gempa bumi karena terletak pada pertemuan lempeng tektonik Wilayah Kabupaten Pacitan berada di jalur cincin api (*ring of fire*) (Ahsani, 2023; Kristiawan et al., 2023). Kondisi geologis Kabupaten Pacitan dilewati oleh sesar grindulu dan berhadapan langsung dengan daerah subduction menjadikan wilayah Kabupaten Pacitan rawan terjadi gempa bumi. Dengan adanya kejadian gempa bumi di Indonesia, maka banyak dikembangkan analisis-analisis gempa terhadap struktur (Utami, 2019).

Dalam menganalisis struktur bangunan gedung tahan gempa metode yang digunakan adalah *Performance Based Earthquake Engineered* (PBEE). PBEE terbagi menjadi dua, yaitu *Performance Based Seismic Design* (PBSD) dan *Performance Based Seismic Evaluation* (PBSE). Evaluasi pada PBSD salah satunya adalah dengan menggunakan analisis nonlinier pushover. Analisa pushover merupakan salah satu metode analisis *performance based seismic design* yang memanfaatkan teknik analisa non-linier berbasis komputer untuk menganalisa perilaku inelastis struktur dari berbagai macam intensitas gerakan tanah (gempa), dengan memberikan pola beban statik tertentu dalam arah lateral yang besarnya ditingkatkan secara bertahap (*incremental*) sampai struktur tersebut mencapai target *displacement* tertentu atau mencapai pola keruntuhan tertentu (Sultan, 2016).

Perencanaan bangunan tahan gempa pada umumnya didasarkan pada analisa elastik yang di beri faktor beban untuk simulasi kondisi bangunan ultimit (batas). Kenyataannya, perilaku runtuh struktur bangunan pada saat gempa besar adalah pada saat kondisi inelastis. Dengan merencanakan suatu struktur dengan beban gempa, banyak aspek yang mempengaruhinya diantaranya adalah periode bangunan, sangat dipengaruhi oleh massa struktur serta kekakuan struktur tersebut. Kekakuan struktur sendiri dipengaruhi oleh kondisi struktur, bahan yang digunakan serta dimensi struktur yang digunakan. Evaluasi untuk memperkirakan kondisi inelastik struktur bangunan pada saat gempa perlu untuk mendapatkan jaminan bahwa kinerjanya memuaskan pada saat terjadinya gempa (Almufid & Hidayah, 2019).

Dinding pengisi

Sistem struktur dengan dinding pengisi merujuk pada penggunaan dinding atau panel sebagai elemen yang mampu menahan gaya arah horizontal. Dinding pengisi umumnya berfungsi sebagai pembatas interior atau eksterior dalam struktur beton bertulang, khususnya untuk bangunan kelas menengah. Pemasangan dinding pengisi dilakukan setelah selesainya struktur utama, bersamaan dengan tahap penyelesaian bangunan. Oleh karena itu, dalam perencanaannya, dinding pengisi dianggap sebagai komponen non-struktural yang tidak mempengaruhi pemodelan struktur, asal beban yang dihasilkan telah dipertimbangkan sebelumnya, misalnya dengan mengasumsikannya sebagai beban merata (Bastian, 2020).

Ketika dinding pengisi mengalami tingkat pembebanan yang relatif kecil, kontribusinya terhadap kekakuan dan kekuatan struktur tetap penuh. Pada situasi tersebut, kekuatan dinding pengisi masih belum terlampaui, dan meskipun

portalnya mengalami kerusakan, kekakuan struktur secara keseluruhan tetap terjaga. Dinding akan mengalami keruntuhan jika gempa kuat terjadi, hal itu dapat menurunkan kekakuan struktur dan menyebabkan kegagalan tingkat lunak (Sudarsana et al., 2023).

Dinding pengisi seringkali dianggap sebagai bagian non-struktural dalam struktur open frame. Pemasangannya dinding pengisi biasanya dikerjakan setelah semua elemen utama seperti balok, kolom, dan pelat selesai dikerjakan dalam proses konstruksi. Dalam proses perencanaan, sering kali dinding pengisi tidak diperhitungkan. Namun, dalam beberapa kasus, ketika terdapat beban lateral yang signifikan (misalnya akibat gempa), dinding pengisi dapat memberikan kontribusi besar terhadap kekakuan dan kekuatan struktur, sehingga perilaku keruntuhan struktur tersebut menjadi berbeda dari portal terbuka (Pascanawaty et al., 2020).

