

Pengaruh *Detailing* Tulangan Portal Pengekang pada Pemodelan Numerik Dinding Bata Terkekang Akibat Pembebanan Monotonik

Dimas Aryadenata ^{[1]*}, Made Suarjana ^[1], Dyah Kusumastuti ^[1], Erwin Lim ^[1]

^[1] Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 40132, Indonesia

Email: 25022015@mahasiswa.itb.ac.id*

*) Corresponding Author

Received: 30 January 2025; Revised: 11 September 2025; Accepted: 06 January 2026

How to cited this article:

Aryadenata, D., Suarjana, M., Kusumastuti, D., Lim, E., (2026). Pengaruh *Detailing* Tulangan Portal Pengekang pada Pemodelan Numerik Dinding Bata Terkekang Akibat Pembebanan Monotonik. Jurnal Teknik Sipil, 22(1), 70–81.
<https://doi.org/10.28932/jts.v22i1.11155>

ABSTRAK

Dinding bata terkekang banyak ditemui pada bangunan bertingkat rendah di Indonesia yang biasanya dibangun tanpa perencanaan struktur. Bahkan dalam perencanaan struktur, kontribusi dinding bata terhadap kekuatan dan kekakuan struktur biasanya diabaikan. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan pemodelan numerik dinding bata terkekang dengan mempertimbangkan pengaruh tidak adanya *detailing* tulangan portal pengekang pada pembebanan monotonik dengan menggunakan model *strut* diagonal ekuivalen. Pemodelan dilakukan dengan membandingkan spesimen dengan dan tanpa perencanaan *detailing* tulangan portal pengekang yang biasa ditemui di Indonesia. Hasil menunjukkan bahwa pemodelan numerik mampu memodelkan respons dinding bata terkekang dengan baik. Terjadi perbedaan nilai galat yang cukup signifikan antara dua jenis spesimen yang diuji yang menunjukkan keterbatasan pemodelan yang dilakukan dalam menangkap fenomena kehancuran sambungan balok-kolom sebelum dinding bata pada spesimen tanpa *detailing* portal pengekang.

Kata kunci: *Backbone Curve* Trilinear, *Detailing* Tulangan Portal Pengekang, Dinding Bata Terkekang, Pembebanan Monotonik, *Strut* Diagonal Ekuivalen

ABSTRACT. *The Influence of Frame Reinforcement Detailing on Numerical Modeling of Confined Masonry Walls Under Monotonic Loading.* Confined masonry walls are commonly found in low-rise buildings in Indonesia, which are typically constructed without structural analysis. Even in structural analysis, the contribution of masonry walls to the strength and stiffness of the structure is often disregarded. This study focuses on the numerical modelling development of confined masonry walls due to the influence of the absence of frame reinforcement detailing under monotonic loading using an equivalent diagonal strut model. The modeling was carried out by comparing specimens with and without reinforcement detailing of the confining frame, which is commonly found in Indonesia. The results show that the numerical model can effectively simulate the response of confined masonry walls. However, a significant error difference between the two tested specimens indicates the limitations of the model in capturing the beam-column joint failure phenomenon before the masonry wall failure in specimens without confining frame detailing.

Keywords: *Confined Masonry Walls, Equivalent Diagonal Strut, Frame Reinforcement Detailing, Monotonic Loading, Trilinear Backbone Curve*

1. PENDAHULUAN

Dinding bata terkekang merupakan salah satu bangunan *non-engineered* yang banyak ditemui di Indonesia. Pada umumnya, dinding bata dianggap sebagai elemen nonstruktural yang dialihkan menjadi beban merata pada balok. Namun penelitian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa baik elemen dinding bata maupun portal berkontribusi pada kekuatan dan kekakuan struktur (Gouveia & Lourenço, 2007 dan Kusumastuti et al., 2012). Indonesia belum menetapkan standar perencanaan khusus untuk bangunan dinding bata terkekang, namun ada beberapa dokumen yang sering digunakan sebagai acuan diantaranya Manual Bangunan Tahan Gempa Rumah Tinggal (Boen, 1978), Pedoman Teknis Rumah Sederhana Sehat (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2002), dan Persyaratan Pokok Rumah yang Lebih Aman (Boen et al., 2009).

Penelitian terkait perilaku dinding bata terkekang akibat beban gempa sudah banyak dilakukan sebelumnya, diantaranya: penelitian eksperimental mengenai pengaruh variasi portal pengekang termasuk dimensi elemen, detail tulangan, dan penambahan angkur (Wijaya, 2009), penelitian eksperimental mengenai perilaku model benda uji skala penuh tipe T36 (6 m x 6 m) terhadap beban lateral siklik (Hwie, 2011). Berdasarkan dua eksperimen tersebut, Pratiwi (2013) dan Luas (2014) melakukan pengembangan dan validasi pemodelan numerik dinding bata terkekang menggunakan model *strut* dengan parameter *backbone curve* trilinear yang diusulkan Hossein & Toshimi (2004). Bisfarian (2023) melakukan pengembangan analisis numerik dengan menggunakan pemodelan mikro kontak lapisan antara bata dan mortar terhadap pembebanan siklik. Firdaus (2023) pada penelitiannya menguji pengaruh *detailing* dan perkuatan pada spesimen akibat pembebanan siklik. Lim et al. (2024) melakukan evaluasi analisis *pushover* database dinding bata terkekang di Indonesia dengan menggunakan analisis model *truss* ekuivalen yang diusulkan oleh Rankawat (2018) dengan parameter *backbone curve* yang diusulkan oleh Flores & Alcocer (1996) dan Riahi et al. (2009). Noh et al. (2017) dan Di Domenico et al. (2021) dalam penelitiannya melakukan pengembangan dan kalibrasi parameter analisis numerik dinding bata menggunakan software *OpenSees*.

