

ANALISIS STATIK NON LINIER UNTUK MENENTUKAN KAPASITAS SEISMIK GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN DAN TANPA PENGARUH DINDING BATA

Salsa Fadilla Hidayati^{1*}, Maidiawati², Syafri Wardi³

^{1*}Mahasiswa Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institute Teknologi Padang, Padang.
Email: 2019210112.salsa@itp.ac.id

²Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Padang.

³Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Padang.

ABSTRACT

This research analyzes the contribution of brick walls to the seismic capacity of reinforced concrete buildings using the pushover method. The Padang State University library building is a building that survived the September 2009 earthquake. This building was analyzed by modeling it in two conditions, first without wall contribution and second with wall contribution using seismobuild. Seismic capacity is expressed in the relationship between strength index and ductility index. As a result, the building model without walls in the X direction has a strength index of 0.30 and in the Y direction it is 0.30, the building model with walls in the X direction has a strength index of 0.31 and in the Y direction it is 0.32. Padang State University library building has sufficient strength and ductility index values for earthquake-prone areas so that it was able to withstand the earthquake on September 30 2009.

Keywords : Seismic capacity, wall influence, pushover analysis

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis kontribusi dinding bata terhadap kapasitas seismik gedung beton bertulang dengan metode pushover, gedung perpustakaan Universitas Negeri Padang merupakan gedung yang bertahan ketika gempa September 2009. Gedung ini di analisis dengan dimodelkan dalam dua kondisi, pertama tanpa kontribusi dinding dan kedua dengan kontribusi dinding menggunakan seismobuild. Kapasitas seismik dinyatakan dalam hubungan indeks kekuatan dan indeks daktilitas. Sebagai hasilnya permodelan gedung tanpa dinding pada arah X memiliki indeks kekuatan 0.30 dan pada arah Y sebesar 0.30, pada permodelan gedung dengan dinding pada arah X memiliki indeks kekuatan 0.31 dan pada arah Y sebesar 0.32. Gedung perpustakaan Universitas Negeri Padang memiliki nilai indeks kekuatan dan daktilitas yang cukup untuk daerah rawan gempa sehingga mampu bertahan ketika gempa pada 30 September 2009.

Kata Kunci : Kapasitas seismik, pengaruh dinding, pushover analysis

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan peristiwa pergerakan lapisan kerak bumi yang terjadi akibat pelepasan energi dari bawah permukaan secara tiba-tiba sehingga terciptanya gelombang seismik. Salah satu provinsi di Indonesia yang pernah mengalami gempa besar yaitu Sumatera Barat dengan pusat gempa di Kota Padang, berdasarkan informasi pada pukul 17:16:10 WIB tanggal 30 September 2009 gempa dengan kekuatan magnitudo 7.6 berpusat di Selat Mentawai 50 Km barat laut Kota Padang (Wikipedia

gempa bumi Sumatera Barat, 2009). Berdasarkan peristiwa ini mengakibatkan kerusakan pada infrastruktur seperti jalan, jembatan, dan banyaknya gedung beton bertulang mengalami rusak ringan, sedang, dan parah hingga mengalami keruntuhan. Namun juga ada beberapa gedung yang mampu bertahan akibat gempa, tersebut diasumsikan memiliki kapasitas seismik yang cukup besar untuk daerah rawan gempa seperti gedung perpustakaan Universitas Negri Padang.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *pushover analysis*. Analisis pushover ini bertujuan untuk mengevaluasi perilaku seismik struktur terhadap pembebanan gempa rencana berdasarkan kurva kapasitas yang terbentuk. Selain itu analisa ini juga dapat memberikan informasi bagian-bagian struktur mana saja yang kritis. Selanjutnya dapat diidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk pendetailan atau stabilitasnya. (Suwandi, 2019).

