
Volume 1 *Special Issue*, Nomor 4, Februari, 2018 - 845
Hidrologi, Lingkungan dan Struktur

sebagai beban mati. Menurut Maidiawati dan Tanjung tahun 2016 menyatakan bahwa struktur bangunan dengan dinding bata merah mempunyai kekakuan struktur yang besar. Ditinjau dari aspek kegempaan, struktur bangunan dengan kekakuan yang besar maka semakin besar pula beban gempa yang bekerja.

Tujuan dari penelitian ini menganalisis perilaku portal beton bertulang dengan dinding pengisi bata merah. Hasil penelitian ini dibandingkan dengan perilaku yang terjadi pada portal beton bertulang tanpa dinding.

KAJIAN PUSTAKA

Portal Beton Bertulang

Portal merupakan suatu sistem struktur yang terdiri dari balok dan kolom dengan titik hubung kaku antara elemen vertikal dan horizontal yang berfungsi untuk menahan beban. Schodek (1999) menyebutkan kekakuan titik hubung memberikan banyak kestabilan terhadap gaya lateral. Beban yang bekerja secara lateral semisal gaya angin dan gempa dapat menyebabkan struktur runtuh secara lateral jika titik hubungnya tidak cukup kaku. Kekurangkakuan antara kolom dan balok dapat diperbaiki oleh dinding pengisi.

Dinding

Dinding merupakan bagian bangunan yang keberadaanya vertikal dan memanjang serta berfungsi untuk membatasi suatu ruang terhadap ruang yang lain dan juga berfungsi sebagai pemikul beban (Julistiono, 2003). Anonim (2002) menyebutkan dinding terdiri dari dua macam, yaitu dinding pasangan (non struktural) dan dinding struktur.

Dinding pasangan

Dinding pasangan adalah sekumpulan unit batu bangunan yang biasanya direkatkan dengan mortar. Di Indonesia elemen utama untuk dinding pasangan umumnya terbuat dari bata merah yang masih diproduksi secara tradisional. Hal ini menyebabkan dimensi dan kekuatan dari bata merah bervariasi. Menurut Whitlock (1999) kuat tekan pasangan dinding bata merah berkisar antara 6,9 s/d 27,6 MPa.

Perilaku Portal dengan Dinding Pengisi akibat Beban Lateral

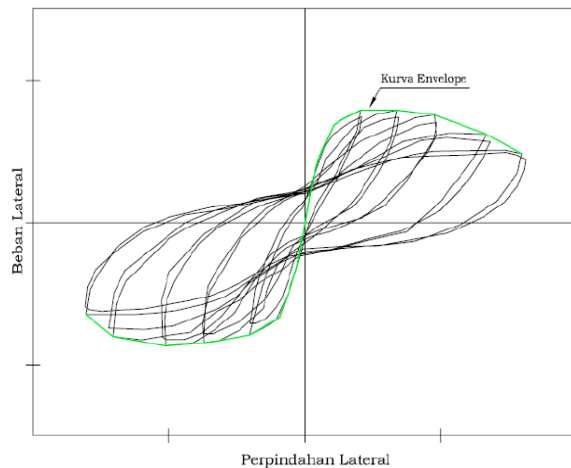
Tanjung dan Maidiawati (2016) telah melakukan pengujian laboratorium struktur portal tunggal beton bertulang yang diisi dinding bata merah serta dibebani beban lateral. Struktur portal diperkecil dengan skala 1:4 tanpa dinding digunakan sebagai acuan. Dua tipe bata merah dilakukan dalam pengujian, yaitu bata merah dengan skala diperkecil 1:4 dan bata merah dengan skala diperkecil 1:2, untuk masing-masing benda uji. Salah satu dari masing-masing benda uji tersebut diiplester pada kedua sisinya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dinding bata merah mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap ketahanan lateral struktur beton bertulang. Peningkatan ketahanan lateral juga diperoleh dengan penggunaan ukuran bata merah yang lebih besar dan penggunaan plesteran pada kedua sisi dinding.

Parameter Kinerja Dinding Pengisi pada Beton Bertulang

Pengujian struktur terhadap beban lateral siklik menghasilkan suatu kurva histeritik

perilaku struktur terhadap beban siklik diperlihatkan pada Gambar 1. Beban siklik merupakan suatu beban yang terjadi secara berulang. Beban siklik yang diterima oleh suatu konstruksi bisa menjadi salah satu penyebab terjadinya keruntuhan dikarenakan terjadinya kegagalan *fatigue*, dimana beton pecah pada saat menerima beban berulang.

Dari kurva Gambar 1 dapat diketahui parameter kinerja struktur akibat beban lateral siklik diantaranya: kapaistas kekuatan puncak, penurunan kekauan, energi disipasi dan daktilitas.



Gambar 1. Tipikal Kurva Histeritik Perilaku Struktur Terhadap Beban Siklik
Sumber : Wijaya (2009)

Kapasitas kekuatan puncak

Kapasitas kekuatan puncak struktur diambil dari titik tertinggi dari envelope kurva histeritik pada pembebanan tekan dan tarik.