Static pushover analysis

Analisis beban dorong statik pada struktur bangunan merupakan suatu pendekatan untuk melakukan analisis baik secara linier maupun non-linier dalam 2 dimensi atau 3 dimensi, di mana dampak dari gempa bumi terhadap struktur bangunan dipertimbangkan sebagai beban-beban statik yang berfungsi menahan pada pusat massa dari setiap lantai. Nilai-nilai tersebut ditingkatkan secara bertahap hingga melebihi batas pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelepasan sendi plastis pertama di dalam struktur bangunan. Selanjutnya, dengan peningkatan beban, struktur mengalami perubahan bentuk dari keadaan elastis menjadi elasto-plastis yang signifikan hingga mencapai titik ambang keruntuhan (Safarizki et al., 2013).

Static Pushover Analysis bertujuan untuk memproyeksikan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi, serta untuk mengidentifikasi bagian-bagian kritis dari struktur. Analisis ini juga berguna untuk menentukan wilayah-wilayah yang memerlukan perhatian khusus dalam hal pendetailan atau stabilitas. Dalam analisis ini, suatu pola beban lateral statik dikenakan pada struktur secara bertahap dengan faktor pengali yang ditingkatkan hingga mencapai target perpindahan lateral tertentu dari suatu titik referensi. Titik referensi yang biasanya digunakan adalah titik pada atap atau pusat massa atap (Pramudhita & Buwono, 2019).

Analisis pushover melibatkan pembentukan kurva pushover, yakni sebuah grafik yang menggambarkan keterkaitan antara gaya geser dasar (V) dengan perpindahan titik acuan pada atap (D). Dalam proses pushover, struktur diberikan gaya dorong hingga mencapai titik leleh di satu atau lebih titik di dalam struktur tersebut. Kurva kapasitas ini menunjukkan fase linear sebelum mencapai titik leleh, kemudian transisi ke perilaku nonlinier. Selain itu, karakteristik kurva pushover dipengaruhi oleh pola distribusi gaya lateral yang digunakan sebagai beban dorongan (Pramudhita & Buwono, 2019)

Capacity Spectrum Method (CSM) merupakan salah satu cara untuk mengetahui kinerja suatu struktur. Dalam suatu analisis static pushover akan didapat kurva kapasitas yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (base shear) dan simpangan (displacement). Kurva kapasitas ini kemudian diubah menjadi spektrum kapasitas dalam format ADRS (Acceleration Displacement Response Spectrum). Spektrum kapasitas merupakan kurva yang menunjukkan hubungan antara spectral acceleration (S_a) dan spectral displacement (S_d) (Mamesah et al., 2014).

Kurva kapasitas yang didapatkan dari analisis pushover memiliki perbedaan dengan hasil analisis dinamis nonlinier riwayat waktu. Keandalan analisis pushover menurun sejalan dengan berpengaruhnya ragam yang lebih tinggi (Benjamin Lumantarna et al., 2004). Diharapkan pemilihan *Static Pushover Analysis* pada evaluasi bangunan Non-Engineered Building (NEB) yang sederhana dan hanya satu lantai dapat memberikan nilai yang mendekati analisis dinamis nonlinier riwayat waktu.

Non-Engineered building (NEB)