Dan pada penelitian ini memperhitungkan kontribusi dinding bata, bahwasanya dalam perencanaan struktur gedung beton bertulang terhadap beban gempa, pengaruh dinding bata dalam struktur rangka sering diabaikan dengan menganggapnya hanya sebagai komponen tanpa penahan beban (non-structure). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Maidiawati and agus, 2016); (Maidiawati, Sanada, Y., dan Tanjung, J. 2018); (Mardhika, A., Afifudin, M., dan Muttaqin. 2019); (Tanjung, J., dan Maidiawati. 2016.) dan (Leilany, L. 2021), dapat disimpulkan bahwa dinding bata dalam struktur rangka sangat berpengaruh karena dapat meningkatkan kapasitas seismik gedung beton bertulang. Maka perlu dilakukan evaluasi kapasitas seismik gedung beton bertulang karena gedung yang bertahan ini di asumsikan memiliki kekuatan, kekakuan, dan daktilitas yang cukup.

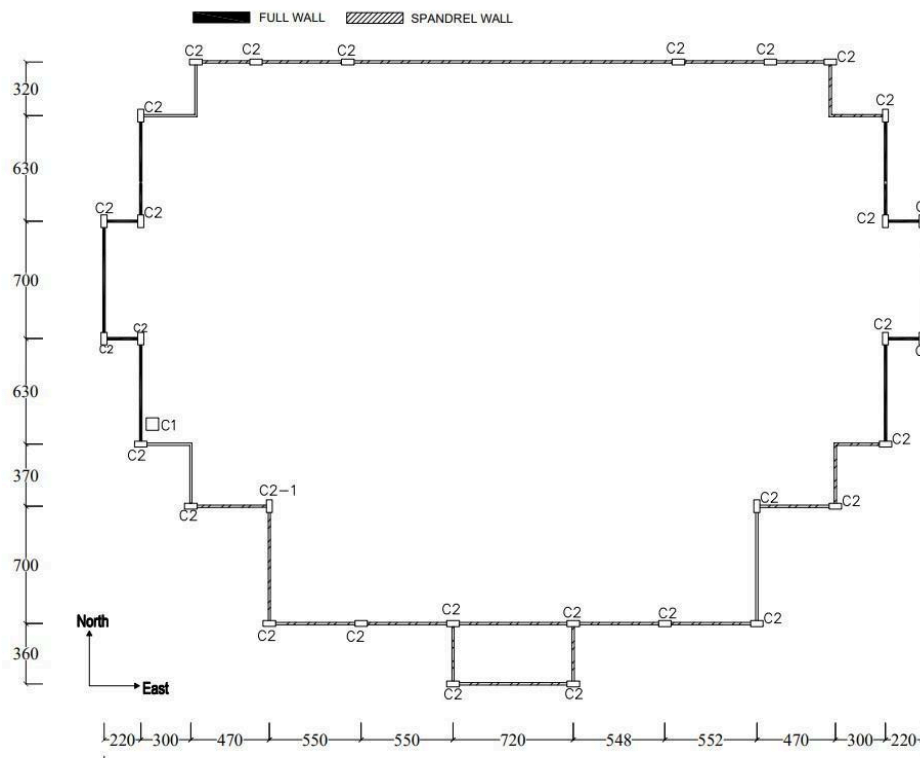
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Deskripsi Bangunan

Dalam penelitian ini akan meninjau kapasitas seismik Gedung Perpustakaan Universitas Negri Padang. Gedung Perpustakaan UNP ini terletak di Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Kecamatan Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat. Gedung ini terdiri dari 5 lantai dan berdiri pada 19 Maret 1986 yaitu didirikan jauh sebelum gempa besar melanda kota Padang. Pada **Gambar 1&2** dapat dilihat gedung perpustakaan dan denah gedung.



Gambar 1. Gedung perpustakaan Universitas Negeri Padang



Gambar 2. Denah kolom gedung perpustakaan UNP

Untuk pengambilan data kolom, balok, dan pelat seperti mutu beton karena tidak memungkinkan untuk dilakukannya uji tekan maka dilakukan pengukuran menggunakan hammer test dan diperoleh dari hasil hammer test secara validasi dipakai 80% dan diperoleh untuk data mutu beton 34.11 MPa. Untuk data mutu tulangan. Untuk data mutu tulangan karena tidak memungkinkan untuk dilakukan uji tarik pada tulangan yang terpasang pada gedung maka dilakukan pengukuran menggunakan alat profometer diperoleh data mutu tulangan utama 390 MPa dan tulangan sengkang 240 MPa.

