



ARTICLE

Tinjauan Pustaka Pada Analisis *Pushover* Terhadap Kekakuan Struktur Portal Beton Bertulang Dengan Dinding Bata

Elsa Attila Salsabila and Ridwan*

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12.5, Pekanbaru 28293

*Corresponding author. Email: ridwan@eng.unri.ac.id

(Received 16 April 2025; revised 25 Juni 2023; accepted 02 Juli 2025; first published online 11 Juli 2025)

Abstract

This research evaluates the impact of adding masonry walls on the stiffness and stability of building structures, focusing on pushover analysis and seismic behavior through a review of several journals. According to the research conducted by Hutajulu et al. (2019), masonry walls serve as significant structural elements rather than mere non-structural components. Through numerical analysis of the curves in the study, it was found that structures with masonry walls have a higher peak stiffness of 27.362 kN/mm, capable of withstanding a maximum load of 7490.93 kg with a displacement of 15.058 mm, compared to portals without walls, which only achieve a peak stiffness of 10,386 kN/mm and can withstand only 1451.91 kg. The stiffness difference between both portals reaches 66.242%. Similar studies by Majumder, Khan, and Nanda (2017) and Mukhlis et al. (2022) also yielded comparable results, indicating that structures or portals accounting for the addition of walls exhibit significantly greater stiffness compared to those without walls, with stiffness differences exceeding 50%. In addition to its effect on stiffness, the addition of masonry walls also impacts the base shear capacity that the portal or structure can bear, as the inclusion of walls allows for greater lateral forces to be resisted compared to conditions without walls. For instance, in Hutajulu et al.'s (2019) study, the base shear for bare frames was only 14.025 kN, while infilled frames reached as high as 74.918 kN. These findings demonstrate that incorporating masonry walls into structures or portals enhances their resistance to lateral loads compared to those without masonry walls, contributing additional strength, stiffness, and earthquake resilience to the structure. Therefore, masonry walls should be treated as integral structural elements in building design to ensure safety and optimal performance under various load conditions.

Keywords: Stiffness, pushover, displacement, infilled frame, bare frame, base shear

1. Pendahuluan

Indonesia terletak di wilayah Cincin Api Pasifik yang aktif secara tektonik, sehingga sering mengalami gempa bumi dengan intensitas tinggi. Fenomena ini menuntut perhatian serius dalam desain dan konstruksi bangunan untuk mengurangi risiko kerusakan struktur dan korban jiwa. Salah satu pendekatan yang sering dibahas adalah penggunaan elemen dinding bata sebagai bagian integral

dari struktur portal pada bangunan sederhana, terutama untuk bangunan bertingkat rendah dan menengah (Paulay and Priestley 1992).

Dinding bata merupakan elemen struktural yang telah lama digunakan dalam konstruksi bangunan karena kekuatan tekan dan kemampuannya untuk mendukung beban vertikal. Namun, perilaku dinding bata dalam menerima beban lateral, terutama saat terjadi gempa, masih menjadi fokus penelitian karena karakteristik materialnya yang rapuh dan cenderung mengalami keruntuhan mendadak. Untuk memahami kinerja dinding bata dalam kondisi tersebut, analisis *pushover* telah banyak diterapkan sebagai salah satu metode untuk mengevaluasi kapasitas struktur terhadap beban gempa.

Dinding bata, selain berfungsi sebagai elemen pembatas ruang, juga dapat berkontribusi pada kekuatan lateral struktur apabila diintegrasikan dengan benar. Menurut Hashemi and Mosalam (2007), penambahan dinding bata dapat meningkatkan kekakuan struktur, kapasitas beban lateral, dan kontrol deformasi, terutama dalam menghadapi beban gempa. Namun, sifat material bata yang cenderung rapuh dan rentan terhadap keretakan perlu mendapat perhatian, karena dapat memengaruhi perilaku struktur secara keseluruhan.

Berbagai studi telah menunjukkan bahwa interaksi antara dinding bata dan kerangka portal memainkan peran penting dalam kinerja lateral bangunan. Sebagai contoh, Maidiawati, Tanjung, and Medriosa (2017) menemukan bahwa dinding bata dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kekuatan dan kekakuan lateral pada kerangka portal beton bertulang. Namun, penelitian lain seperti yang dilakukan oleh Sattar and Liel (2016) menyoroti bahwa kinerja dinding bata sangat bergantung pada detail sambungan dan penanganan keretakan.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi berbagai aspek dinding bata, mulai dari pengaruh jenis material, konfigurasi dinding, hingga interaksinya dengan elemen struktural lainnya. Setiap studi memberikan wawasan yang beragam tentang respon dinding bata terhadap beban lateral, tetapi sering kali hasil yang diperoleh bervariasi tergantung pada asumsi model, metode analisis, dan kondisi pengujian yang digunakan. Hal ini membuka peluang untuk melakukan tinjauan mendalam terhadap studi-studi terdahulu untuk mengidentifikasi pola, persamaan, dan perbedaan yang ada.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kekakuan penambahan dinding bata pada struktur portal menggunakan metode analisis *pushover*, dan dilakukan dengan mengkaji dan menganalisis beberapa jurnal yang relevan terkait eksperimen dan simulasi dinding bata pada portal dan struktur untuk mendapatkan data yang akurat mengenai pengaruh dinding bata terhadap kekakuan struktur.

2. Tinjauan Pustaka

Struktur bangunan beton bertulang telah menjadi topik sentral dalam arsitektur modern, terutama dalam menghadapi tantangan geoteknik seperti gempa bumi. Salah satu strategi yang efektif dalam meningkatkan kestabilan struktur bangunan adalah melalui penambahan dinding bata. Hal ini dikarenakan dinding bata tidak hanya berfungsi sebagai partisi fisik namun juga berkontribusi signifikan pada kekuatan lateral struktur bangunan.