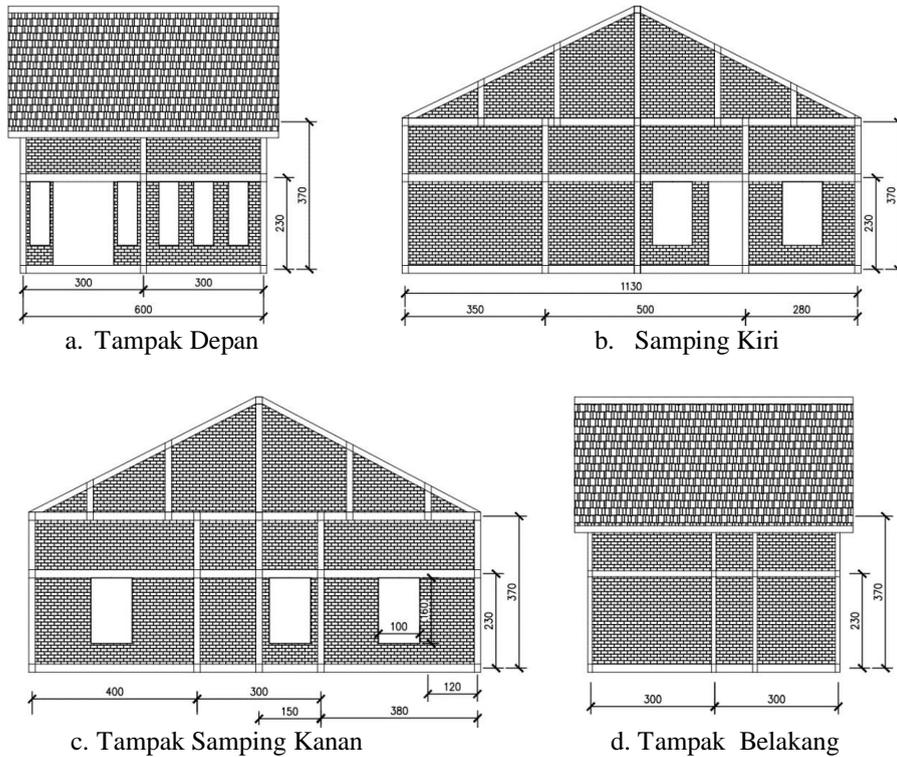
Bangunan Non-Engineered Building (NEB) adalah bangunan-bangunan yang dalam proses pendiriannya tanpa bantuan teknis perencanaan yang benar, tetapi hanya mengikuti kebiasaan dan praktek setempat. Ciri bangunan NEB pada bangunan rumah tinggal di wilayah Pacitan antara lain menggunakan tulangan polos, diameter pembesian yang tidak sesuai pedoman perencanaan bangunan tahan gempa (SNI 1726:2019, 2019), jarak sengkang yang tidak memadai, detail joint yang tidak memenuhi syarat, pencampuran beton yang tidak terukur, serta pengecoran beton yang buruk (Kristiawan et al., 2023). Struktur Non-Engineered Building (NEB) sangat rapuh karena berbagai tingkat kerusakan dapat terjadi pada level drift ratio yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan batas yang ada pada code struktur yang ada (Kristiawan et al., 2024).

Makalah ini bertujuan untuk melakukan analisis bangunan Non-Engineered Building (NEB) dengan membandingkan bangunan NEB tanpa dinding pengisi terhadap NEB dengan dinding pengisi. Analisis dilakukan dengan bantuan program *seismostruct* dengan melakukan modeling struktur sesuai dengan data yang ada di lapangan.

2. MODEL STRUKTUR

Struktur Non-Engineered Building (NEB) yang ditinjau seperti tampak pada Gambar 1 adalah rumah sederhana yang berlokasi di Desa Kendal, Kecamatan Punung, Kabupaten Pacitan. Dimensi bangunan yang ditinjau berukuran panjang 11,30 meter dan lebar 6 meter. Untuk tinggi total bangunan yaitu 3,70 meter. Pemodelan struktur ini dilakukan dengan menggunakan software *seismostruct*. Analisis ini dilakukan dengan cara analisa *static pushover*. Bentuk dari bagian elemen balok dan kolom sesuai dengan kondisi riil di lapangan dengan dimensi balok 11x15 cm dan kolom 11x11 cm. Hasil pengujian mutu nilai kuat tekan beton 3,96 MPa ($K_{47,71}$) dan Tegangan Luluh baja berada pada nilai 4120,84 kg/cm² (404,12 MPa). Bentuk dan mutu elemen ini menunjukkan bahwa struktur termasuk kategori