Banyak bangunan yang di Indonesia, dibangun tanpa *detailing* portal yang memadai. Untuk memahami penyesuaian yang perlu dilakukan dalam pemodelan numerik dinding bata terkekang akibat pengaruh *detailing* tulangan portal pengekang, akan dilakukan perbandingan hasil analisis *pushover* dinding bata terkekang dengan dan tanpa *detailing* tulangan portal menggunakan model *strut* dengan parameter *backbone curve* trilinear yang diusulkan oleh Hossein & Toshimi (2004).

2. METODOLOGI

2.1 Backbone Curve Dinding Bata

Dinding bata menahan beban lateral sebagai gaya tekan pada jalur diagonal yang menghubungkan dua sudut berlawanan pada dinding bata (Polyakov, 1960). Madan et al. (1997) mengusulkan *backbone curve* berupa kurva bilinear sebagai parameter yang merepresentasikan respons material dinding bata sebagai *strut* yang terdiri atas titik leleh geser (U_y dan V_y) dan titik kapasitas geser maksimum dinding bata (U_m dan V_m).

Kuat geser maksimum (V_m) ditentukan berdasarkan nilai minimum dari kuat geser akibat dua mode kegagalan yang sering terjadi pada dinding bata terkekang yaitu *compression failure* dan *sliding shear failure* (Paulay & Priestley, 1992). Nilai kuat geser akibat *compression failure* dihitung berdasarkan Persamaan (1) yang diusulkan oleh Stafford-Smith & Carter (1969).

$$V_c = Z t_m f'_m \cos \theta \quad (1)$$

dengan V_c : kuat geser maksimum akibat *compression failure* (kgf), t_m : tebal dinding pasangan bata (cm), θ : sudut antara tinggi dan panjang dinding bata (rad). Nilai f'_m adalah kuat tekan dinding pasangan bata (kgf/cm²) yang diambil dari nilai minimum hasil perhitungan berdasarkan Persamaan (2) dan Persamaan (3) yang diusulkan Paulay & Priestley (1992) dan Eurocode 6.

$$f'_m = \frac{f_{cb}(f_{tb} + \alpha f_{cm})}{U_u(f_{tb} + \alpha f_{cb})} \quad (2)$$

$$f'_m = K f_{cb}^{0,65} f_{cm}^{0,25} \quad (3)$$

dengan f'_m : kuat tekan dinding bata (MPa), f_{cb} : kuat tekan unit bata (MPa), f_{tb} : kuat tarik unit bata (MPa), f_{cm} : kuat tekan mortar (MPa), U_u : koefisien ketidakteraturan tegangan, j : tebal spesi sambungan unit bata (mm), h_b : tebal unit bata (mm), K : konstanta kuat tekan pasangan bata yang diambil sebesar 0,6 Mpa.

Nilai Z adalah lebar *strut* ekuivalen (cm) dihitung menggunakan Persamaan (4) dan Persamaan (5) berdasarkan FEMA 306 (1998).

$$Z = 0,175(\lambda h_{col})^{-0,4} d_m \quad (4)$$

$$\lambda = \left[\frac{E_m t_m \sin 2\theta}{4 E_c I_g h_m} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (5)$$

dengan λ : koefisien perhitungan lebar strut ekuivalen, h_{col} : tinggi kolom (cm), d_m , h_m , l_m , dan t_m masing-masing adalah panjang diagonal, tinggi, lebar, dan tebal dinding bata (cm), E_c : modulus elastisitas portal beton dan dinding bata (kgf/cm²), I_g : momen inersia kolom (cm⁴). Nilai E_m adalah

modulus elastisitas dinding bata (kgf/cm^2) dihitung berdasarkan Persamaan (6) yang diusulkan Paulay & Priestley (1992).

$$E_m = 750f'_m \quad (6)$$

dengan E_m : modulus elastisitas dinding bata (MPa) dan f'_m : kuat tekan dinding bata (MPa).