Banyak penelitian yang telah dilakukan terkait penggunaan dinding bata dalam struktur bangunan beton bertulang. Misalkan, Maidiawati *et al.* (2011) melakukan eksperimen terhadap struktur rangka beton bertulang dengan dan tanpa dinding bata. Hasil mereka menunjukkan bahwa struktur rangka beton bertulang dengan dinding bata memiliki kapasitas lateral sebesar 93,6 kN, sedangkan tanpa dinding hanya 51,3 kN. Hal ini mengindikasikan bahwa dinding bata meningkatkan kapasitas lateral struktur rangka beton bertulang hingga 82,5

Selain itu, Agrawal, Kulkarni, and Raut (2013) serta Bertero and Brokken (1983), bersama dengan Decanini *et al.* (2004) dan Koutromanos (2011), telah melakukan penelitian yang mendalam mengenai pengaruh dinding terhadap perilaku struktur beton bertulang. Agrawal, Kulkarni, and Raut (2013) menemukan bahwa dinding *infill masonry* dapat meningkatkan kekakuan dan kekuatan

bangunan, terutama di daerah rawan gempa, dengan menggunakan metode strut diagonal ekuivalen untuk menganalisis berbagai konfigurasi pembukaan pada dinding.

Bertero and Brokken (1983) menekankan bahwa meskipun dinding *infill* (dengan bata) sering dianggap sebagai elemen non-struktural, dinding nyatanya memiliki peran penting dalam meningkatkan ketahanan seismik bangunan dan menunjukkan bahwa keberadaan dinding dapat mempengaruhi respons seismik, baik secara positif maupun negatif.

Decanini et al. (2004) mengevaluasi kinerja seismik rangka beton bertulang yang dilengkapi dengan dinding *infill*, dan hasilnya menunjukkan bahwa desain yang mempertimbangkan interaksi antara dinding dan rangka dapat meningkatkan daya tahan terhadap beban lateral. Koutromanos (2011) melakukan analisis numerik dan eksperimen untuk teknik retrofit pada rangka beton bertulang yang terkena beban seismik dan menekankan pentingnya mempertimbangkan dinding *infill* dalam perancangan struktur untuk meningkatkan kinerjanya saat menghadapi gempa.

Dalam konteks aplikatif, Leksono, Iranata, and Kristijanto (2012) dalam penelitiannya terhadap dinding bata digunakan sebagai partisi atau penutup luar pada portal beton bertulang. Pemasangan dinding bata setelah struktur utama selesai dibuat dan pada dasarnya dianggap sebagai komponen non-struktural. Namun, hasil analisa *pushover* pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa kontribusi dinding bata sangat signifikan dalam meningkatkan kekakuan lateral struktur bangunan.

Selain itu, penambahan tulangan juga menjadi fokus perhatian beberapa penelitian, salah satunya oleh Medriosa et al. (2024) yang melakukan studi numerik tentang posisi bukaan dinding bata pada portal beton bertulang. Hasil mereka menunjukkan bahwa kehadiran bukaan dapat mempengaruhi perilaku seismik struktur rangka beton bertulang, sehingga pentingnya dipertimbangkan dalam desain struktural. Berdasarkan beberapa hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penambahan dinding bata merupakan strategi yang efektif dalam meningkatkan kekuatan lateral struktur bangunan beton bertulang, terutama dalam konteks mitigasi dampak gempa bumi.

3. Dinding Bata

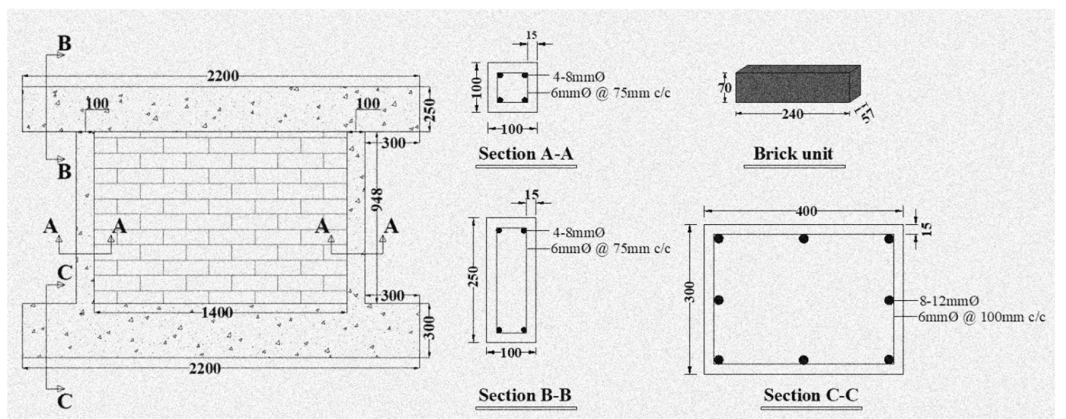
Dinding bata merupakan salah satu elemen struktur yang umum digunakan dalam konstruksi bangunan karena kemampuannya untuk menopang beban sekaligus memberikan perlindungan terhadap kondisi lingkungan. Dalam perspektif teknik sipil, dinding bata tidak hanya dilihat dari aspek estetika, tetapi juga dari segi kekuatan, kestabilan, dan efisiensi materialnya. Dengan karakteristiknya yang dapat menahan beban tekan, dinding bata sering digunakan pada bangunan bertingkat rendah hingga menengah.