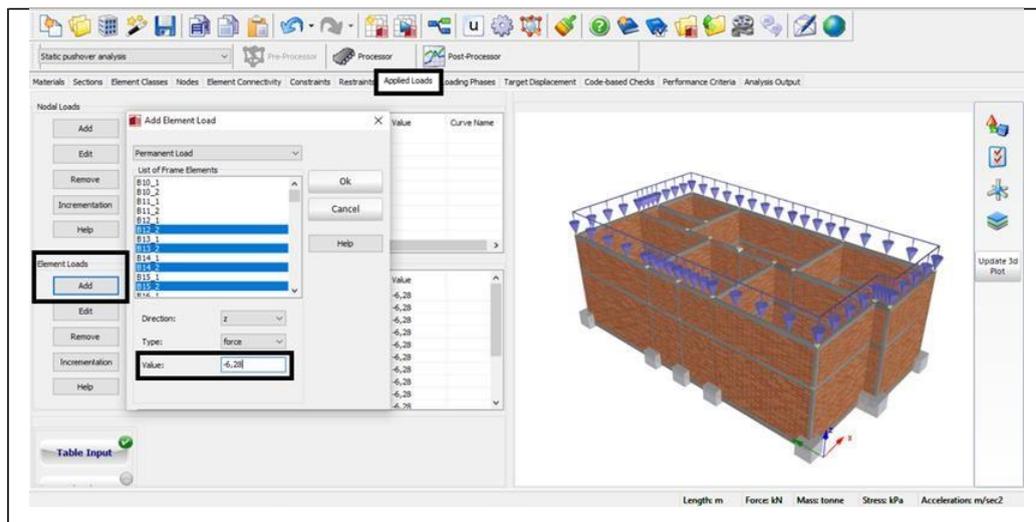
Non-Engineered Building (NEB).



Gambar 1. Gambar struktur NEB yang ditinjau.

Pemodelan struktur dilakukan dengan sistem struktur rangka tanpa dan dengan dinding pengisi (*infill frame*), bentuk rangka 3 dimensi ini dibuat dengan program *seismostruct* seperti tampak pada Gambar 2, untuk dapat mengetahui perbedaan antara NEB tanpa dinding pengisi dan dengan dinding pengisi. Setelah melakukan pemodelan, selanjutnya menginput data pembebanan kedalam program *seismostruct*. Setelah pemodelan struktur dan pemasangan data struktur sesuai dengan material dan spesifikasi yang digunakan selesai dilakukan, serta pembebanan juga telah diinput kedalam program *seismostruct*, maka tahapan selanjutnya yaitu melakukan analisis struktur (*run analisis*).

Run analisis dilakukan untuk melakukan perhitungan dalam menentukan gaya-gaya dalam dan respon struktur yang terjadi. Perhitungan dilakukan berdasarkan standar masing-masing yang berkaitan seperti hitungan untuk pengaruh beban gempa yang didasarkan pada tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung, yang dimana pada penelitian ini mengacu pada (SNI 1726:2019). Setelah analisis data selesai dilakukan selanjutnya akan memperoleh output dari analisis tersebut yang selanjutnya dapat dibuat kesimpulan sesuai dari output tersebut



Gambar 2. Model Struktur NEB dalam Seismostruct

3. ANALISIS PUSHOVER

Hasil analisis pushover yaitu kurva kapasitas yang menunjukkan perilaku struktur yang menghubungkan antara perpindahan atap (*roof displacement*) pada sumbu X dalam satuan meter (m) dan gaya geser dasar (*base shear*) pada