Nilai kuat geser maksimum akibat *sliding shear failure* dihitung berdasarkan FEMA 306 (1998) seperti pada Persamaan (7) sampai dengan Persamaan (9).

$$V_f = \frac{\tau_0 t_m l_m}{(1 - \mu \tan \theta)} \quad (7)$$

$$\tau_0 = 0,04f'_m \quad (8)$$

$$\mu = 0,654 + 0,000515f'_j \quad (9)$$

dengan V_f : kuat geser maksimum *sliding shear failure* (kgf), f'_j dan τ_0 adalah kuat tekan mortar dan kuat lekatan bata dengan mortar (kg/cm^2), serta μ : koefisien friksi.

Nilai perpindahan pada titik kuat geser maksimum (U_m) dihitung berdasarkan Persamaan (10) yang diusulkan oleh Madan et al. (1997).

$$U_m = \frac{\varepsilon'_m d_m}{\cos \theta} \quad (10)$$

dengan U_m : nilai perpindahan di titik puncak (cm), ε'_m : regangan di titik puncak (0,0018).

Nilai titik leleh geser (U_y dan V_y) dihitung berdasarkan Persamaan (11) sampai Persamaan (13) yang diusulkan oleh Madan et al. (1997).

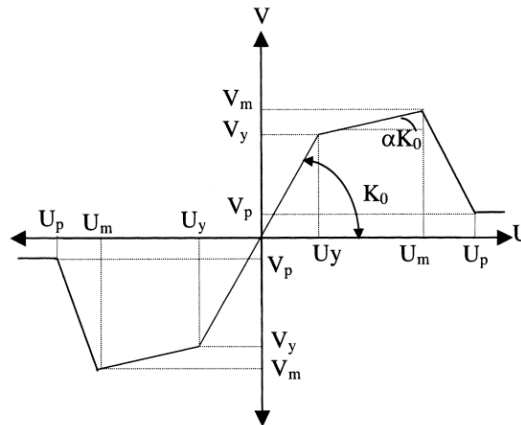
$$V_y = \frac{V_m - \alpha K_0 U_m}{1 - \alpha} \quad (11)$$

$$U_y = \frac{V_y}{K_0} \quad (12)$$

$$K_0 = \gamma \left(\frac{V_m}{U_m} \right) \quad (13)$$

dengan V_y : kuat geser leleh (kgf), U_y : perpindahan di titik leleh (cm), dan K_0 : kekakuan awal (kg/cm^2). Nilai γ (koefisien hitung kekakuan awal) dan α (koefisien hitung kuat geser leleh) diambil berdasarkan Pratiwi (2013) dan Luas (2014), secara berurutan masing-masing nilai diambil sebesar 9 dan 0,01 untuk spesimen dengan *detailed* portal yang baik serta 9 dan 0,05 untuk spesimen dengan *detailed* portal yang kurang baik.

Hossein & Toshimi (2004) mengembangkan *backbone curve* yang diusulkan Madan et al. (1997) dengan menambahkan titik respons yang turun setelah mencapai kapasitas maksimumnya (U_p , V_p). Ilustrasi *backbone curve* trilinear dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Backbone Curve Strut Dinding Bata (Hossein & Toshimi, 2004)

Nilai V_p dan U_p dihitung berdasarkan Persamaan (14) dan Persamaan (15) yang diusulkan oleh Hossein & Toshimi (2004)

$$V_p = 0,3V_m \tag{14}$$

$$U_p = 3,5(0,01h_m - U_m) \tag{15}$$

dengan V_p : kuat geser ultimit (kgf), dan U_p : perpindahan di titik ultimit (cm).

Untuk menyesuaikan *backbone curve* respon *strut* dinding bata dengan pemodelan yang digunakan yaitu *strut* diagonal tekan ekivalen, respons geser (U, V) dikonversi secara geometri untuk mendapatkan respon aksial tekan (Δ, P) menggunakan Persamaan (16) dan Persamaan (17).