Penelitian oleh Mukhlis et al. (2022) menggunakan pendekatan eksperimental untuk menganalisis perilaku beban siklik pada rangka beton bertulang yang diisi dengan pasangan bata konvensional. Lokasi penelitian dilakukan di Bangladesh, dengan kondisi material yang umum digunakan dalam konstruksi konvensional di negara tersebut. Desain eksperimen melibatkan pembuatan model skala penuh dari rangka RC dengan dimensi portal 1,400 m (lebar) dan 0,948 m (tinggi), yang mewakili sebuah bentang tunggal satu lantai. Balok pada rangka beton bertulang memiliki dimensi 100 mm x 250 mm untuk balok atas, dan 400 mm x 300 untuk balok bawah, sedangkan untuk kolom memiliki dimensi 100 mm x 100 mm. Untuk pasangan bata, digunakan bata merah dengan ukuran 240 mm x 57 mm x 70 mm dan kekuatan tekan rata-rata sebesar 5 MPa. Prosedur penelitian mencakup penerapan beban siklik secara statis, dengan variasi drift lantai mulai dari 0,05% hingga 3,5%, dan drift akhir mencapai 4,5%. Beban diterapkan menggunakan sistem hidrolik pada titik-titik tertentu di rangka untuk mensimulasikan kondisi gempa. Adapun rincian data properties material spesimen dapat dilihat pada Tabel 1.

Penelitian oleh Hutajulu, Tarigan, and Tarigan (2018) menggunakan pendekatan eksperimental dan numerik untuk mengevaluasi perilaku struktur portal yang dilengkapi dinding bata. Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, dengan desain eksperimen yang melibatkan pengujian struktur dalam skala kecil, berupa portal beton bertulang

Table 1. Properties Material Spesimen (Mukhlis et al. 2022)

Material	Kuat tekan (MPa)	Kuat tarik (MPa)	Kuat leleh (MPa)
Bata	14	-	-
Beton	8	0,8	-
Reinforcement	-	370	275



(Mukhlis et al. 2022)

Figure 1. Geometri dari Spesimen *Masonry Infill* (Semua dimensi dalam mm)

dengan ukuran 4 m x 3 m, dengan dimensi kolom dan balok masing-masing 15 cm x 15 cm. Dinding bata dipilih karena memiliki kekuatan tekan yang tinggi dan daya tahan terhadap beban lateral, sementara beton diklasifikasikan berdasarkan kekuatan dan modulus elastisitasnya. Prosedur penelitian meliputi pembebanan lateral untuk mengukur respons struktur, dengan parameter yang diukur termasuk gaya maksimum dan deformasi, dengan detail properties dirincikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Table 2. Properties Bata Merah (Hutajulu, Tarigan, and Tarigan 2018)

Jenis dinding	Nilai	Satuan
Berat jenis	1373,55	kg/mm3
Panjang	195,23	mm
Tinggi	52,28	mm
Tebal	95,29	mm

Table 3. Data Material Benda Uji (Hutajulu, Tarigan, and Tarigan 2018)

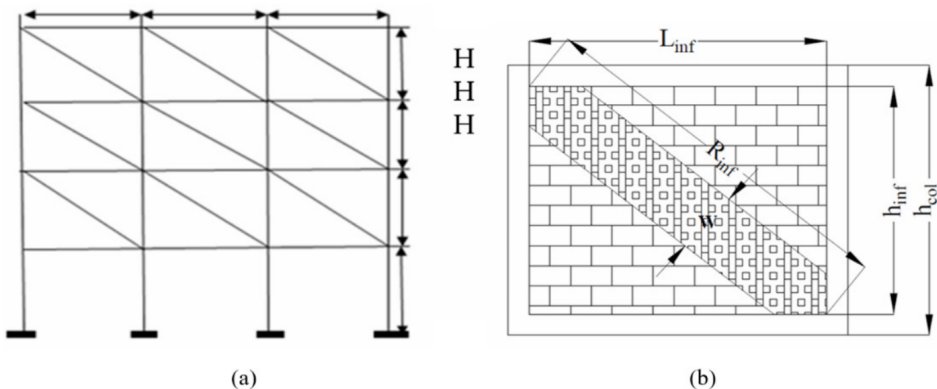
Jenis dinding	Base shear maksimum (kN)	Displacement maksimum (mm)	Base shear maksimum (%)	Displacement maksimum (%)
Solid	-2174,6	-14,617	100	0,10
Clay	-1791,1	-14,625	17,63	0,04
Hollow	-1611,1	-14,631	25,91	100

Penelitian oleh Majumder, Khan, and Nanda (2017) membahas bangunan dengan rangka beton

bertulang yang menggunakan panel dinding bata tidak diperkuat sebagai elemen non-struktural. Dalam studi ini, pengaruh dinding bata terhadap kinerja seismik bangunan RC dianalisis dengan mempertimbangkan berbagai persentase bukaan (10% hingga 40%) pada dinding *infill*. Model yang digunakan adalah bangunan tiga dimensi setinggi empat lantai, dengan enam variasi model: rangka kosong, dinding *infill* tanpa bukaan, dan dinding *infill* dengan 10%, 20%, 30%, dan 40% bukaan, untuk mengevaluasi dampaknya terhadap kinerja struktural, dengan properties pada Tabel 4.

Table 4. Properties RC Frame Model (Majumder, Khan, and Nanda 2017)

Properties	Nilai
Dimensi Balok	300x400 mm
Dimensi Kolom	450x450 mm
Tinggi Lantai	3,5 m
Berat Jenis RRC	25 kN/m ²
Berat Jenis <i>Masonry</i>	20 kN/m ²
Ketebalan Lantai	125 mm
Ketebalan Dinding Bata	250 mm



(Majumder, Khan, and Nanda 2017)