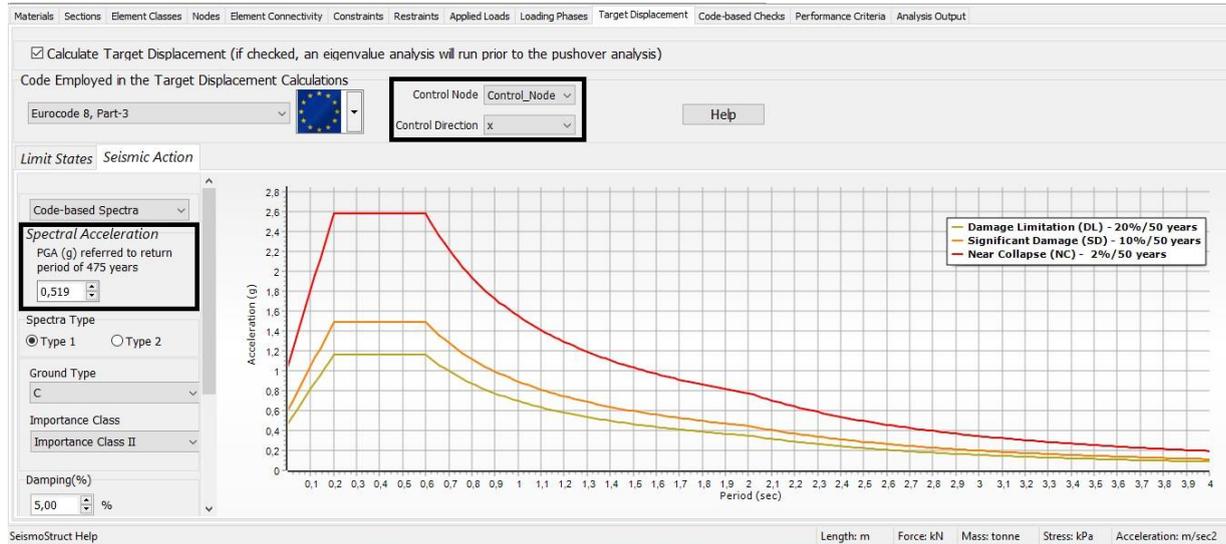
sumbu Y dalam satuan (kN). Hasil kurva kapasitas dari analisis pushover untuk model struktur dengan batas kerusakan berdasarkan *performance criteria SeismoStruct*. Adapun tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam melakukan analisis static pushover dalam program *seismostruct*, yaitu sebagai berikut:

Loading phases

Penentuan target displacement pada *seismostruct* merupakan langkah penting sebelum dilakukan running analysis. Pada tahap ini beban akan ditingkatkan sampai titik keruntuhan struktur tercapai. Oleh karena itu, dibutuhkan nilai kunci yaitu berapa kali struktur akan diberikan dorongan beban lateral (*steps*) dan sejauh apa struktur akan didorong atau bisa disebut dengan target perpindahan. Pada *seismostruct*, tahap ini masuk kedalam fase "*loading phases*".

Control node pada target displacement

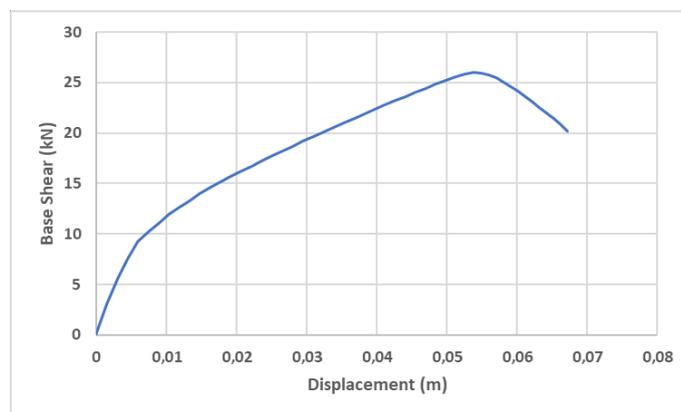
Pada tahap ini menentukan *control node* yang sesuai atau harus sama dengan analisis output pada *seismostruct*. Selain itu juga menentukan nilai Peak Ground Acceleration (PGA). Nilai PGA didapat dari website RSA Cipta Karya dengan nilai PGA pada daerah Kendal, Pacitan, yaitu 0,519.



Gambar 3. Penentuan Control Node dan PGA

Kurva kapasitas

Setelah dilakukan tahap pre-processor sebelumnya, selanjutnya masuk ke tahap processor yang dimana pada tahap ini kita dapat melakukan running analysis dari model yang telah dibuat. Berdasarkan hasil running analysis terhadap struktur yang telah dimodelkan, terdapat output berupa kurva kapasitas, yang dimana kurva kapasitas ini merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara beban lateral yang dapat ditahan oleh struktur (*base shear*) dan perpindahan lateral yang dialaminya (*displacement*). Adapun kurva kapasitas hasil dari analisis static pushover dengan program *seismostruct* dapat dilihat pada Gambar 4 untuk bangunan NEB tanpa dinding pengisi. Analisa juga dilakukan pada model bangunan NEB dengan dinding pengisi.