Penurunan kekakuan

Kekakuan benda uji pada suatu siklus pembebanan didefinisikan sebagai kemiringan garis yang menghubungkan titik puncak tarik dan titik puncak tekan pada siklus tersebut atau lebih dikenal dengan kekakuan *secant*.

Perhitungan kekakuan *secant* diperlihatkan pada Gambar 2.

Penurunan kekakuan dapat dihitung dengan Persamaan 1 berikut ini:

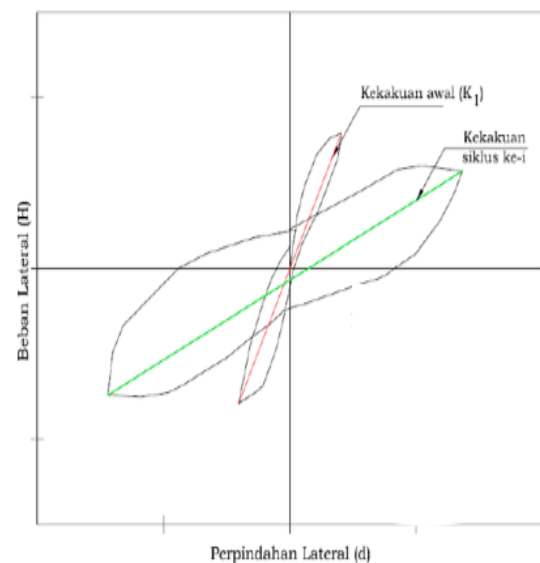
$$\text{Penurunan kekakuan} = \frac{K_i}{K_1}$$

Dimana

K_1 = kekakuan awal;

K_i = kekakuan siklus ke- i yang dihitung dengan Persamaan 2 berikut ini:

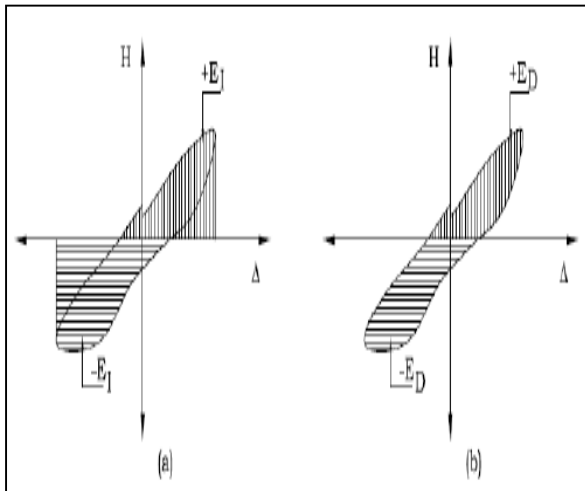
$$K_i = \frac{H_i^+ - H_i^-}{d_i^+ - d_i^-}$$



Gambar 2. Kekakuan dan Penurunan Kekakuan
Sumber : Wijaya (2009)

Energi disipasi

Energi total yang diberikan kepada struktur pada suatu pembebanan disebut energi input. Sebagian energi input yang diberikan pada struktur diserap (didisipasi) oleh struktur melalui mekanisme kerusakan berupa keretakan struktur dan kelelahan tulangan. Pada kurva histeritik, energi input diidentifikasi sebagai luas daerah yang dibatasi kurva tertutup histeresis beban dan perpindahan. Definisi energi input dan energi disipasi diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Definisi Energi Input dan Energi Disipasi Struktur

Sumber : Wijaya (2009)

Energi disipasi dapat dihitung dengan Persamaan 3 berikut ini:

$$E_I = E_E + E_D$$

Dimana

E_I = energi input total;

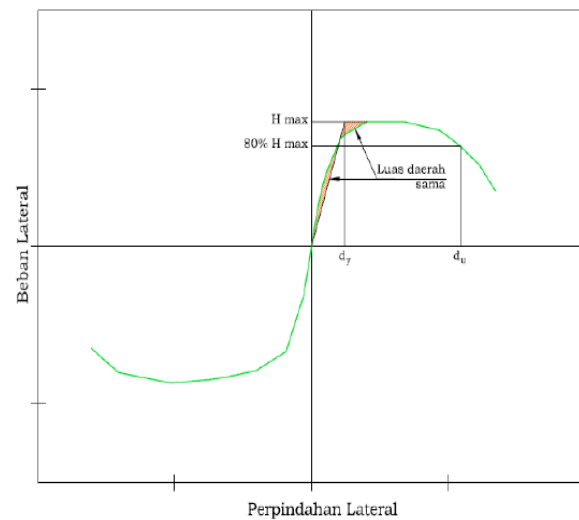
E_E = energi elastis;

E_D = energi disipasi.