$$P = \frac{V}{\cos \theta} \tag{16}$$

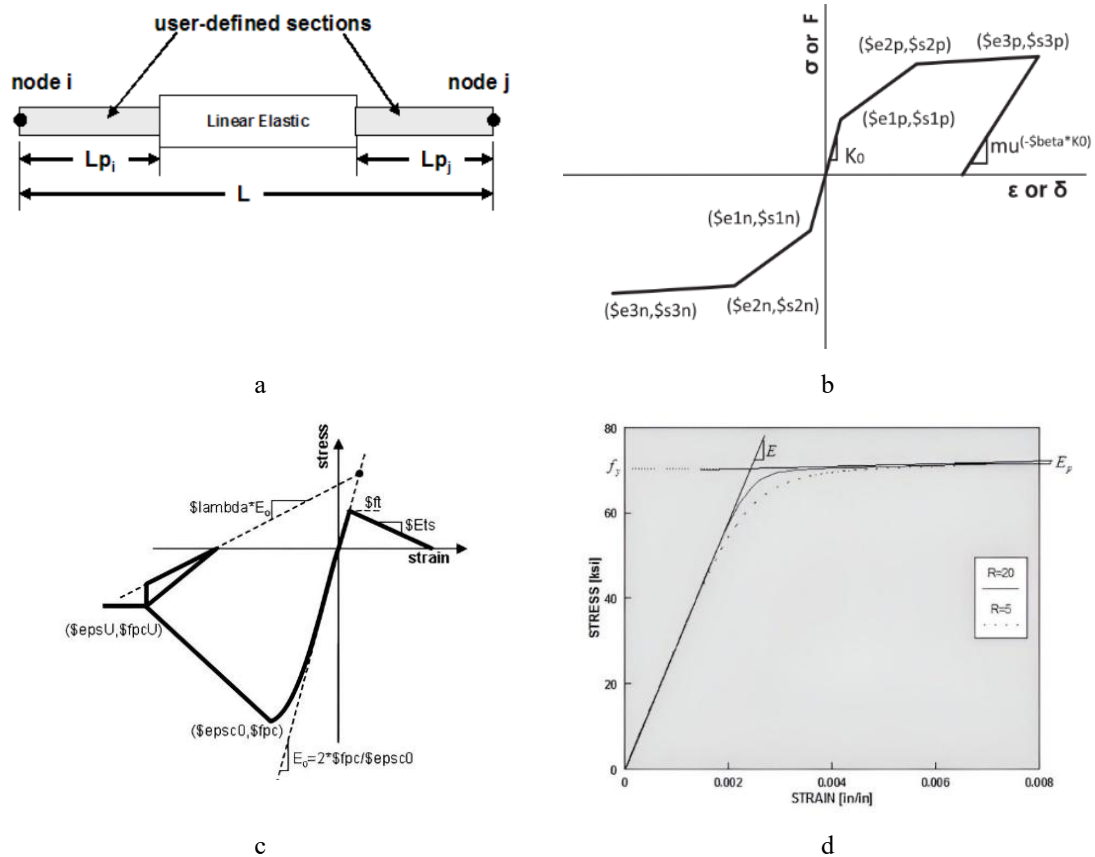
$$\Delta = U \times \cos \theta \tag{17}$$

dengan P : kuat tekan aksial (kgf) dan Δ : perpindahan aksial arah diagonal (cm).

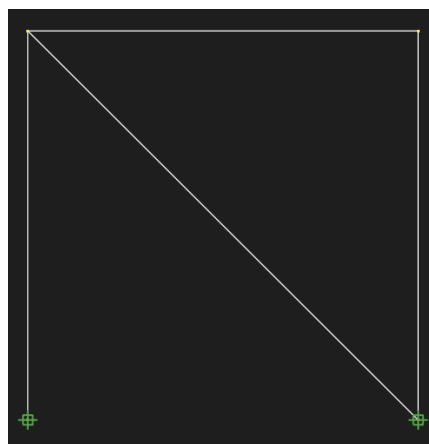
2.2 Model Numerik

Pemodelan numerik dilakukan menggunakan perangkat lunak *OpenSees* dengan interface *OpenSees Navigator*. Penyederhanaan model numerik dilakukan dimana dinding bata dimodelkan sebagai 1 *strut* diagonal yang menahan beban monotonik satu arah. Elemen *strut* diagonal ekivalen dinding bata dimodelkan menggunakan elemen *truss* dengan model material *Hysteretic* seperti dapat dilihat pada Gambar 2. Pemilihan model elemen dan material ini menyesuaikan prinsip *strut* diagonal ekivalen yang digunakan yaitu hanya menahan gaya aksial serta memiliki *backbone curve* berupa kurva trilinear. Sedangkan elemen portal pengekan dimodelkan menggunakan model elemen *HingeBeamColumn* yang disusun atas material *Concrete02* dan

Steel02. Dengan pemilihan model elemen dan material ini, sendi plastis portal beton bertulang akan dimodelkan secara otomatis dengan bantuan perangkat lunak *OpenSees* berdasarkan parameter input berupa karakteristik material yang digunakan. Model numerik dinding bata yang dilakukan seperti pada Gambar 3.