Gambar 4. Kurva Kapasitas bangunan NEB tanpa dinding pengisi

4. SPEKTRUM KAPASITAS

Setelah didapatkan kurva kapasitas dari hasil analisis static pushover, selanjutnya kurva kapasitas tersebut diubah menjadi spektrum kapasitas dengan format ADRS (*Acceleration Displacement Response Spectrum*). Spektrum kapasitas menggambarkan hubungan antara *spectra displacement* (S_d) dan *spectra acceleration* (S_a) yang terjadi saat

struktur menerima percepatan tanah tertentu.

Perhitungan nilai α_1 dan PF1

Sebelum dilakukan konversi kurva kapasitas menjadi spektrum kapasitas perlu dilakukan eigenvalue analisis untuk mengetahui massa struktur. Massa struktur akan dihitung secara otomatis pada seismostruct dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Massa pada Struktur yang ditinjau

Lantai	Massa (m)	Berat (W) (m x 9,81)
Roof	57,994	568,929
Lantai dasar	13,903	136,391
Total	71,898	705,321

Setelah didapat massa dan berat struktur dari analisis eigenvalue, selanjutnya dapat mengubah kurva kapasitas menjadi spektrum kapasitas dalam format ADRS (Acceleration Displacement Response Spectrum) seperti Tabel 2.

Tabel 2. Konversi ke ADRS

Lantai	W (kN)	m	ϕ	ϕ^2	m x ϕ	m x ϕ^2
Roof	568,9299	57,9949	0,000548	0,000000301	0,031807	0,0000174
Lantai dasar	136,3913	13,9033	0,000433	0,000000187	0,006016	0,0000026
Σ	705,3213	71,89819	0,000981	0,000000488	0,037822	0,0000200

Selanjutnya dilakukan perhitungan α_1 dan PF1 sebagai parameter untuk mengubah kurva kapasitas menjadi spektrum kapasitas. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$\alpha_1 = \frac{(m \times \phi)^2}{(m \times \phi^2) \times m}$$

$$= \frac{(0,037822)^2}{0,0000200 \times 71,89819}$$

$$= 0,992502$$

$$PF1 = \frac{(m \times \phi)}{(m \times \phi^2)}$$

$$= \frac{(0,037822)}{(0,0000200)}$$

$$= 1886,696$$

$$PF1 \times \phi_{roof} = 1886,696 \times 0,000548$$

$$= 1,03474$$

Konversi ke spektrum kapasitas

Setelah didapat nilai α_1 dan PF1, selanjutnya dapat melakukan perhitungan konversi dari kurva kapasitas (displacement - base shear) menjadi spektrum kapasitas (spectral displacement - spectral acceleration) berdasarkan teori dalam ATC-40. Adapun perhitungan S_a dan S_d sebagai berikut:

$$S_d = \frac{\Delta_{roof}}{PF1 \times \phi_{roof}}$$

$$= \frac{0,00048814}{1,03474}$$

$$= 0,000472$$

$$S_a = \frac{V/W}{\alpha_1}$$

$$= \frac{18,2009/705,3213}{0,992502}$$

$$= 0,026$$

dengan :