Figure 2. (a) Elevasi Pemodelan Struktur; (b) Analogi Pemodelan Strut

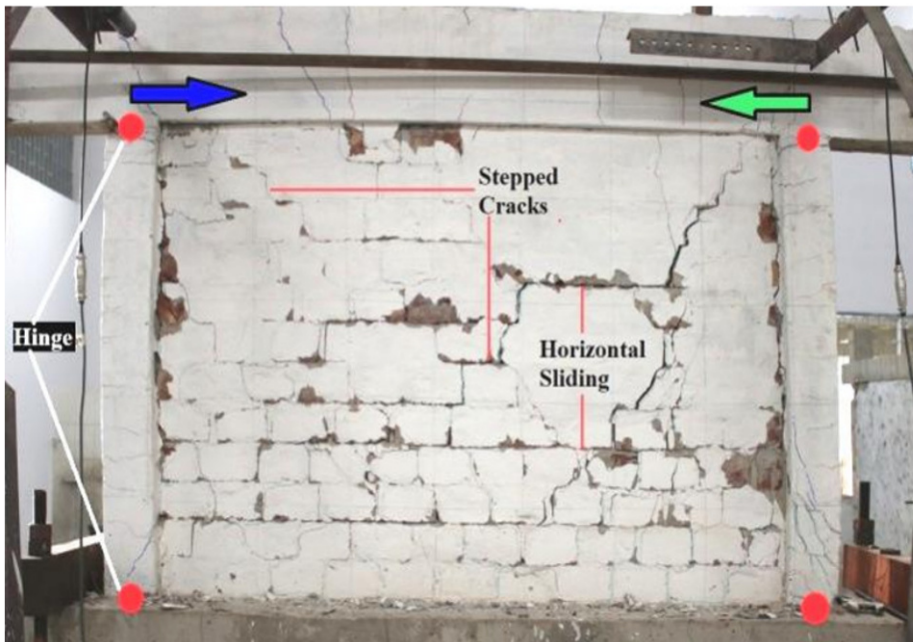
4. Perilaku Uji Dinding Bata

Penelitian oleh Mukhlis et al. (2022) mengungkapkan bahwa retakan pertama muncul di batas rangka RC dan *masonry infill* selama siklus pergeseran +0,05% (dorong). Retakan ini terbentuk di permukaan luar kolom yang mengalami tarikan di ketinggian tengah. Spesimen kemudian didorong hingga mencapai pergeseran maksimum 4,5% untuk mengamati pola kegagalan dalam analisis *pushover*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel *masonry infill* rentan terhadap dua mode kegagalan utama: retakan bertingkat dan geseran horizontal, terutama ketika menggunakan mortar berkekuatan rendah. Selama pengujian, spesimen berkekuatan rendah hanya mampu menahan beban lateral maksimum 27,6 kN pada pergeseran 0,5%, yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan spesimen rangka kekuatan biasa. Interaksi antara rangka dan *infill* sangat dipengaruhi oleh kekuatan material, di mana spesimen berkekuatan rendah menunjukkan perilaku interaksi yang berbeda dibandingkan dengan spesimen kekuatan biasa selama pemuatan siklik.



(Mukhlis et al. 2022)

Figure 3. Pola Retakan Setelah Dua Siklus Pergeseran Drift sebesar 0,05%



(Mukhlis et al. 2022)

Figure 4. Pola Retakan Akhir Setelah Siklus Pergeseran Drift sebesar 4,50%

Berdasarkan perilaku histeresis dari spesimen uji, spesimen tersebut berhasil menahan beban lateral maksimum sebesar 27,6 kN saat mengalami pergeseran cerita sebesar 0,5% dalam fase dorong. Selain itu, pada fase tarik, spesimen ini mampu menahan beban lateral maksimum sebesar -23,4 kN pada pergeseran simpangan -1,5%.

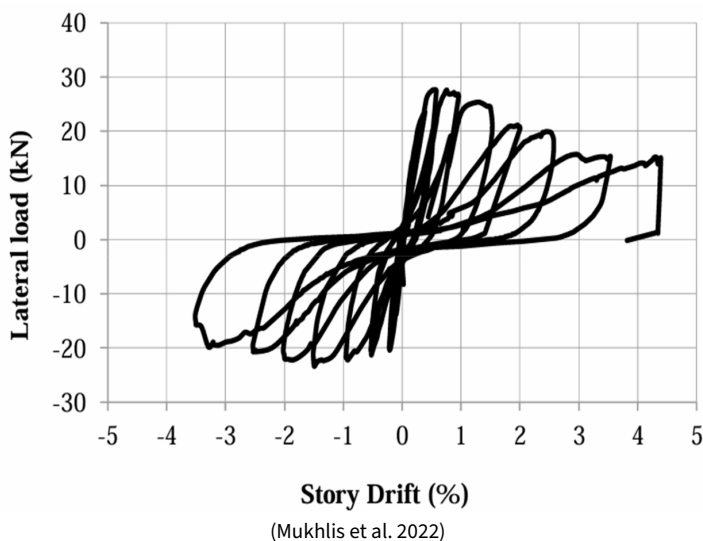


Figure 5. Hysteretic Curve Spesimen Uji oleh Mukhlis et al. (2022)

Berdasarkan grafik hubungan antara gaya lateral (lateral load) dan story drift yang diperoleh dari jurnal “An Experimental Study On Cyclic Loading of Conventional Masonry Infilled RC Frame” oleh Mukhlis et al. (2022) ini, kekakuan elemen struktur dihitung berdasarkan perubahan gaya lateral (ΔF) terhadap perubahan story drift (Δ). Hasil analisis menunjukkan bahwa kekakuan maksimum (k_{max}) mencapai 4,101 kN/mm dengan puncak gaya lateral sebesar 28,264 kN, yang terjadi pada segmen dengan perubahan drift antara 0% hingga 1%. Sementara itu, kekakuan rata-rata (k_{avg}) setelah dilakukan perhitungan, yaitu sebesar 1,644 kN/mm, yang mencerminkan distribusi kekakuan secara keseluruhan pada siklus beban geser lateral.