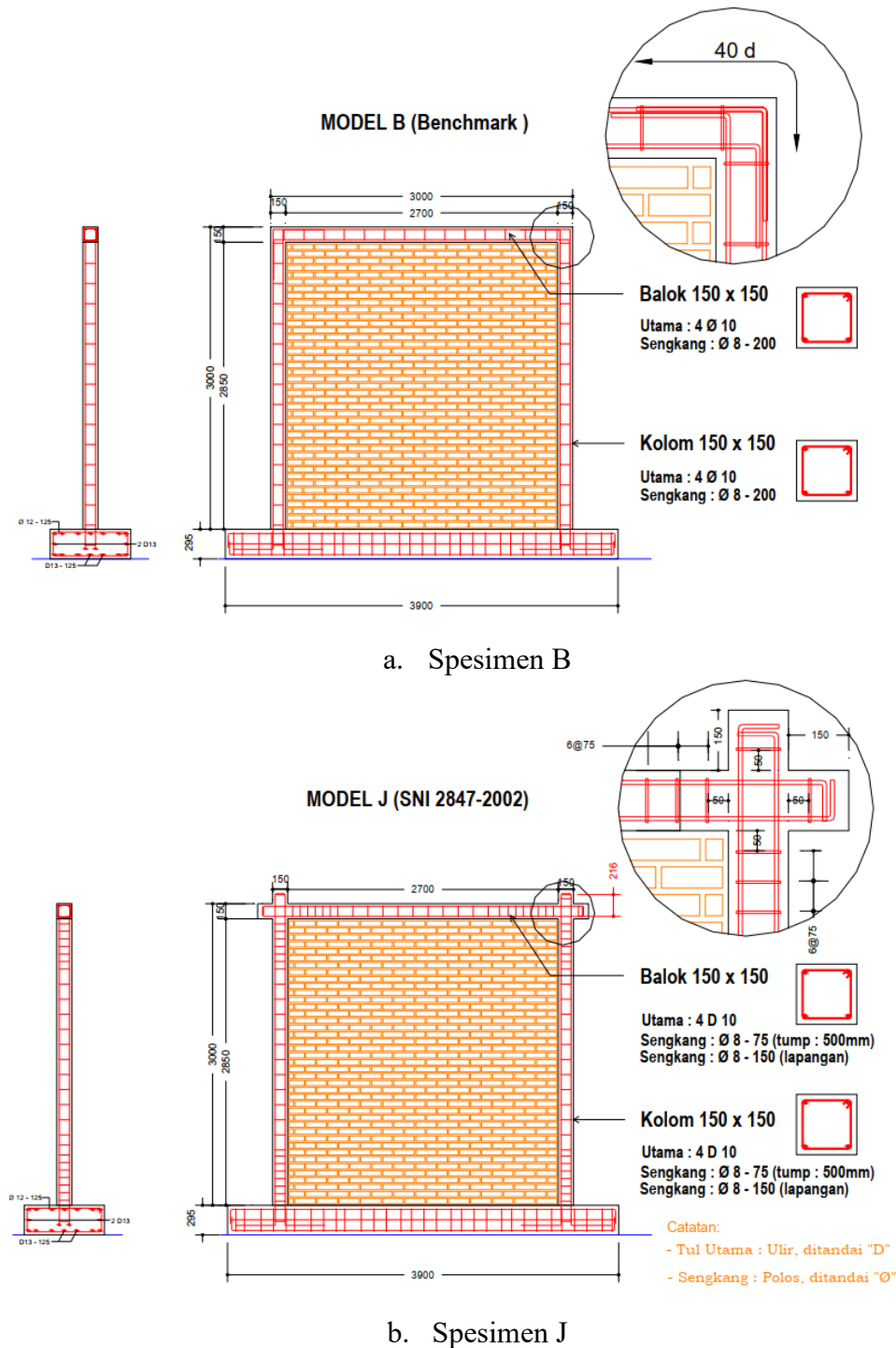
Gambar 2. Model Elemen dan Material: (a) *HingeBeamColumn*, (b) *Hysteretic*, (c) *Concrete02*, dan (d) *Steel02* (Mazzoni et al., 2007)



Gambar 3. Model Numerik Dinding Bata

3. HASIL DAN DISKUSI

Pemodelan numerik dilakukan terhadap dua spesimen pada penelitian Wijaya (2009) yaitu spesimen B yang mewakili spesimen tanpa *detailing* tulangan portal dan spesimen J yang mewakili spesimen dengan *detailing* tulangan portal. Ilustrasi kedua spesimen dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan karakteristik material yang digunakan terdapat pada Tabel 1.



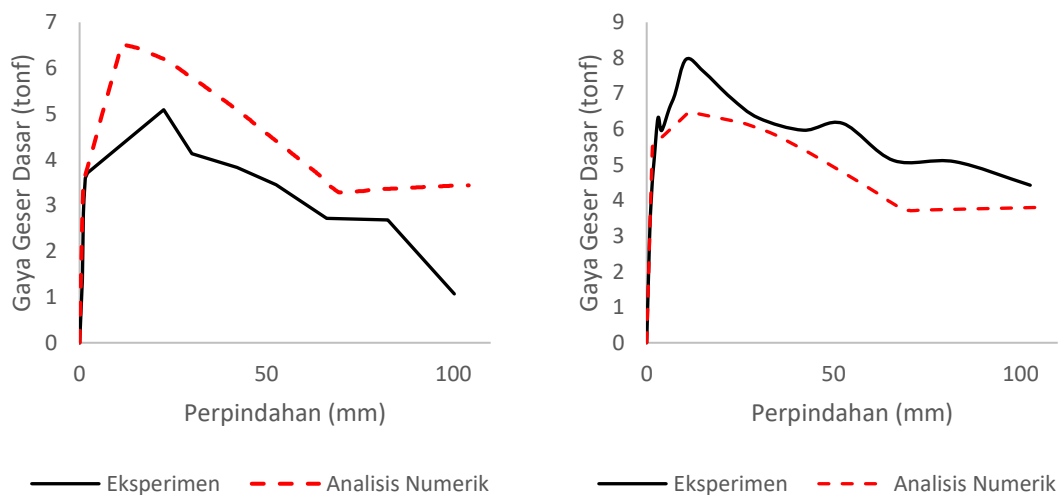
Gambar 4. Spesifikasi Detail (Wijaya, 2009)

