

ANALISIS KAPASITAS SEISMIK GEDUNG EKSISTING BETON BERTULANG DENGAN DINDING BATA

DINDA LESTARI*, MAIDIAWATI, MUHAMMAD RIDWAN

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang. Padang, Sumatera Barat..

*Corresponding Author : ✉ dindalestari555@gmail.com

Naskah diterima : 23 April 2023. Disetujui: 26 Mei 2024. Diterbitkan : 30 Juni 2024

ABSTRAK

Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi di Indonesia dengan daerah yang sangat rawan gempa yang dapat menyebabkan kerusakan bahkan meruntuhkan gedung beton bertulang. Sehingga dilakukan evaluasi kapasitas seismik pada gedung yang terdapat di Sumatera Barat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kapasitas seismik Gedung Perkuliahan FMIPA Universitas Negeri Padang dengan memperhitungkan pengaruh dinding bata. Evaluasi berpedoman pada standar Jepang, Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Building, 2001, dengan menggunakan metode level dua. Evaluasi dilakukan hanya pada lantai satu saja di mana terjadi gaya geser terbesar pada struktur gedung dengan perhitungan pada dua arah yaitu arah Timur dan arah Utara. Kapasitas seismik dinyatakan dengan nilai indeks seismik dasar (basic seismic index) gedung, E_0 yang didapat dari hubungan kekuatan lateral dan daktilitas struktur. Sebagai hasilnya, nilai indeks dasar seismik untuk arah Utara adalah 0,48 dengan indeks kekuatan lateral 0,49 dan indeks daktilitas 1,0. Pada arah Timur nilai indeks dasar seismik adalah 0,38 dengan indeks kekuatan lateral 0,41 dan indeks daktilitas 0,92. Maka Gedung Perkuliahan FMIPA Universitas Negeri Padang memiliki kapasitas seismik yang cukup untuk bertahan ketika terjadi gempa.

Kata kunci : Kapasitas seismik, Daktilitas, Gedung beton bertulang, Indeks seismik dasar, Kekuatan lateral

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah yang sangat rawan terhadap gempa karena berada di zona tektonik yang sangat aktif, di mana tiga lempeng besar dan sembilan lempeng kecil saling bertemu. Sumatera Barat adalah salah satu wilayah yang terdampak gempa di Indonesia. Gempa terbesar di Sumatera Barat terjadi pada tanggal 30 September 2009 berkekuatan 7,6 Skala Richter. Gempa tersebut menyebabkan kerusakan yang signifikan pada bangunan publik dan perkantoran sekitar 140.000 rumah (Bothara et al., 2010). Bangunan-bangunan tersebut seperti rumah sakit M. Jamil, Hotel Ambacang, Hotel Bumi Minang, Bimbingan Belajar Gamma, pasar raya dan bangunan pendidikan. Menurut SNI 1726:2019

untuk gedung pelayanan umum seperti rumah sakit dan bangunan pendidikan dikategorikan sebagai fasilitas penting yang diharapkan memiliki kapasitas seismik yang cukup dan tidak boleh runtuh saat terjadinya gempa.