Selanjutnya untuk pengukuran tinggi bangunan digunakan alat laser distance meter diperoleh tinggi bangunan per-lantainya 4 m dan untuk data dinding didapatkan ketebalannya 14 cm, kuat tekan mortar yang digunakan yaitu dirujuk pada jurnal *The Behaviours of the Brick-Masonry Infilled RC Frame Structure under Reversed Cyclic Lateral Loading* oleh (Maidiawati, Sanada, Y., dan Tanjung, J. 2018). Untuk kuat tekan bata yang digunakan dirujuk pada prosiding *Evaluasi Metoda Pengujian Batu Bata* oleh (Hidayat, B., Haris, S. HG, dan Apriyanto. 2015). Pada tabel 1 dapat dilihat dimensi struktur dan material pada gedung perpustakaan Universitas Negeri Padang.

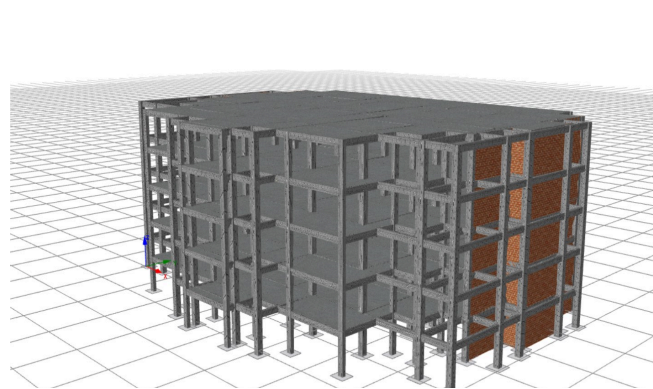
Tabel 1. Dimensi struktur dan material

Element Struktur	Dimensi (cm)	Fc'	Fy	Tul. Utama	Tul. Geser	Tul. Tarik	Tul. Tekan	Selimit Beton
Kolom	C1 60 x 60	34.11 MPa	390 MPa	14 D 22	D 12	-	-	4.0 – 6.1 cm
	C2 40 x 60				D 12			Jarak 14-19 cm
Balok	30 x 60	34.11 MPa	390 MPa	-	D 10 Jarak 25 cm	8 D 19	4 D 19	4 cm
Pelat		Tulangan arah X dan Y, D 12 jarak 20 cm						2 cm
Dinding	Panjang bata (cm)	Tinggi bata (cm)	Tebal mortar (mm)	Kuat tekan bata (MPa)	Kuat tekan mortar (MPa)	Berat jenis dinding (kN/m ³)	Tebal dinding (cm)	
	20	5	10	3.13	13.9	20	14	

Setelah data-data yang diperlukan sudah terkumpul maka selanjutnya dilakukan permodelan terhadap gedung perpustakaan Universitas Negeri Padang. Pertama sekali membuat model gedung tanpa dinding, menginput dimensi penampang serta mutu tulangan, mutu beton pada balok, kolom, dan pelat. Pada balok dan pelat dilakukan

input beban tambahan, selanjutnya buat duplikat model gedung untuk model gedung dengan dinding, dilanjutkan dengan menginputkan data terkait dinding, setelah ini adalah langkah memilih type analisis yaitu analisis static non linier dengan drift 2%, langkah terakhir yaitu melakukan run *analysis pushover* dan setelah selesai running maka akan menampilkan hasil berupa grafik kurva kapasitas (User Manual *Seisbuild*. 2012).

Permodelan struktur analisa statik non linier degan seismobuild ini berpedoman pada standar ASCE 41-17, berikut dapat dilihat pada **Gambar 3** permodelan struktur gedung dengan dinding.