Tabel 1. Karakteristik Material Spesimen B dan J

| Karakteristik material | | Spesimen B | Spesimen J |
|------------------------|-----------------|------------|------------|
| Kolom | f'_c (MPa) | 18,08 | 18,08 |
| | h_{col} (mm) | 150 | 150 |
| | b_{col} (mm) | 150 | 150 |
| Balok | f'_c (MPa) | 18,08 | 18,08 |
| | h_{beam} (mm) | 150 | 150 |
| | b_{beam} (mm) | 150 | 150 |
| Dinding bata | h_m (mm) | 3000 | 3000 |
| | l_m (mm) | 3000 | 3000 |
| | t_m (mm) | 100 | 100 |

Sumber: Wijaya (2009)

Hasil analisis numerik pada spesimen B diperoleh nilai kekakuan awal dan beban lateral maksimum sebesar 2,8 tonf/mm dan 6,5 tonf. Hasil ini memberikan nilai galat masing-masing 16% dan 28% jika dibandingkan hasil eksperimen spesimen B (Wijaya, 2009). Sedangkan hasil analisis numerik spesimen J diperoleh nilai kekakuan awal dan beban lateral maksimum sebesar 3,1 tonf/mm dan 6,5 tonf. Hasil ini memberikan nilai galat masing-masing 3,9% dan 18,6% jika dibandingkan dengan hasil eksperimen spesimen J (Wijaya, 2009). Hasil analisis numerik dibandingkan hasil eksperimen dalam bentuk kurva dan tabel untuk kedua spesimen seperti terdapat pada Gambar 5 dan Tabel 2.



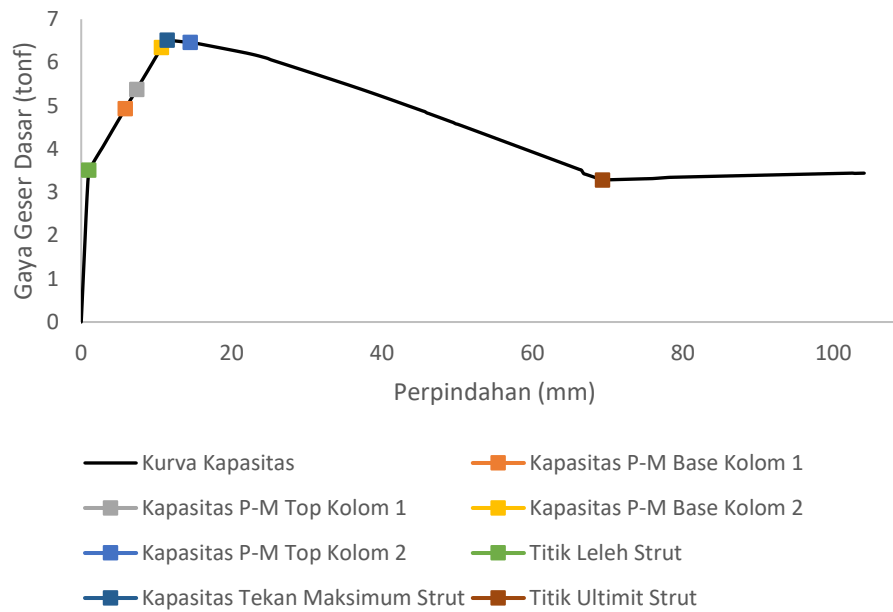
Gambar 5. Kurva Kapasitas Hasil Eksperimen dan Numerik

Tabel 2. Perbandingan Hasil Eksperimen dan Numerik

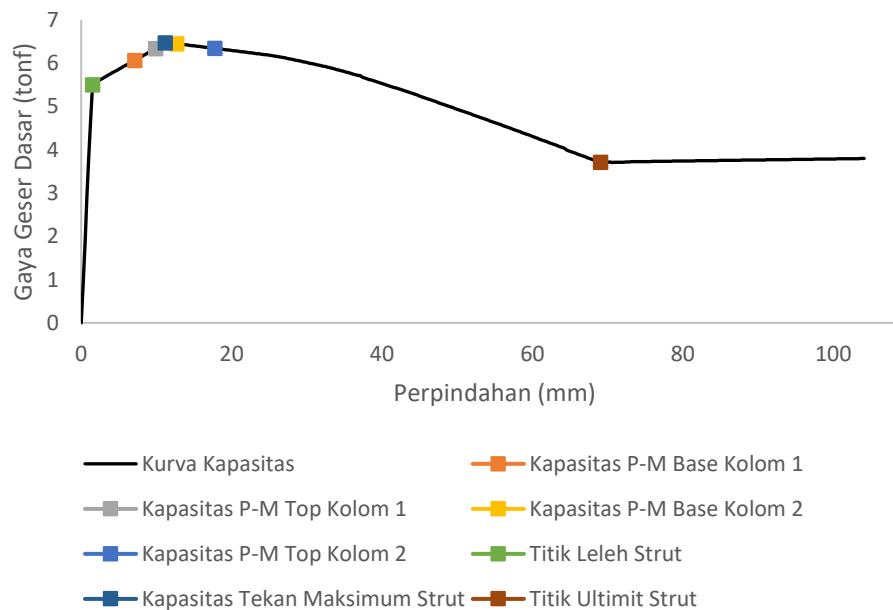
| Parameter | Spesimen B | | | Spesimen J | | |
|-------------------------------|------------|---------|-------|------------|---------|-------|
| | Eksperimen | Numerik | Galat | Eksperimen | Numerik | Galat |
| Kekakuan Awal (tonf/mm) | 2,4 | 2,8 | 16,0% | 3,0 | 3,1 | 3,9% |
| Beban Lateral Maksimum (tonf) | 5,1 | 6,5 | 28,0% | 8,0 | 6,5 | 18,6% |