Perhitungan ini dilakukan dengan mendasarkan pada setiap puncak Lateral Load segmen utama dari grafik, di mana kekakuan yang didapat bervariasi mulai dari 0 hingga yang terbesar yaitu 8,94 kN/mm. Nilai-nilai ini menunjukkan kapasitas struktur untuk menahan beban lateral sebelum mengalami deformasi yang signifikan, dengan kekakuan puncak menunjukkan respon optimal pada portal. Adapun detail perhitungan dari kekakuan Gambar 5 dapat dilihat pada Tabel 5.

Penelitian oleh Hutajulu, Tarigan, and Tarigan (2018) menunjukkan bahwa leleh pertama terdeteksi pada langkah kedua dengan gaya geser dasar sebesar 54,51 kg dan perpindahan target sebesar 0,02 mm. Proses analisis berlanjut hingga langkah keempat belas, di mana gaya geser maksimum tercatat mencapai 1451,91 kg dengan perpindahan maksimum 15 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa semua langkah kinerja berada dalam batas aman *Life Safety* (LS), menandakan kinerja struktur yang baik. Sebaliknya, untuk portal 2D yang dilengkapi dinding bata, leleh pertama juga terjadi pada langkah kedua namun dengan gaya geser dasar yang lebih tinggi yaitu 3076,91 kg dan perpindahan target sebesar 1,133 mm. Analisis berakhir pada langkah keenam dengan gaya geser maksimum mencapai 7490,93 kg dan perpindahan maksimum sebesar 16,59 mm. Portal 2D tanpa dinding bata menunjukkan kinerja yang baik, dengan semua langkah kinerja berada dalam batas aman *Life Safety* (LS) meskipun mengalami gaya geser maksimum yang lebih rendah. Sebaliknya, portal 2D yang dilengkapi dinding bata mengalami leleh pada gaya geser dasar yang lebih tinggi dan menunjukkan

Table 5. Hasil Analisis Kekakuan Berdasarkan *Hysteretic Curve* Spesimen Uji oleh Mukhlis *et al.* (2022)

<i>Story drift (%)</i>	<i>Lateral load (kN)</i>	<i>Drift ratio (%)</i>	<i>Displacement (mm)</i>	<i>Kekakuan (kN/mm)</i>
-3,544	-15,670	-0,035	-43,349	0,361
-3,285	-19,429	-0,033	-40,177	0,484
-2,540	-20,389	-0,025	-31,061	0,656
-1,966	-21,970	-0,020	-24,044	0,914
-1,478	-23,235	-0,015	-18,081	1,285
-0,934	-22,315	-0,009	-11,428	1,953
-0,505	-21,390	-0,005	-6,176	3,463
-0,190	-20,775	-0,002	-2,324	8,940
0,563	28,264	0,006	6,892	4,101
0,764	27,632	0,008	9,349	2,956
0,994	27,000	0,010	12,155	2,221
1,511	24,484	0,015	18,475	1,325
1,999	20,719	0,020	24,451	0,847
2,544	20,077	0,025	31,113	0,645
2,976	15,688	0,030	36,392	0,431
3,520	15,046	0,035	43,052	0,349
4,413	15,341	0,044	53,971	0,284
4,357	0,958	0,044	53,286	0,018
4,437	0,000	0,044	54,264	0,000

keruntuhan pada langkah kinerja yang lebih awal. Hal ini menandakan bahwa meskipun dinding bata dapat meningkatkan kapasitas beban lateral, struktur tersebut juga lebih rentan terhadap keruntuhan jika tidak dirancang dengan baik.

Berdasarkan kurva *pushover* ini, maka dilakukan analisis untuk menghitung kekakuan pada portal dengan dinding dan tanpa dinding, di mana didapatkan hasil bahwa portal yang tidak menggunakan dinding (*bare frame*) memiliki kekakuan puncak sebesar 10,386 kN/mm pada *displacement* 0,560 mm. Sedangkan portal yang dilengkapi dengan dinding (*infilled frame*) memiliki kekakuan puncak yang lebih besar dibandingkan dengan portal tanpa dinding, yaitu 27,362 kN/mm pada *displacement* 1,025 mm, dan selisih rerata kekakuan antara keduanya mencapai 66,242%. Menunjukkan perbedaan signifikan di mana portal dengan dinding cenderung lebih kaku dibandingkan portal tanpa dinding. Adapun detail selisih kekakuan portal dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 7, portal tanpa dinding dan portal dengan dinding memiliki perbedaan nilai *base shear* yang signifikan. Pada portal tanpa dinding, *base shear* puncak terjadi pada *displacement* 15,029 mm, yaitu sebesar 14,025 kN, sedangkan pada portal dengan dinding memiliki *base shear* maksimum pada *displacement* 8,578 mm, yaitu sebesar 74,918 kN. Perbedaan ini menunjukkan bahwa keberadaan dinding pada struktur portal memberikan kontribusi yang besar terhadap kekakuan dan kemampuan struktur dalam menahan beban lateral. Dinding berfungsi untuk mendistribusikan gaya geser lebih efisien dan mengurangi deformasi lateral, sehingga menghasilkan nilai *base shear* yang lebih tinggi pada *displacement* yang lebih kecil. Hal ini menegaskan pentingnya perancangan elemen struktural yang tepat untuk meningkatkan kinerja bangunan dalam menghadapi beban seismik.