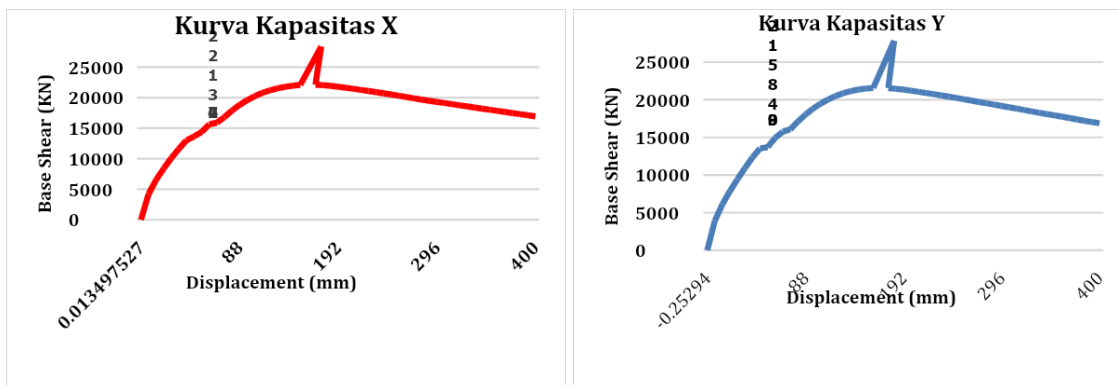


Gambar 3. Model struktur gedung dengan dinding

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kapasitas seismik gedung tanpa dinding

Kapasitas seismik dari hasil *pushover* dinyatakan dalam bentuk kurva kapasitas yaitu hubungan antara gaya geser dasar (*Base Shear*) dengan perpindahan (*Displacement*)



Gambar 4. kurva kapasitas tanpa dinding

Seperti yang terlihat pada **Gambar 4**. Kapasitas seismik gedung tanpa pengaruh dinding pada arah X memiliki kekuatan maximum yang mampu ditahan oleh struktur sebesar 22132.467 kN dan mengalami perpindahan sejauh 168 mm dan pada arah Y

memiliki kekuatan maximum yang mampu ditahan oleh struktur sebesar 21584.093 kN dan mengalami perpindahan sejauh 168 mm. untuk kekakuan dan daktilitas yang dimiliki gedung dihitung dengan persamaan berikut :

$$K = \frac{Q}{\Delta} \quad (1)$$

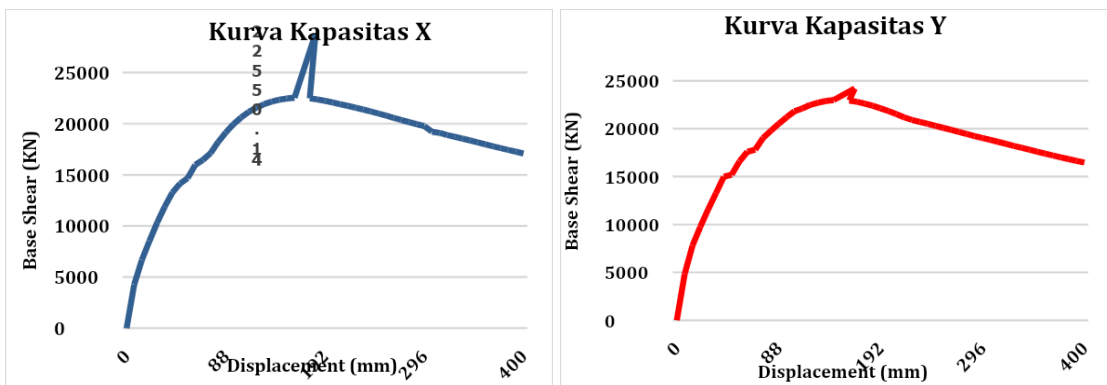
Dimana K adalah kekakuan, Q merupakan beban lateral ultimit , dan Δ displacement/perpindahan yang terjadi.

$$\mu = \frac{\Delta_u - \Delta_y}{\Delta_y} \quad (2)$$

Dimana μ adalah daktilitas, Δ_u merupakan perpindahan ultimit , dan Δ_y perpindahan leleh.