PF1 = Faktor partisipasi ragam untuk ragam 1

α_1 = Koefisien massa ragam untuk ragam 1

V = Gaya geser dasar

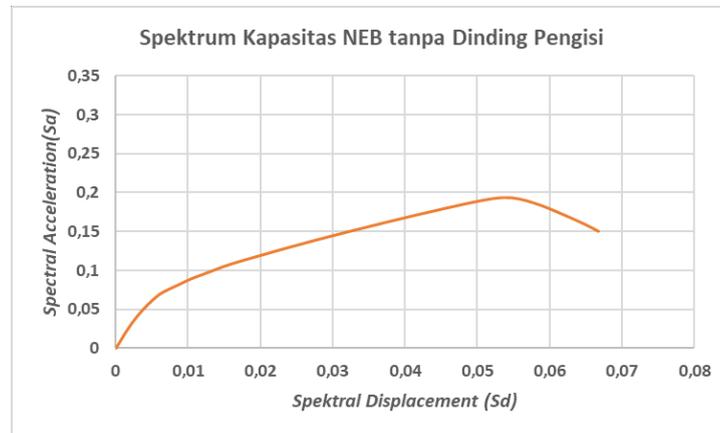
W = Berat struktur

Δ_{roof} = Perpindahan atap

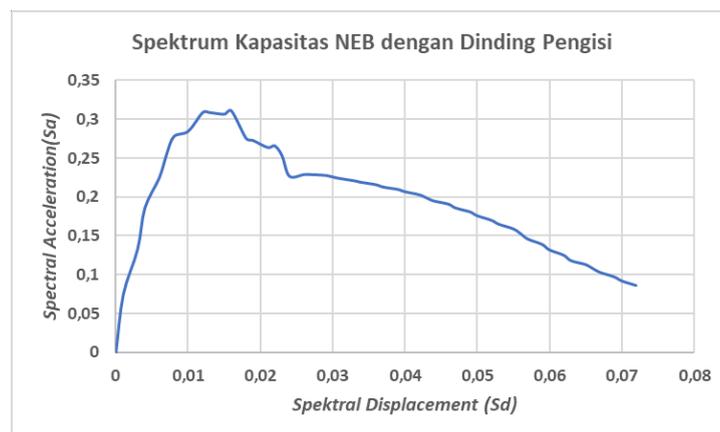
Sd = Spektrum perpindahan

Sa = Spektrum percepatan

Setelah dihitung Sd dan Sa hingga step 50, maka diperoleh hasil kurva spektrum kapasitas seperti yang tertera pada Gambar 5 dan Gambar 6 berikut ini.

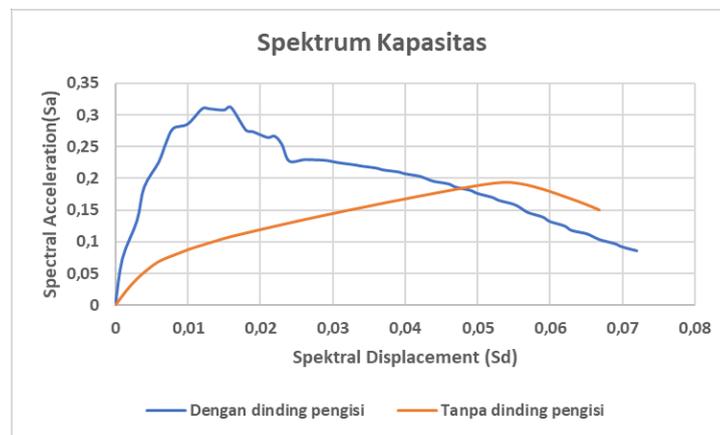


Gambar 5. Spektrum Kapasitas Bangunan NEB tanpa Dinding Pengisi



Gambar 6. Spektrum Kapasitas Bangunan NEB dengan Dinding Pengisi

Berdasarkan spektrum kapasitas pada gambar 5, dapat diketahui nilai dengan *spectral acceleration* (Sa) maksimum sebesar 0,194 yang terjadi pada *spectral displacement* (Sd) 0,053 pada struktur eksisting bangunan NEB tanpa Dinding Pengisi. Sedangkan berdasarkan hasil spektrum kapasitas pada Gambar 6 dapat diketahui nilai *spectral acceleration* (Sa) maksimal sebesar 0,311 yang terdapat pada *spectral displacement* (Sd) 0,016 untuk bangunan NEB dengan dinding pengisi. Dari Gambar 5 dan Gambar 6 kemudian dapat dilakukan perbandingan nilai Spektrum Kapasitas untuk bangunan NEB tanpa dinding pengisi dan NEB dengan dinding pengisi seperti tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan Spektrum Kapasitas Bangunan NEB