Berdasarkan nilai kekakuan awal yang diperoleh, analisis numerik yang dilakukan pada spesimen J memberikan hasil yang cukup memuaskan dengan nilai galat yang relatif kecil. Sedangkan pada spesimen B, analisis numerik tetap mampu menggambarkan area elastis namun dengan nilai galat yang cukup besar. Hasil ini menunjukkan bahwa model numerik yang dilakukan belum mampu menampilkan penurunan nilai kekakuan akibat dari *detailing* tulangan portal yang kurang baik. Berdasarkan nilai beban lateral maksimum yang diperoleh, analisis numerik yang dilakukan pada spesimen B maupun spesimen J memberikan nilai galat yang cukup besar. Hasil model numerik menunjukkan bahwa model numerik belum mampu menampilkan efek penambahan atau penurunan nilai beban lateral maksimum akibat dari perbedaan detail penulangan portal. Pada hasil eksperimen Wijaya (2009), disebutkan bahwa pada spesimen B terjadi keretakan dan kehancuran sambungan balok-kolom sebelum dinding bata yang menyiratkan adanya penurunan beban lateral maksimum dinding bata sebagai akibat dari hancurnya portal pengekang. Sedangkan pada spesimen J dengan *detailing* portal pengekang yang baik, dinding bata mampu menahan beban lateral melebihi batas maksimum beban eksperimen yang diberikan.

Analisis gaya dalam pada Gambar 6 menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan di antara spesimen B dan J. Pada spesimen B sendi plastis pada *top* dan *base* kolom 1, serta pada *base* kolom 2 sudah terbentuk sebelum tercapai kapasitas tekan maksimum *strut* (Gambar 6a). Fenomena ini tercermin juga pada hasil eksperimen yang telah disebutkan sebelumnya dimana terjadi fenomena keretakan dan kehancuran sambungan balok-kolom pada hasil eksperimen. Hal ini semakin menegaskan bahwa analisis numerik yang dilakukan belum mampu menangkap respons jika terjadi kehancuran sambungan balok-kolom sebelum keretakan dinding bata, yang berakibat pada nilai kapasitas maksimum spesimen dengan *detailing* tulangan portal kurang baik (spesimen B) dari model numerik melebihi kapasitas maksimum hasil eksperimen. Sedangkan pada spesimen J, sendi plastis pada kolom 1 terbentuk sebelum tercapai kapasitas tekan maksimum *strut* sedangkan sendi plastis pada kolom 2 terbentuk setelahnya (Gambar 6b). Fenomena ini tercermin juga pada hasil eksperimen yang disebutkan sebelumnya dimana sambungan balok-kolom masih mampu menahan beban lateral dan berimplikasi pada penambahan beban lateral maksimum dinding bata.



a. Spesimen B



b. Spesimen J

Gambar 6. Analisis Gaya Dalam

4. KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk memahami bagaimana pengaruh *detailing* tulangan portal pengegang pada pemodelan numerik dinding bata terkekang akibat pembebanan monotonik. Pengujian dilakukan berdasarkan dua spesimen pada penelitian Wijaya (2009) dengan *detailing* tulangan portal pengegang yang berbeda. Dinding bata dimodelkan berdasarkan *backbone curve*