Kekakuan yang dimiliki struktur gedung tanpa dinding ini sebesar 138327,9 kN/mm. Dalam perhitungan daktilitas adalah menggunakan titik pada saat mengalami sendi plastis pertama arah X di saat gaya sebesar 22132,467 kN dengan displacement 160 mm, berdasarkan persamaan (2) daktilitas struktur gedung ini sebesar 1.50. Pada arah Y memiliki kekakuan sebesar 128476,7 kN/mm, dalam perhitungan daktilitas adalah menggunakan titik pada saat mengalami sendi plastis pertama arah Y di saat gaya sebesar 21584.093 kN dengan displacement 168 mm, berdasarkan persamaan (2) daktilitas struktur gedung ini sebesar 1.38.

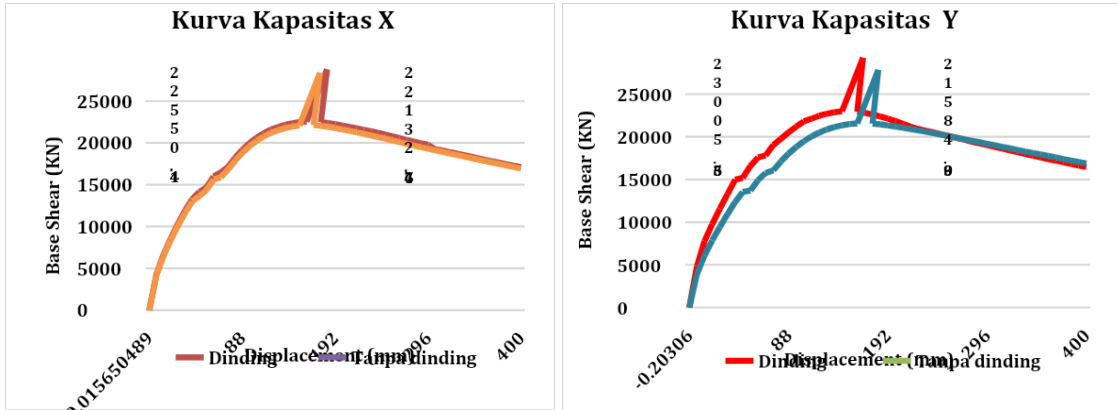
Kapasitas seismik gedung dengan dinding



Gambar 5. Kurva kapasitas dengan dinding

Seperti yang terlihat pada **Gambar 5**. kapasitas seismik gedung dengan pengaruh dinding pada arah X memiliki kekuatan maximum yang mampu ditahan oleh struktur sebesar 22550,144 kN dan mengalami perpindahan sejauh 168 mm, berdasarkan persamaan (1) kekakuan struktur gedung dengan dinding ini sebesar 134227,05 kN/mm. Dalam perhitungan daktilitas adalah menggunakan titik pada saat mengalami sendi plastis pertama arah X di saat gaya sebesar 22885, 509 kN dengan displacement 136 mm, berdasarkan persamaan (2) daktilitas struktur gedung dengan dinding ini sebesar 2.33.

Pada arah Y memiliki kekuatan maximum yang mampu ditahan oleh struktur sebesar 23005.36 kN dan mengalami perpindahan sejauh 152 mm, berdasarkan persamaan (1) kekakuan struktur gedung dengan dinding ini sebesar 151351,0855 kN/mm. Dalam perhitungan daktilitas adalah menggunakan titik pada saat mengalami sendi plastis pertama arah Y di saat gaya sebesar 21575, 15 kN dengan displacement 120 mm dan berdasarkan persamaan (2) daktilitas struktur gedung dengan dinding ini sebesar 1.94.



Gambar 6. Kurva kapasitas gabungan arah x dan y

Berdasarkan **Gambar 6** kurva gabungan arah X dapat di lihat perbandingan antara kurva kapasitas dengan pengaruh dinding dan tanpa dinding, kapasitas gedung tanpa dinding mengalami perpindahan (*Displacement*) 160 mm yang mampu menahan gaya geser dasar 22132,467 kN sedangkan permodelan gedung dengan dinding mengalami perpindahan pada 168 mm dan mampu menahan 22550,144 kN, permodelan gedung dengan dinding pada arah X meningkat kekuatannya sebesar 2%. Mengapa pada arah X dengan dinding dan tanpa dinding hampir sama saat menerima beban geser dasar, karena memiliki rasio penampang dinding terhadap luas lantai sebesar 0.08% .