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, didapatkan perbedaan nilai kurva spektrum kapasitas. Tampak perbedaan bentuk Spektrum Kapasitas Bangunan NEB tanpa dinding pengisi jika dibandingkan dengan NEB dengan dinding pengisi. Nilai *spectral acceleration* (S_a) maksimal pada bangunan NEB dengan dinding pengisi lebih tinggi jika dibandingkan dengan bangunan NEB tanpa dinding pengisi pada posisi *spectral displacement* (S_d) yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa dinding pengisi dapat memberikan pengaruh kekakuan pada bangunan NEB.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahsani, M. (2023). *Jalur Ring of Fire Butuh Bangunan Tahan Gempa*. <https://radarmadiun.jawapos.com/pacitan/801717977/jalur-ring-of-fire-butuh-bangunan-tahan-gempa>
- Almufid, A., & Hidayah, S. (2019). Perencanaan Struktur Atas Gedung Hunian 12 Lantai Menggunakan SRPMK. *Jurnal Teknik*, 8(2). <https://doi.org/10.31000/jt.v8i2.2229>
- Bastian, E. (2020). Analisis Pengaruh Infilled Frame Terhadap Displacement Analysis the Effect of Infilled Frame To Displacement Frame Structure. *Jurnal Penelitian Dan Kajian Ilmiah Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*, XIV(01), 52–59.
- Benjamin Lumantarna, Iksan Gunawan, & Eka Wijaya. (2004). Keandalan Analisa Pushover Untuk Meramal Prilaku Seismik Nonlinier Struktur Portal Terbuka Dengan Reentrant Corner. *Civil Engineering Dimension*, 6(1), 1–6. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/civ/article/view/15580>
- Kristiawan, S. A., Safarizki, H. A., Purwanto, E., Sangadji, S., Trisnawan, A. D., & Nugroho, T. S. (2024). Damage State of Non-Engineered Residential Buildings Owing To Earthquakes: a Case Study in Pacitan Regency, Indonesia. *Civil and Environmental Engineering*, 20(1), 426–439. <https://doi.org/10.2478/cee-2024-0033>
- Kristiawan, S. A., Safarizki, H. A., Purwanto, E., Sangadji, S., Trisnawan, A. D., & Nugroho, T. S. (2023). Penentuan Batasan Tingkat Kerusakan Seismik Pada Bangunan Non-Engineered di Pacitan. *KoNTekS Ke-17 Balikpapan*, 558–568.
- Mamesah, H. Y., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2014). Analisis Pushover pada Bangunan dengan Soft First Story. *Jurnal Sipil Statik*, 2(4), 214–224.
- Pascanawaty, M. S., Ernawati, A., Tech, S. T. M., Teknik, S. F., & Mataram, U. M. (2020). Analisis Perkuatan Struktur Kerangka Abngunan Bertingkat terhadap Beban Gempa dengan Infilled Frame. *Ulul Albab*, 24(2), 80–90.
- Pramudhita, G., & Buwono, H. K. (2019). Analisis Nonlinier Static Pushover Struktur Gedung Bertingkat Soft Story Dengan Menggunakan Material Beton Bertulang Dan Beton Prategang Pada Balok Bentang

Panjang. *Jurnal Konstruksia*, 10(2), 95–106.

Safarizki, H. A., Kristiawan, S. A., & Basuki, A. (2013). Evaluation of the Use of Steel Bracing to Improve Seismic Performance of Reinforced Concrete Building. *Procedia Engineering*, 54, 447–456. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.03.040>

Sudarsana, I. K., Widiarsa, I. B. R., Negara, M. K. A., & Wirawan, I. P. A. P. (2023). Pengaruh Dinding Bata Bertulang Terhadap Kinerja Struktur Rangka Dengan Dinding Pengisi (Infilled Frame). *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil Dan Teknik Informasi*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.38043/telsinas.v6i1.4224>

Sultan, M. A. (2016). Evaluasi Struktur Beton Bertulang. *Jurnal Sipil Sains*, 06, 1–8.

Utami, A. M. D. (2019). Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Metode Respon Spectrum Ditinjau pada Drift dan Displacement Menggunakan Software ETABS. *Jurnal Infrastruktur*, 4(1), 65–71. <https://doi.org/10.35814/infrastruktur.v4i1.721>