yang dikembangkan oleh Hossein & Toshimi (2004) dan dibandingkan dengan hasil eksperimen Wijaya (2009). Berdasarkan perbandingan hasil analisis pembebanan monotonik yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa pemodelan numerik mampu memodelkan respons kedua spesimen dinding bata terkekang dengan nilai galat yang cukup variatif. Adapun nilai galat yang diperoleh terdiri atas nilai galat kekakuan awal yaitu masing-masing sebesar 3,9% dan 16% serta galat kapasitas beban lateral maksimum yaitu masing-masing sebesar 18,6% dan 28% masing-masing untuk spesimen dengan dan tanpa *detailing* tulangan portal. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, model numerik belum mampu menangkap fenomena penambahan dan pengurangan beban lateral maksimum dinding bata akibat pengaruh *detailing* tulangan portal dimana portal dengan *detailing* tulangan berimplikasi pada peningkatan beban lateral maksimum dinding bata, sedangkan portal tanpa *detailing* tulangan berimplikasi pada penurunan beban lateral maksimum dinding bata.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Applied Technology Council, & Partnership for Response. (1999). *Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings: Basic Procedures Manual* (Vol. 43).
- Bisfarian, G. (2023). *Analisis Numerik Pemodelan Mikro Perilaku In-Plane Dinding Bata Terkekang terhadap Beban Siklik*, Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.
- Boen, T. (1978). *Manual Bangunan Tahan Gempa (Rumah Tinggal)*.
- Boen, T., Suprobo, P., Sarwidi, Pribadi, K.S., Irmawan, M., Satyarno, I., & Saputra, A. (2009). Persyaratan pokok rumah yang lebih aman. *The Project on Building Administration Enforcement Capacity Development for Seismic Resilience*. Kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat & JICA Japan.
- Di Domenico, M., Ricci, P., Verderame, G.M. (2021). *Empirical Calibration of Hysteretic Parameters for Modelling the Seismic Response of Reinforced Concrete Columns with Plain Bars*. *Engineering Structures*, 237, 112120.
- European Committee of Standardization. (1996). *Design of Masonry Structures, Part 1-1: General Rules for Buildings—Reinforced and Unreinforced Masonry*. ENV 1966-1-1, Eurocode 6.
- Firdaus, A. (2023). *Studi Eksperimental Kinerja Struktur Dinding Bata yang Diperkuat*, Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.
- Flores, L. E., & Alcocer, S. M. (1996). *Calculated Response of Confined Masonry Structures*. Eleventh World Conference on Earthquake Engineering. <https://www.confinedmasonry.org/wp-content/uploads/2009/12/1830-Calculated-response-of-confined-masonry-structures.pdf>
- Gouveia, J.P. & Lourenço, P.B. (2007). Masonry Shear Walls Subjected to Cyclic Loading: Influence of Confinement and Horizontal Reinforcement. *Proceedings of the Tenth North American Masonry Conference*.
- Hossein, M. & Toshimi, K. (2004). Effect of Infill Masonry Walls on the Seismic Response of Reinforced Concrete Buildings Subjected to the 2003 Bam Earthquake Strong Motion: a Case Study of Bam Telephone Center.
- Hwie, L.T. (2011). *Kajian Eksperimental dan Numerik Perilaku Rumah Skala Penuh Dinding Bata Terkekang Portal Rangka Beton Bertulang*, Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.

- Kusumastuti, D., Suarjana, M., & Pribadi, K.S. (2012). Experimental Study on Typical Confined Masonry Structure Under Cyclic Lateral Load. *Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering*.
https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012_1233.pdf
- Luas, B. (2014). *Pengembangan Model Numerik Dinding Bata Terkekang untuk Pembebanan Monotonik Struktur 3D dan Pembebanan Siklik Struktur 2D*, Tugas Akhir Program, Institut Teknologi Bandung.
- Madan, A., Reinhorn, A.M., Mandar, J.B., & Valles, R.E. (1997). Modeling of Masonry Infill Panels for Structural Analysis. *Journal of Structural Engineering*, 123(10), 1295-1302.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1997\)123:10\(1295\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1997)123:10(1295))
- Noh, N.M., Liberatore, L., Mollaioli, F., Tesfamariam, S. (2017). Modelling of Masonry Infilled RC Frames Subjected to Cyclic Loads: State of the Art Review and Modelling with OpenSees. *Engineering Structures*, 150, 599-621.
- Mazzoni, S., McKenna, F. & Scott, M.H. (2007). OpenSees Command Language Manual, Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
<https://opensees.berkeley.edu/OpenSees/manuals/usermanual/OpenSeesCommandLanguageManualJune2006.pdf>
- Paulay, T. & Priestley, M. N. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings* (Vol. 768). John Willey & Sons.
<https://doi.org/10.1002/9780470172841>
- Polyakov, S.V. (1960). On the Interaction between Masonry Filler Walls and Enclosing Frame when Loaded in the Plane of the Wall. *Translations in Earthquake Engineering*, 2(3), 36-42.
- Pratiwi, N.I. (2013). *Pengembangan Model Numerik Struktur Dinding Bata Terkekang dengan Meninjau Pengaruh Detailing pada Balok-Kolom*, Tugas Akhir Program, Institut Teknologi Bandung.
- Riahi, Z., Elwood, K.J., Alcocer, S.M. (2009). Backbone Model for Confined Masonry Walls for Performance Based Seismic Design. *Journal of Structural Engineering*, 135(6), 644-654.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0000012](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000012)
- Stafford-Smith, B. & Carter, C. (1969). A Method of Analysis for Infilled Frames. *Proceedings of Institute of Civil Engineers* (44).
<https://www.icevirtuallibrary.com/doi/10.1680/iicep.1969.7290>.
- Wijaya, I.I D.G.W. (2009). *Kajian Eksperimental Kinerja Dinding Bata Terkekang Portal Beton Bertulang*, Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.