Pada arah Y dapat di lihat perbandingan antara kurva kapasitas dengan pengaruh dinding dan tanpa dinding, kapasitas gedung tanpa dinding mengalami perpindahan (*Displacement*) 168 mm yang mampu menahan beban 22550,144 kN sedangkan permodelan gedung dengan dinding mengalami perpindahan pada 152 mm dan mampu menahan beban 23005,365 kN, permodelan gedung dengan dinding pada arah Y meningkat kekuatannya sebesar 7%, dan memiliki rasio penampang dinding terhadap luas lantai sebesar 0.36%.

Hubungan Indeks Kekuatan dan Indeks Daktilitas

Dari kurva kapasitas dapat dikonversi menjadi kurva hubungan indeks kekuatan dan indeks daktilitas. Untuk mendapatkan nilai indeks kekuatan dan indeks daktilitas dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

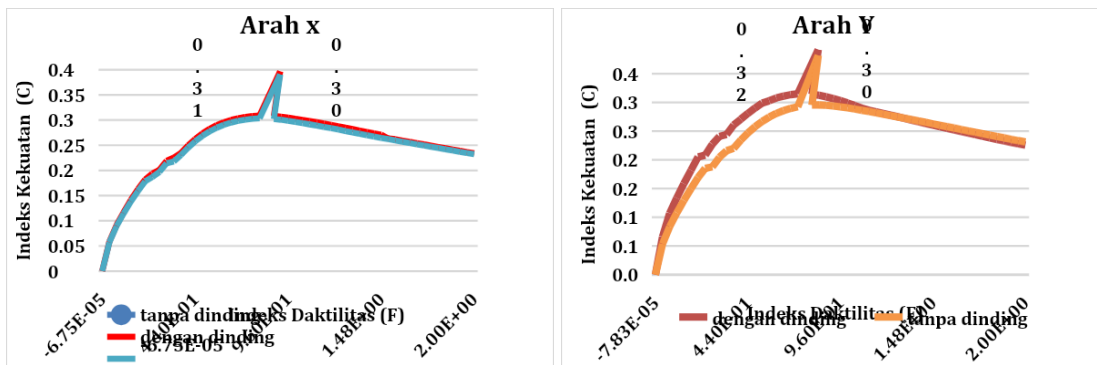
$$C = \frac{Q_u}{W} \tag{3}$$

Dimana simbol C adalah kekuatan, Qu simbol beban ultimit, dan W adalah berat total bangunan

$$F = \frac{\delta}{L} \times 100 \quad (4)$$

Dimana simbol F adalah daktilitas, δ merupakan simbol displacement, dan L adalah simbol tinggi total bangunan.

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 2 dan 3, dapat dilihat kurva indeks kekuatan dan indeks daktilitas pada **Gambar 7**.