Penelitian oleh Majumder, Khan, and Nanda (2017) menunjukkan bahwa peningkatan persentase bukaan pada bangunan berpengaruh signifikan terhadap perilaku strukturalnya. *Displacement* lateral di tingkat atap meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah bukaan, sementara gaya geser dasar juga meningkat ketika *infill frame* diperhitungkan, tetapi akan menurun jika persentase bukaan berkurang. Selain itu, peningkatan persentase bukaan berkontribusi pada peningkatan periode waktu

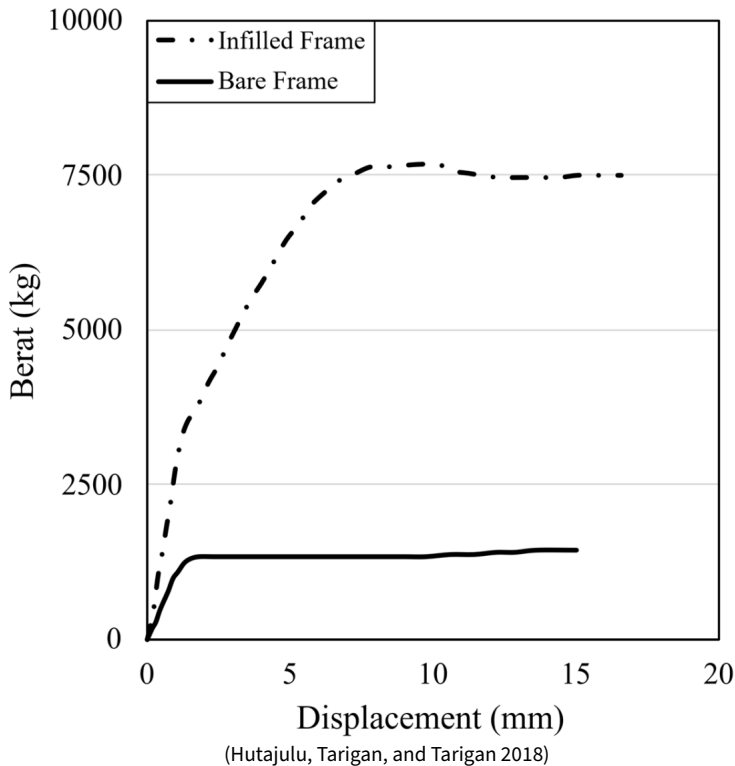


Figure 6. Kurva *Pushover Displacement* vs Beban pada Portal Tanpa Dinding dan Dengan Dinding oleh Hutajulu, Tarigan, and Tarigan (2018)

Table 6. Hasil Analisis Kekakuan Berdasarkan Kurva *Pushover Displacement* vs Beban oleh Hutajulu, Tarigan, and Tarigan (2018)

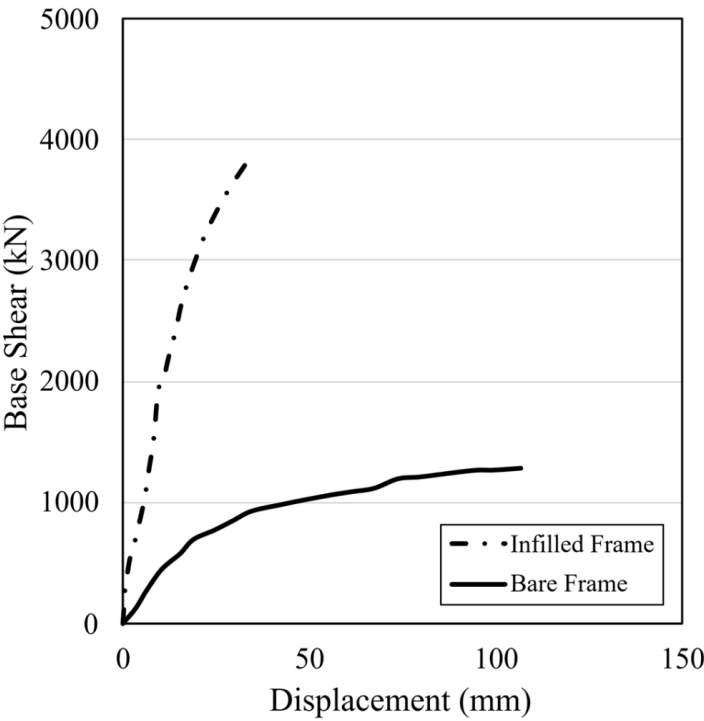
<i>Bare frame</i>		<i>Infilled frame</i>		Selisih kekakuan (kN/mm)
<i>Displacement</i> (mm)	Kekakuan (kN/mm)	<i>Displacement</i> (mm)	Kekakuan (kN/mm)	
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,172	9,926	0,172	19,945	50,232
0,560	10,386	0,513	26,013	60,072
1,077	9,847	1,025	27,362	64,014
1,509	8,389	1,412	24,477	65,729
2,375	5,474	2,145	18,983	71,161
3,284	3,959	3,093	15,928	75,146
5,881	2,210	5,724	12,013	81,600
8,219	1,582	8,578	8,734	81,889
10,643	1,254	10,700	6,938	81,932
12,894	1,061	12,302	5,951	82,167
15,058	0,931	15,029	4,894	80,968

fundamental, yang menunjukkan bahwa fleksibilitas bangunan meningkat.

Berdasarkan Gambar 7, struktur tanpa dinding menghasilkan *base shear* yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan struktur yang menggunakan dinding, di mana hasil *base shear bare frame* adalah

Table 7. Hasil Analisis *Base Shear* Berdasarkan Kurva *Pushover Displacement* vs Beban oleh Hutajulu, Tarigan, and Tarigan (2018)

<i>Bare frame</i>		<i>Infilled frame</i>		<i>Selisih base shear</i>
<i>Displacement (mm)</i>	<i>Base shear (kN)</i>	<i>Displacement (mm)</i>	<i>Base shear (kN)</i>	(%)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,172	1,710	0,172	3,421	50,000
0,513	5,815	0,513	13,342	56,413
1,025	10,605	1,025	28,052	62,195
1,412	12,657	1,412	34,552	63,367
2,145	13,000	2,145	40,709	68,067
3,093	13,000	3,093	49,262	73,611
5,724	13,000	5,724	68,760	81,094
8,578	13,000	8,578	74,918	82,648
10,700	13,342	10,700	74,234	82,027
12,302	13,683	12,302	73,208	81,309
15,029	14,025	15,029	73,550	80,931



(Majumder, Khan, and Nanda 2017)

Figure 7. Perbandingan Kurva *Pushover* Struktur Tanpa Dinding dan Dengan Dinding oleh Majumder, Khan, and Nanda (2017)

1286,900 kN sedangkan struktur dengan dinding memiliki *base shear* mencapai 3846,100 kN. Adapun detail hasil *displacement* dan *base shear* berdasarkan Kurva *Pushover* oleh Majumder, Khan, and Nanda (2017) dapat dilihat pada Tabel 8.