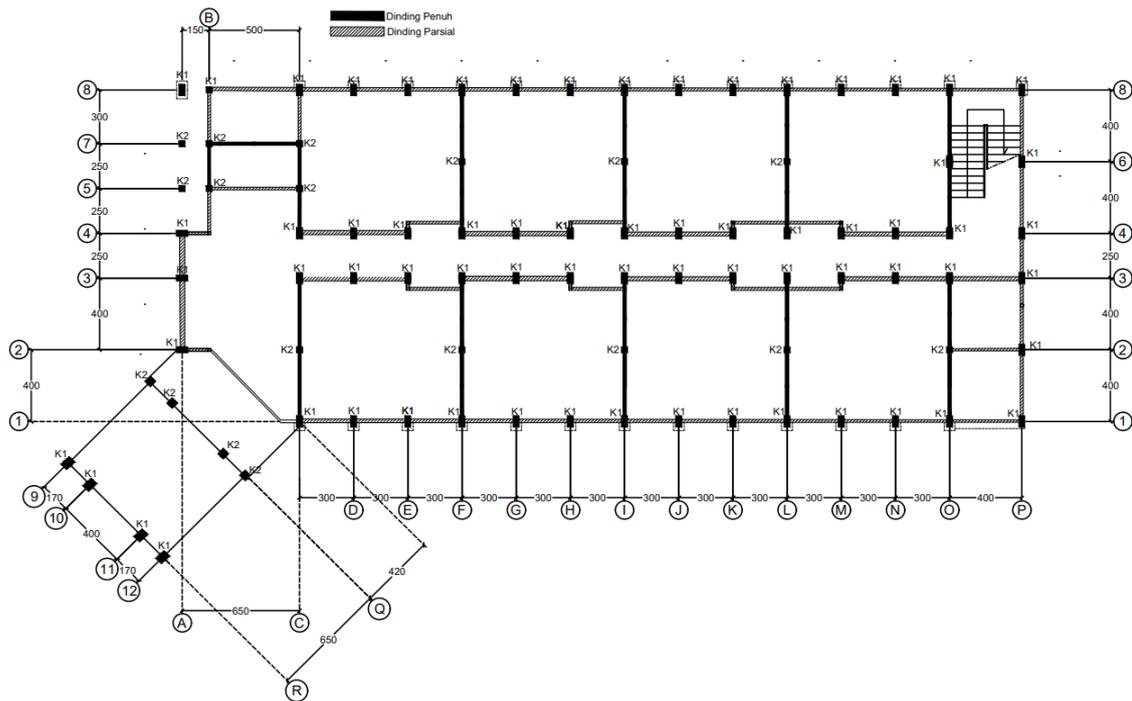
Bangunan beton bertulang di Sumatera Barat banyak menggunakan dinding bata sebagai dinding partisi dalam struktur rangkanya. Namun, dalam perencanaan struktur gedung beton bertulang dengan dinding bata biasanya diabaikan dalam menahan beban gempa. Hal ini karena dinding bata dianggap sebagai komponen tanpa penahan beban atau nonstruktural. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya ditemukan bahwa dinding bata dalam struktur rangka dapat meningkatkan kekuatan lateral struktur beton bertulang (Chaker & Cherifati, 1999). Penelitian lainnya oleh Maidiawati dan Sanada (2008) memperlihatkan bahwa dinding bata pada bangunan beton bertulang dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kinerja seismik. Menurut Leilany (2022), penggunaan dinding bata pada bangunan beton bertulang dapat meminimalisir kerusakan pada bangunan sehingga bangunan mampu menahan beban lateral seperti beban gempa.

Berdasarkan pengalaman terhadap kerusakan bangunan fasilitas penting akibat gempa, baik gedung sekolah atau bangunan pendidikan. Maka akan dilakukan evaluasi terkait kapasitas seismik gedung eksisting beton bertulang. Sehingga kerusakan yang mungkin terjadi pada bangunan dapat diprediksi jika dibebani oleh gempa. Dalam hal ini, dilakukan analisis kapasitas seismik pada gedung perkuliahan FMIPA Universitas Negeri Padang dengan mempertimbangkan pengaruh dinding bata. Berhubung Indonesia belum ada ditetapkan standar pengukuran kapasitas seismik, maka penelitian ini mengacu pada standar Jepang yaitu *Standard For Seismic Evaluation Of Existing Reinforced Concrete Building, 2001* (JBDPA, 2005).

2. METODA PENELITIAN

2.1 Deskripsi gedung

Dalam penelitian ini akan dilakukan peninjauan kapasitas seismik pada gedung perkuliahan FMIPA Universitas Negeri Padang yang beralamat di Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Kecamatan Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat. Gedung ini terdiri dari 4 lantai yang mana difungsikan sebagai gedung perkuliahan. Pada denah lantai satu yang ditunjukkan pada Gambar 1 terdapat beberapa dinding bata sebagai dinding pengisi pada struktur rangka. Ada dua tipe kolom pada gedung ini yaitu K1 dan K2 dengan masing-masing ukuran yaitu 60x40 cm dan 40x40 cm. mutu tulangan utama 390 MPa dan mutu tulangan sengkang 240 Mpa. Nilai kuat tekan dinding bata yang digunakan pada penelitian ini adalah 4,28 MPa, dimana nilai ini diambil berdasarkan pengujian langsung di labor teknik sipil Institut Teknologi Padang dengan beberapa sampel. Detail penampang kolom dan ukuran tulangan terpasang ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Tabel 1**.