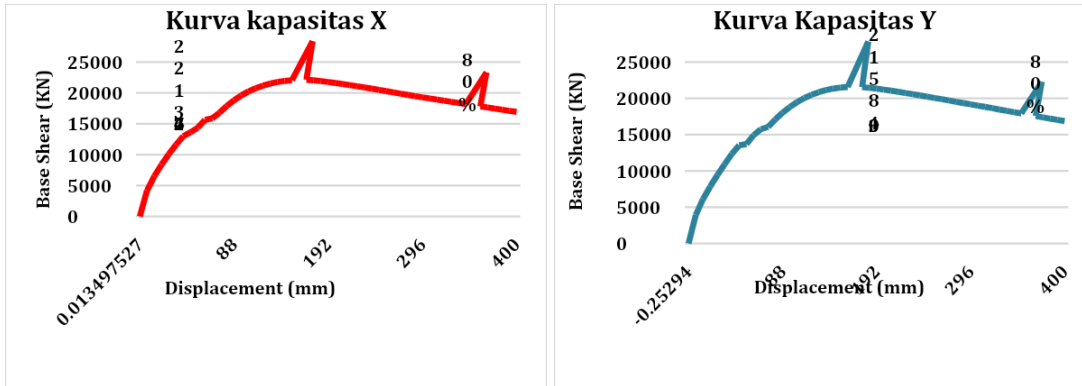


Gambar 7. Kurva hubungan indeks kekuatan dengan indeks daktilitas

Seperti yang terlihat pada **Gambar 7** Sepindeks kekuatan dan daktilitas ini menunjukkan bahwa gedung dengan pengaruh dinding pada arah X memiliki indeks kekuatan lateral 0.31 pada arah Y 0.32 dan gedung tanpa dinding pada arah X memiliki indeks kekuatan lateral 0.30 pada arah Y 0.30

Dari hasil analisa diatas gedung tersebut dapat bertahan karena memiliki nilai indeks kekuatan lateral yang tinggi. Hal tersebut dapat dibandingkan dengan Penelitian evaluasi kapasitas seismik yang telah dilakukan oleh (Maidiawati and Sanada, 2008), dimana penelitian ini dilakukan evaluasi kapasitas seismik pada gedung yang ambruk dan gedung yang bertahan atau mengalami kerusakan ringan saat gempa 2007 di pulau Sumatra. Dari analisa tersebut di dapatkan nilai indeks kekuatan lateral untuk gedung yang runtuh sebesar 0.155, dan nilai indeks kekuatan lateral untuk gedung yang bertahan sebesar 0.255 (*Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2018*). Dapat disimpulkan bahwasanya gedung ini bertahan karena memiliki kapasitas seismik yang cukup layak untuk daerah rawan gempa.

Deformasi *Capacity* tanpa dinding

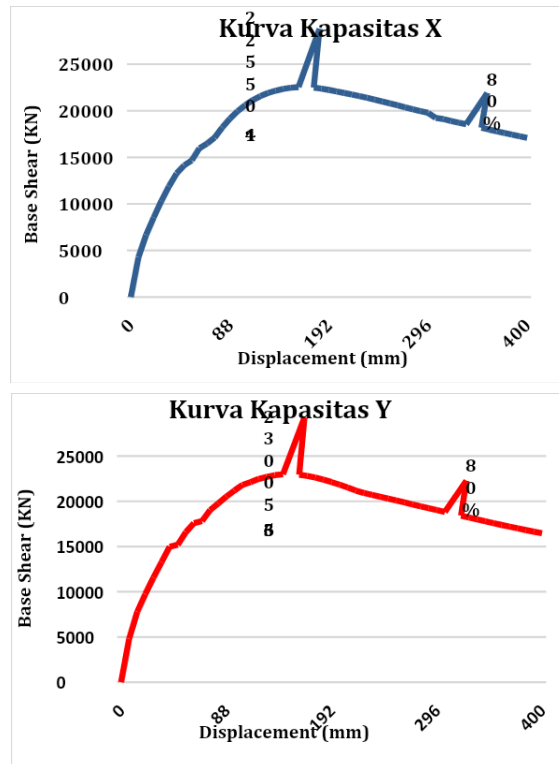


Gambar 8. Kurva deformasi kapasitas

Seperti yang terlihat pada **Gambar 8** deformasi *capacity* yang didefinisikan sebagai deformasi dimana kekuatan pasca puncak turun hingga 80% dari kekuatan puncaknya, dirujuk dari pada penelitian terdahulu oleh (Maidiawati, Sanada, Y, Konishi and Tanjung, 2018).

Deformasi *capacity* yang ditunjukkan pada garis putus-putus, gedung tanpa dinding memiliki kekuatan maksimum pada arah X sebesar 22.132,47 kN pada displacement 160 mm deformasi *capacity* yaitu 80% kekuatan dari puncaknya terjadi pada saat 350 mm dan kekuatan menurun pada saat menahan gaya geser dasar 17.705 kN. Sementara pada arah Y memiliki kekuatan maksimum sebesar 21.584,09 kN pada displacement 168 mm, deformasi *capacity*-nya yaitu 80% kekuatan dari puncaknya terjadi pada saat displacement 360 mm dan kekuatan menurun pada saat menahan gaya geser dasar 17.267 kN.