Table 8. Hasil *Base Shear* Berdasarkan Kurva *Pushover Displacement* vs *Base Shear* oleh Majumder, Khan, and Nanda (2017)

<i>Bare frame</i>		<i>Infilled frame</i>		<i>Selisih base shear</i>
<i>Displacement (mm)</i>	<i>Base shear (kN)</i>	<i>Displacement (mm)</i>	<i>Base shear (kN)</i>	(%)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,502	129,000	0,312	140,600	8,250
6,279	270,500	0,546	268,600	0,707
10,465	450,800	1,816	524,700	14,084
15,401	580,200	2,506	584,100	0,668
18,911	696,400	3,820	755,500	7,823
24,596	774,900	5,799	1024,600	24,370
29,564	853,200	7,069	1280,700	33,380
34,532	931,500	8,340	1536,800	39,387
42,383	985,100	9,521	1933,400	49,048
48,809	1025,500	10,867	200,5400	48,863
55,951	1066,200	12,225	2190,000	51,315
61,669	1093,600	14,228	2420,700	54,823
67,386	1121,000	15,539	2612,900	57,097
73,788	1199,700	17,551	2830,900	57,621
79,513	1214,300	19,587	3010,500	59,665
86,664	1242,200	21,631	3177,400	60,905
94,531	1270,300	24,384	3357,200	62,162
99,548	1271,900	28,538	3588,700	64,558
106,707	1286,900	34,108	3846,100	66,540

Berdasarkan hasil data *displacement* dan *base shear* yang tercantum dalam Tabel 8, terlihat bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara portal dengan dinding dan tanpa dinding dalam penelitian yang dilakukan oleh Majumder, Khan, and Nanda (2017). Selisih nilai *base shear* antara kedua jenis portal tersebut mencapai 38,063%, menunjukkan bahwa keberadaan dinding memberikan kontribusi yang besar terhadap kemampuan struktur dalam menahan gaya geser. Selain itu, perbedaan *base shear* juga sangat mencolok dengan selisih terbesar 66,540%. Hal ini menunjukkan bahwa dinding berfungsi untuk meningkatkan stabilitas struktur secara keseluruhan. Di sisi lain, portal tanpa dinding mengalami *displacement* yang jauh lebih besar, mencapai 106,707 mm. Namun, setelah penambahan dinding, *displacement* puncak portal tersebut menurun drastis menjadi hanya 34,108 mm. Penurunan ini menunjukkan bahwa dinding tidak hanya membantu meningkatkan kekakuan tetapi juga mengurangi deformasi lateral yang dialami oleh struktur saat terkena beban lateral.

Hasil analisis kekakuan struktur yang terdapat pada penelitian oleh Majumder, Khan, and Nanda (2017) menunjukkan bahwa terdapat peningkatan yang signifikan dalam kekakuan struktur ketika dinding bata diperhitungkan dalam desain, dibandingkan dengan struktur tanpa dinding. Selisih kekakuan maksimum antara kedua jenis struktur ini mencapai 91,826%, yang mencerminkan betapa besar pengaruh dinding terhadap kemampuan bangunan untuk menahan deformasi. Rata-rata selisih kekakuan antara kedua struktur tersebut adalah 83,540%, yang menegaskan konsistensi hasil ini di berbagai kondisi. Struktur tanpa dinding hanya mampu mencapai maksimum kekakuan sebesar 43,080 kN/mm, sedangkan struktur yang dilengkapi dengan dinding bata menunjukkan kemampuan

Table 9. Hasil Analisis Kekakuan Berdasarkan Kurva *Pushover Displacement vs Base Shear* oleh Majumder, Khan, and Nanda (2017)

<i>Bare frame</i>		<i>Infilled frame</i>		Selisih kekakuan
<i>Displacement (mm)</i>	Kekakuan (kN/mm)	<i>Displacement (mm)</i>	Kekakuan (kN/mm)	(kN/mm)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,502	36,836	0,312	450,641	91,826
6,279	43,080	0,546	491,941	91,243
10,465	43,077	1,816	288,932	85,091
15,401	37,673	2,506	233,081	83,837
18,911	36,825	3,820	197,775	81,380
24,596	31,505	5,799	176,686	82,169
29,564	28,859	7,069	181,171	84,071
34,532	26,975	8,340	184,269	85,361
42,383	23,243	9,521	203,067	88,554
48,809	21,010	10,867	184,540	88,615
55,951	19,056	12,225	179,141	89,363
61,669	17,733	14,228	170,136	89,577
67,386	16,636	15,539	168,151	90,107
73,788	16,259	17,551	161,296	89,920
79,513	15,272	19,587	153,699	90,064
86,664	14,334	21,631	146,891	90,242
94,531	13,438	24,384	137,680	90,240
99,548	12,777	28,538	125,752	89,840
106,707	12,060	34,108	112,762	89,305

yang jauh lebih tinggi, yaitu mencapai 491,941 kN/mm.