Gambar 1. Denah Gedung

Tabel 1. Tulangan Kolom Terpasang

Kolom	Tulangan Utama	Senggang	Selimit Beton
K1 60 × 40 cm	20 D22	Ø10 mm – 100 mm	40 mm
K2 40 × 40 cm	12 D22	Ø10 mm – 100 mm	40 mm

2.2 Metoda Evaluasi Kapasitas Seismik Gedung Eksisting

Metoda evaluasi yang digunakan berpedoman pada standar Jepang, *Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Building, 2001*, dengan menggunakan metode level dua (JBDPA, 2005).

2.2.1 Beban Aksial Kolom

Beban aksial kolom ditentukan dari luas lantai yang dipikul oleh sebuah kolom dan berat gedung dihitung berdasarkan asumsi berat satuan luas lantai gedung sebesar 12 kN/m², berdasarkan ketentuan pada standar Jepang (JBDPA, 2005).

2.2.2 Indeks Kekuatan Kolom

Indeks kekuatan kolom (C) pada metode perhitungan level dua ini dapat dihitung dengan persamaan (1) (JBDPA, 2005).

$$C = \frac{Q_u}{\sum W} \tag{1}$$

Di mana:

Q_u = Kapasitas beban lateral *ultimate* struktur vertikal pada lantai yang ditinjau berupa nilai terkecil diantara Q_{mu} dan Q_{su} .

ΣW = Berat bangunan termasuk beban hidup untuk perhitungan seismik yang diterima oleh lantai yang ditinjau.

$$Q_{mu} = \frac{2Mu}{h_0} \quad (2)$$

$$Mu = \{0,8 \cdot \alpha_\tau \cdot \alpha_y \cdot D + 0,5 \cdot N \cdot D\} \left(1 - \frac{N}{b \cdot D \cdot F'c}\right) \quad (3)$$

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0,053 P_t^{0,23} (18 + F'c)}{M^{0,12} Q \cdot d^{0,12}} + 0,85 \sqrt{PW \cdot s\sigma_{wy}} + 0,1\sigma_0 \right\} \cdot b \cdot j \quad (4)$$

Dimana:

- α_τ = Total luas penampang dari tulangan tarik (mm^2)
- α_g = Total luas penampang dari tulangan (mm^2)
- b = Lebar penampang kolom (mm)
- D = Tinggi penampang kolom (mm)
- σ_y = Kuat tarik tulangan (N/mm^2)
- $F'c$ = Kuat tekan beton yang dinyatakan dalam satuan (N/mm^2)

2.2.3 Indeks Daktilitas

Indeks daktilitas, F merupakan deformasi tertentu yang dihitung sesuai spesifikasi struktural berdasarkan kekakuan, kekuatan, dimensi, dan tulangan (JBDPA, 2005). Kekuatan geser *ultimate* (Q_{su}) dan kekuatan lentur *ultimate* (Q_{mu}) menentukan jenis keruntuhan kolom. Tipe keruntuhan kolom dimana jika $Q_{su} / Q_{mu} > 1$ maka terjadi keruntuhan lentur, sebaliknya jika $Q_{su} / Q_{mu} < 1$ maka terjadi keruntuhan geser. Nilai indeks daktilitas untuk kolom geser ditentukan dengan persamaan (5) dan untuk kolom lentur ditentukan dengan persamaan (6) untuk untuk kasus $R_{mu} < R_y$, sedangkan untuk kasus Untuk kasus $R_{mu} \geq R_y$ ditentukan oleh persamaan (7).