Deformasi *Capacity* dengan dinding



Gambar 9. Kurva deformasi capacity

Pada **Gambar 9** dapat dilihat kapasitas deformasi struktur gedung dengan dinding memiliki kekuatan maksimum pada arah X sebesar 22550,144 kN pada displacement 168 mm deformasi capacity yaitu 80% kekuatan dari puncaknya terjadi pada saat 345 mm dan kekuatan menurun pada saat menahan beban lateral 18.040 kN.

Sementara pada arah Y memiliki kekuatan maksimum sebesar 23.005,36 kN pada displacement 152 mm, deformasi capacity-nya yaitu 80% kekuatan dari puncaknya terjadi pada saat displacement 310 mm dan kekuatan menurun pada saat menahan gaya geser dasar 18.404 kN.

4. KESIMPULAN

Gedung perpustakaan Universitas Negeri Padang dengan pengaruh dinding memiliki indeks kekuatan yang tinggi, begitu pula sebaliknya gedung tanpa pengaruh dinding juga memiliki indeks kekuatan yang tinggi bisa dibilang hampir sama, karena rasio penampang dinding terhadap luas lantai sedikit, akan tetapi sedikitnya rasio dinding terhadap luas lantai juga dapat meningkatkan kekuatan terhadap gedung. Dibandingkan dengan jurnal yang membahas gedung runtuh, gedung ini memiliki indeks kekuatan yang lebih tinggi, oleh karena itu gedung mampu bertahan pada gempa 30 September 2009.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Hidayat, B., Haris, S. HG, dan Apriyanto. 2015. *Evaluasi Metoda Pengujian Batu Bata*. Prosiding 2nd Andalas Civil Engineering National Conference; Padang.
- Leilany, L. 2021. *Analisis Kapasitas Seismik dengan dan tanpa dinding bata pada gedung beton bertulang*. Jurnal Rivet (Riset dan Inovasi Teknologi), Universitas Dharmas Andalas.
- Mardhika, A., Afifudin, M., dan Muttaqin. 2019. *Kontribusi dinding bata terhadap kinerja struktur space frame dengan metode pushover*. Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan (JARSP), Universitas Syiah Kuala.
- Maidiawati dan Agus. 2016. *Metoda Evaluasi Kapasitas Seismik Gedung Beton Bertulang Eksisting dengan aplikasi Model dinding bata*. Jurnal Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Vol. 23 No. 1. Pp. 19-29.
- Maidiawati, Sanada, Y., dan Tanjung, J. 2018. *The Behaviours of the Brick-Masonry Infilled RC Frame Structure under Reversed Cyclic Lateral Loading*. Internasional Journal on Advanced Science Engineering Information technology, Vol. 8 No. 6. Pp. 2428-2434.
- Maidiawati dan Sanada, Y. 2008. *Investigation and Analysis of Buildings Damaged during the September 2007 Sumatra, Indonesia Earthquakes*. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Vol. 7 No. 2. Pp 371-378.
- Maidiawati, Tanjung, J., Hayati, Y., Agus, dan Rangga, S. 2020. *Seismic performance of brick masonry infilled frame structures with bed joint reinforcements*. E3S Web Conferences, Vol. 156.
- Seismobuild. 2012. *User Manual Seismobuild*. Seismobuild, Pp 1-148.
- Suwandi, H. P., 2019. *Analisis Gempa Non-Linear Static Pushover dengan metode ATC-40 untuk Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung*. Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (Modulus), Vol. 1 No. 1.
- Tanjung, J., dan Maidiawati. 2016. *Studi Eksperimental tentang Pengaruh Dinding Bata Merah Terhadap Ketahanan Lateral Struktur Beton Bertulang*. Jurnal Teknik Sipil, Vol. 23 No. 2. Pp 99-106.
- wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi_Sumatra_Agustus_2009