5. Kesimpulan

Berdasarkan tinjauan pustaka dari beberapa jurnal, dapat disimpulkan bahwa:

- Pengaruh Dinding: Keberadaan dinding pada struktur secara signifikan meningkatkan kekakuan dan kapasitas bangunan dalam menahan gaya lateral.
- Penelitian oleh Mukhlis et al. (2022) mencatat kekakuan maksimum elemen struktur dengan dinding sebesar 4,101 kN/mm dengan puncak gaya lateral sebesar 28,264 kN dengan rerata 1,644 kN/mm, yang mencerminkan pola distribusi kekakuan secara keseluruhan pada siklus beban geser lateral.
- Hutajulu, Tarigan, and Tarigan (2018) dalam penelitiannya menemukan bahwa kekakuan puncak pada portal yang ditelitinya, yaitu portal tanpa dinding, memiliki puncak kekakuan sebesar 10,386 kN/mm pada *displacement* 0,560 mm. Sedangkan portal yang dilengkapi dengan dinding (*infilled frame*) 27,362 kN/mm pada *displacement* 1,025 mm dengan selisih rerata kekakuan 66,242%.
- Penelitian oleh Majumder, Khan, and Nanda (2017) menunjukkan perbedaan signifikan *base shear bare frame* sebesar 1500 kN dan struktur dengan dinding mencapai 4000 kN, dengan selisih kekakuan maksimum antara keduanya 91,826% dan rerata selisih sebesar 83,540%. Struktur tanpa dinding memiliki maksimum kekakuan 43,080 kN/mm, sementara struktur dengan dinding bata mencapai hingga 491,941 kN/mm.

Peningkatan kekakuan yang drastis ini menunjukkan bahwa dinding bata tidak hanya berfungsi sebagai elemen pemisah ruang, tetapi juga sebagai komponen struktural yang sangat penting dalam

meningkatkan stabilitas dan ketahanan bangunan terhadap beban lateral. Penambahan dinding bata pada struktur secara signifikan meningkatkan kekakuan, sehingga sangat disarankan untuk dipertimbangkan dalam perancangan bangunan guna memastikan keselamatan dan kinerja yang optimal saat menghadapi kondisi beban seismik atau angin.

References

- Agrawal, Nikhil, P. B Kulkarni, and Pooja Raut. 2013. Analysis of masonry infilled r.c.frame with & without opening including soft storey by using equivalent diagonal strut method. *International Journal of Scientific and Research Publications* 3, no. 9 (September): 1–8. issn: 2250-3153.
- Bertero, Vitelmo, and Steven Brokken. 1983. Infills in seismic resistant building. *Journal of Structural Engineering* 109 (6): 1337–1361. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1983\)109:6\(1337\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1983)109:6(1337)).
- Decanini, Luis, Fabrizio Mollaioli, Andrea Mura, and Rodolfo Saragoni. 2004. Seismic performance of masonry infilled r/c frames. In *13th world conference on earthquake engineering*, 1–15. Vancouver, B.C., Canada, August.
- Hashemi, Alidad, and Khalid M. Mosalam. 2007. *Seismic evaluation of reinforced concrete buildings including effects of masonry infill walls*. Technical report PEER Report 2007/100. Pacific Earthquake Engineering Research Center College of Engineering University of California, Berkeley.
- Hutajulu, Marsaulina, Johannes Tarigan, and Perwira Tarigan. 2018. Analisa pushover dan eksperimen struktur portal dengan dinding batubata dengan menggunakan angkur pada kolom dan balok pada non engineered building. *Media Komunikasi Teknik Sipil* 24, no. 12 (December): 158–166. <https://doi.org/10.14710/mkts.v24i2.19914>.
- Koutromanos, Ioannis. 2011. Numerical analysis of masonry-infilled reinforced concrete frames subjected to seismic loads and experimental evaluation of retrofit techniques. PhD thesis, University Of California, San Diego.
- Leksono, Redha Sadhu, Data Iranata, and Heppy Kristijanto. 2012. Studi pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata pada bangunan bertingkat. *Jurnal Teknik ITS* 1 (1): 30–33. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v1i1.1024>.
- Maidiawati, Maidiawati, Jafril Tanjung, and Hamdeni Medriosa. 2017. Pengaruh dinding bata dengan bukaan (lobang) terhadap ketahanan lateral struktur rangka beton bertulang. *Jurnal Teknik Sipil* 24 (2): 145–152. <https://doi.org/10.5614%2Fjts.2017.24.2.5>.
- Maidiawati, Yasushi Sanada, Daisuke Konishi, and Jafril Tanjung. 2011. Seismic performance of nonstructural brick walls used in indonesian r/c buildings. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 10 (1): 203–210. <https://doi.org/10.3130/jaabe.10.203>.
- Majumder, S., H. A. Khan, and R. P. Nanda. 2017. Pushover analysis of multi-storied rc buildings with and without openings in infill walls. *Journal of Civil Engineering and Environmental Technology* 4 (1): 68–72.
- Medriosa, Hamdeni, Zaidir Zaidir, Jafril Tanjung, and Maidiawati Maidiawati. 2024. An analytical model of walls with openings variation using the diagonal strut method. *Civil and Environmental Engineering* 20 (1): 134–147. <https://doi.org/10.2478/cee-2024-0012>.
- Mukhlis, Mohammad Raihan, Farjana Khanam, S M Muhaiminul Islam, Anik Das, Abdur R Bhuiyan, and A. M. Sikder. 2022. An experimental study on cyclic loading behavior of conventional masonry infilled rc frame. In *6th international conference on advances in civil engineering (icace-2022)*, 746–754. Chattogram, Bangladesh, December.
- Paulay, Thomas, and M. J. N. Priestley. 1992. *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings*. John Wiley & Sons, Inc., April. isbn: 9780471549154.
- Sattar, Siamak, and Abbie B. Liel. 2016. Seismic performance of nonductile reinforced concrete frames with masonry infill walls—ii: collapse assessment. *Earthquake Spectra* 32 (2): 819–842. <https://doi.org/10.1193/091514eqs141m>.