$$F = 1 + 0,27 \frac{R_{su} - R_{250}}{R_y - R_{250}} \quad (5)$$

$$F = 1,0 + 0,27 \frac{R_{mu} - R_{250}}{R_y - R_{250}} \quad (6)$$

$$F = \frac{\sqrt{2R_{mu}/R_y - 1}}{0,75 \cdot \left(1 + \frac{0,05R_{mu}}{R_y}\right)} \leq 3,2 \quad (7)$$

Di mana:

- F = Indeks daktilitas
- R_y = Deformasi pada saat sudut simpangan antar lantai yang pada prinsipnya bernilai 1/150
- R_{250} = Sudut simpangan standar antar lantai bernilai 1/250
- R_{su} = Sudut simpangan yang terjadi pada saat deformasi ultimate ada kerusakan geser kolom
- $R_{mu} = (h_0 / H_0) \cdot cR_{mu} \geq R_{250}$

2.2.4 Evaluasi Dinding Bata Terhadap Kapasitas Seismik

Keberadaan dinding bata dalam struktur rangka dapat mempengaruhi kapasitas seismik gedung beton bertulang. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, seperti penelitian Maidiawati dan Witjaya (2015) dapat disimpulkan bahwa dinding bata dapat meningkatkan kapasitas seismik gedung beton bertulang. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa strut diagonal ekuivalen dengan ketebalan dan material yang sama dengan panel dinding menggantikan dinding bata dalam struktur rangka (Maidiawati dan Agus, 2016). Tegangan tekan disepanjang tinggi kontak antara dinding dan frame dianggap sebagai blok segiempat ekuivalen Persamaan (8), (9), dan (10) dapat digunakan untuk menghitung total gaya diagonal, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**(JBDPA, 2005).

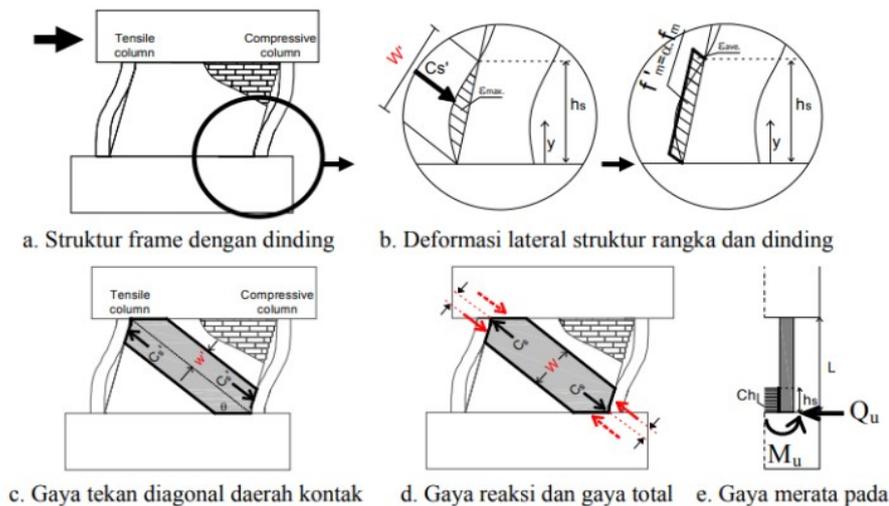
$$C_s = W \cdot t \cdot f_m \tag{8}$$

$$C_h = t \cdot f'_m \cdot \cos^2 \theta \tag{9}$$

$$FC_v = t \cdot f'_m \cdot \sin \theta \cos \theta \tag{10}$$

Di mana:

- C_s = Total gaya diagonal
- W = Lebar strut diagonal
- f_m = Kuat tekan dinding
- t = Tebal dinding
- C_h = Gaya distribusi horizontal akibat dinding pada kolom
- C_v = Gaya distribusi vertikal akibat dinding pada kolom



Gambar 2. Model Struktur Rangka dengan Dinding (Maidiawati & Sanada, 2013)

Perhitungan momen lentur ultimate bisa dihitung dengan persamaan (11) berdasarkan pada standar Jepang (JBDPA, 2005).

$$M_u = 0,8a_t\sigma D + 0,5ND\left(1 - \frac{N}{bDFc}\right) \quad (11)$$

Di mana:

- M_u = Kekuatan lentur *ultimate* kolom
 a_t = Total luas tulangan tarik
 N = Gaya aksial

Perpindahan lateral dinding dinyatakan dengan menganggap regangan geser sama dengan perpindahan lateral. Perpindahan lateral dinding dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (12) dengan mengasumsikan regangan geser yaitu seragam (JBDPA, 2005).

$${}_i\delta(y) = {}_i\theta y = \frac{c\delta(y=L)}{L} y \quad (12)$$

Titik potong yang terjadi akibat perpindahan lateral antara kolom dan dinding dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (13) dan untuk gaya geser *ultimate* dihitung dengan menggunakan persamaan (14) (JBDPA, 2005).

$${}_c\delta(y) = {}_i\delta y = \frac{c\delta(y=L)}{L} y \quad (13)$$

$$Q_u = \frac{2M_u}{L} + C_h h_s - \frac{C_h h_s^3}{3L^2} \quad (14)$$

Di mana:

- Q_u = Gaya geser ultimit pada kolom dengan pengaruh dinding
 C_h = Gaya distribusi horizontal akibat dinding pada kolom
 h_s = Tinggi kontak antara dinding dan kolom
 L = Tinggi bersih kolom
 ${}_i\delta(y)$ = Perpindahan lateral dinding
 ${}_c\delta(y)$ = Titik potong perpindahan lateral antara kolom dan dinding

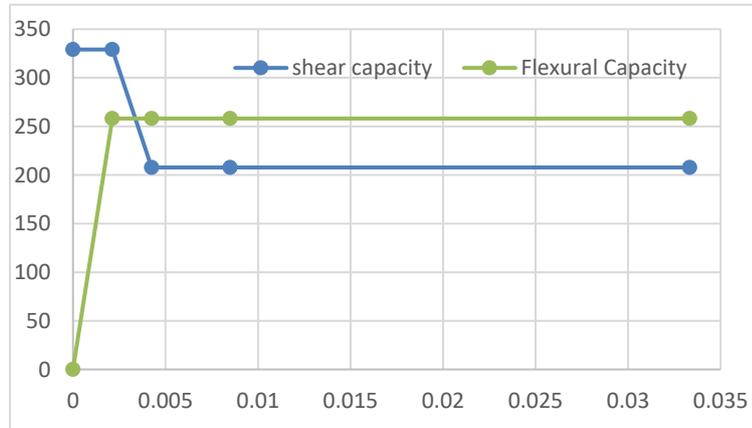
Kapasitas geser kolom dengan pengaruh dinding dapat dihitung dengan persamaan (15) (Priestley, Verma dan Xiao, 1994).

$$V_n = k\sqrt{F_c}(0,8A_g) + \frac{A_v f_y D'}{s} \cot 30^\circ + \frac{D-c}{2a} P \quad (15)$$

Di mana:

- k = Penurunan kekuatan beton
 A_g = Luas penampang kolom
 A_v = Luas penampang tulangan sengkang
 f_y = Tegangan leleh tulangan sengkang
 D' = Jarak antara pusat ke pusat dalam satu tulangan sengkang
 s = Jarak tulangan sengkang sepanjang kolom
 c = Jarak sumbu netral
 P = Gaya aksial
 a = Panjang bentang geser

Kapasitas geser kolom dengan adanya pengaruh dinding dapat dinyatakan dalam bentuk grafik dengan membandingkan antara gaya geser (shear capacity) dan kapasitas geser (flexural capacity) (Priestley et al., 1994).



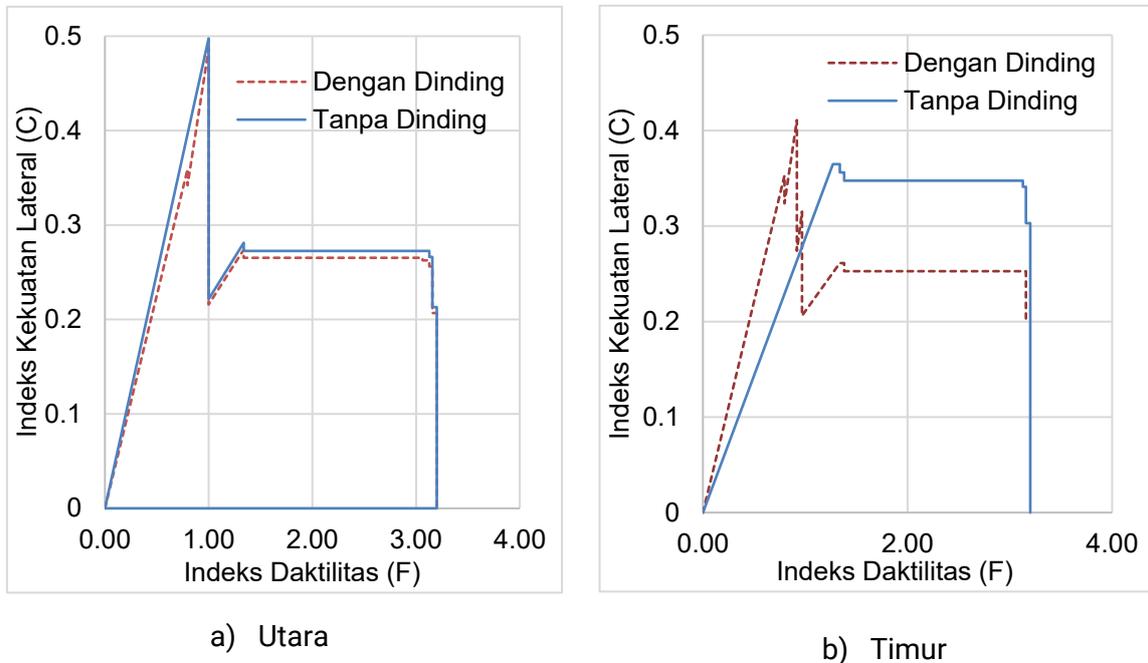
Gambar 3. Grafik Kapasitas Geser Kolom dengan Dinding

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas seismik gedung perkuliahan FMIPA Universitas Negeri Padang dievaluasi berdasarkan *Standard For Seismic Evaluation Of Existing Reinforced Concrete Building, 2001*, metode level 2. Evaluasi dilakukan pada lantai 1 karena memikul gaya geser terbesar. Perhitungan dilakukan pada dua arah yaitu arah utara dan arah timur. Hasil analisis kapasitas seismik gedung Perkuliahan FMIPA Universitas Negeri Padang dinyatakan dalam grafik hubungan indeks kekuatan lateral dan indeks daktilitas yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. Berdasarkan **Gambar 4** arah utara terlihat perbedaan yang tidak signifikan antara tanpa pengaruh dinding dengan adanya dinding. Hal ini karena, pada arah utara hanya terdapat sedikit dinding penuh, di mana rasio dinding terhadap luas lantai yaitu sekitar 0,13%. Berdasarkan **Gambar 4** indeks kekuatan lateral total arah utara tanpa pengaruh dinding yaitu sebesar 0,49 dengan indeks daktilitas 0,80 mengalami keruntuhan awal dan mengalami keruntuhan akhir pada indeks daktilitas 3,2. Sedangkan dengan pengaruh dinding indeks kekuatan lateral total arah utara sebesar 0,49 dengan indeks daktilitas 1,0. Pada indeks daktilitas 0,8 kolom mengalami keruntuhan awal dan mengalami keruntuhan akhir pada indeks daktilitas 3,20. Ditinjau pada arah timur tanpa pengaruh dinding indeks kekuatan lateral total sebesar 0,36 dengan indeks daktilitas 1,34. Sedangkan dengan pengaruh dinding indeks kekuatan lateral pada arah timur sebesar 0,32 dengan indeks daktilitas 0,80. Pada indeks daktilitas 0,80 kolom mengalami keruntuhan awal dan keruntuhan akhir pada indeks daktilitas 3,20.

Dari hasil analisis tersebut pada arah timur terjadi peningkatan indeks kekuatan lateral, namun indeks daktilitas menurun karena dengan adanya dinding dapat memperkuat struktur. Berdasarkan investigasi yang pernah dilakukan Maudiawati dan Sanada (2008), gedung yang bertahan terhadap gempa tahun 2007 dengan adanya pengaruh dinding memiliki kapasitas indeks kekuatan lateral (C) sebesar 0,28 dan gedung yang runtuh memiliki kapasitas indeks kekuatan lateral sebesar 0,17. Dari hasil perhitungan analisis

kapasitas seismik gedung perkuliahan FMIPA Universitas Negeri Padang dengan memperhitungkan pengaruh dinding memiliki indeks kekuatan lateral terbesar yaitu 0,49. Dari hasil analisis tersebut, maka dapat diasumsikan gedung perkuliahan FMIPA Universitas Negeri Padang memiliki kapasitas seismik yang cukup saat terjadi gempa.



Gambar 4. Hubungan Indeks Kekuatan dan Indeks Daktilitas dengan dan Tanpa Pengaruh Dinding Bata

4. KESIMPULAN

Berdasarkan evaluasi kapasitas seismik gedung Perkuliahan FMIPA Universitas Negeri Padang dengan pengaruh dinding bata, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil analisis indeks seismik struktur (E0) pada metode level 2 arah timur-barat diperoleh 0,28 dengan indeks kekuatan latera total yaitu 0,49. Pada arah utara- selatan indeks seismik struktur (E0) sebesar 0,29 dengan indeks kekuatan lateral 0,37.
2. Berdasarkan hasil analisa hubungan indeks kekuatan lateral dan indeks daktilitas, evaluasi dengan adanya pengaruh dinding dapat meningkatkan kapasitas seismik gedung secara signifikan.
3. Berdasarkan hasil yang didapatkan pada analisis kapasitas seismik bahwa gedung perkuliahan FMIPA Universitas Negeri Padang memiliki kapasitas seismik yang cukup saat terjadi gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Bothara, J., Beetham, D., Brunson, D., Stannard, M., Brown, R., Hyland, C., Lewis, W., Miller, S., Sanders, R., & Sulistio, Y. (2010). General observations of effects of the 30th September 2009 Padang earthquake, Indonesia. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 43(3), 143.

- Chaker, A. A., & Cherifati, A. (1999). Influence of masonry infill panels on the vibration and stiffness characteristics of R/C frame buildings. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 28(9), 1061–1065. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9845\(199909\)28:9<1061::AID-EQE856>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9845(199909)28:9<1061::AID-EQE856>3.0.CO;2-3)
- Indonesia, S. N. (2019). SNI 1726: 2019 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung.” BSN, Jakarta, Indonesia.
- Leilany, L. (2022). ANALISA KAPASITAS SEISMIK DENGAN DAN TANPA DINDING BATA PADA GEDUNG BETON BERTULANG. *JURNAL RIVET*, 2(01), 53–61.
- Maidiawati, & Agus. (2016). Metoda Evaluasi Kapasitas Seismik Gedung Beton Bertulang Eksisting dengan Aplikasi Model Dinding Bata. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 23(1), 19–30.
- Maidiawati, & Sanada, Y. (2008). Investigation and analysis of buildings damaged during the September 2007 Sumatra, Indonesia earthquakes. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 7(2), 371–378.
- Maidiawati, & Witjaya, S. (2015). EVALUASI KAPASITAS SEISMIK BANGUNAN BETON BERTULANG EKSISTING DI KOTA PADANG DENGAN MEMPERHITUNGKAN PENGARUH DINDING BATA. *JURNAL TEKNIK SIPIL ITP*, 2(1).
- Priestley, M. J. N., Verma, R., & Xiao, Y. (1994). Seismic shear strength of reinforced concrete columns. *Journal of Structural Engineering*, 120(8), 2310–2329.
- SANADA, Y. (2013). MODELING OF BRICK MASONRY INFILL AND APPLICATION TO ANALYSES OF INDONESIAN R/C FRAME BUILDINGS. *Proceedings of the Thirteenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-13)*, 1–1.
- The Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA). (2005). *English Version, 1st, Standard for seismic evaluation of existing reinforced concrete buildings, 2001.*