Daktilitas Struktur

Daktilitas struktur merupakan sebagai kemampuan struktur untuk mengalami deformasi tanpa mengalami kehilangan kekakuan yang signifikan. Secara umum daktilitas dinyatakan sebagai perbandingan antara perpindahan ultimit dan perpindahan leleh. Berdasarkan FEMA 450 (2003) dan Tomazevic (1999) yang dikutip oleh Wira (2009), perpindahan ultimit ditentukan dari perpindahan saat kekuatan puncak telah turun sebesar 20% atau dengan kata lain struktur masih memiliki kekuatan 80% dari kekuatan maksimum. Perpindahan leleh ditentukan dengan metode perpindahan berdasarkan

kesamaan kapasitas penyerapan energi (*equal energy absorption*) seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Penentuan Perpindahan Leleh dan Ultimit

Sumber : Wijaya (2009)

Daktilitas dapat dihitung dengan Persamaan 4 berikut ini:

$$\mu = \frac{d_u}{d_y}$$

Dimana:

d_u = perpindahan ultimit;

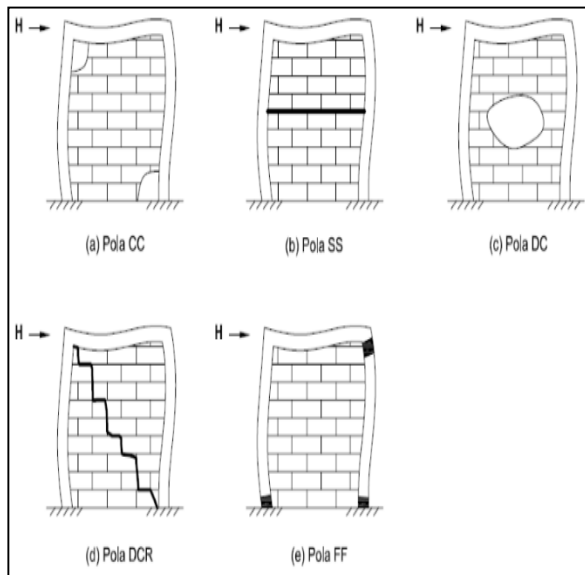
d_y = perpindahan leleh.

Pola retak dan kehancuran pada dinding pengisi

Kekuatan lateral dinding pengisi sangat tergantung pada pola keruntuhan yang terjadi. Ada dua jenis kegagalan pada dinding bata merah yang berkaitan dengan arah gaya yang bekerja yaitu *out-plane failure* yang diakibatkan oleh gaya yang bekerja tegak lurus pada bidang dinding dan *in-plane failure* yang diakibatkan oleh gaya yang bekerja sejajar pada bidang dinding.

Paulay dan Priestley (1992) menggolongkan pola keruntuhan portal dengan dinding pengisi ke dalam lima kategori dan

diperlihatkan pada Gambar 5. Diantaranya *corner crushing* (CC), *sliding shear* (SH), *diagonal compression* (DC), *diagonal cracking* (DCR) dan *frame failure* (FF).



Gambar 5. Pola Keruntuhan Portal dengan Dinding Pngisi
Sumber : Paulay dan Priestley (1992)

METODOLOGI PENELITIAN

Pekerjaan Persiapan

Dalam pekerjaan persiapan ini yang dilakukan adalah mempersiapkan material yang digunakan dalam pembuatan portal beton bertulang seperti pasir, kerikil, semen, air, baja tulangan dan bata merah. Pengujian pada agregat berupa pemeriksaan sifat fisis meliputi pemeriksaan berat jenis, absorpsi, berat volume dan susunan butiran agregat. Kemudian kontrol mutu yang dilakukan pengujian kuat tekan beton, pengujian kuat tekan mortar dan pengujian kuat tarik tulangan portal. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.

Perencanaan Portal Beton Bertulang

Portal beton bertulang yang diuji berukuran 2350×3300 mm berjumlah 2 sampel yaitu: portal beton bertulang tanpa dinding dan portal beton bertulang berdinding bata merah dengan plasteran. Detail untuk masing-masing portal bertulang diperlihatkan pada Tabel 1.

Prosedur Pengujian dan Pola Pembebanan

Pengujian portal dilakukan dengan beban lateral siklik seperti pada Gambar 6. Pengujian lateral siklik dilakukan dengan memberikan beban *quasi-static* dengan arah pembebanan sejajar bidang balok (*in plane*) pada balok bagian atas portal. Mekanisme pembebanan dilakukan dengan kontrol beban yang ditentukan oleh perpindahan maksimum yang terukur dari LVDT dari join kolom-balok. Pembebanan lateral diberikan dalam siklus. Siklus pembebanan diberikan pada beban 0,50 tf; 1,00 tf; 1,50 tf dan kelipatannya kemudian ditekan sampai dengan benda uji hancur.

Pembacaan pembebanan dilakukan sampai dengan benda uji hancur (tercapainya beban ultimit). Pola retak diamati pada setiap siklus beban dengan membuat gambar pola retak yang terjadi pada portal menggunakan spidol/alat gambar lainnya.

Analisis Data

Analisis data yang ditampilkan yaitu grafik hubungan beban dan perpindahan akibat beban lateral siklik, kapasitas kekuatan maksimum, penurunan kekakuan *secant*, energi disipasi dan daktilitas pada portal beton

bertulang berisi dinding bata merah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban dan Perpindahan Lateral pada Portal

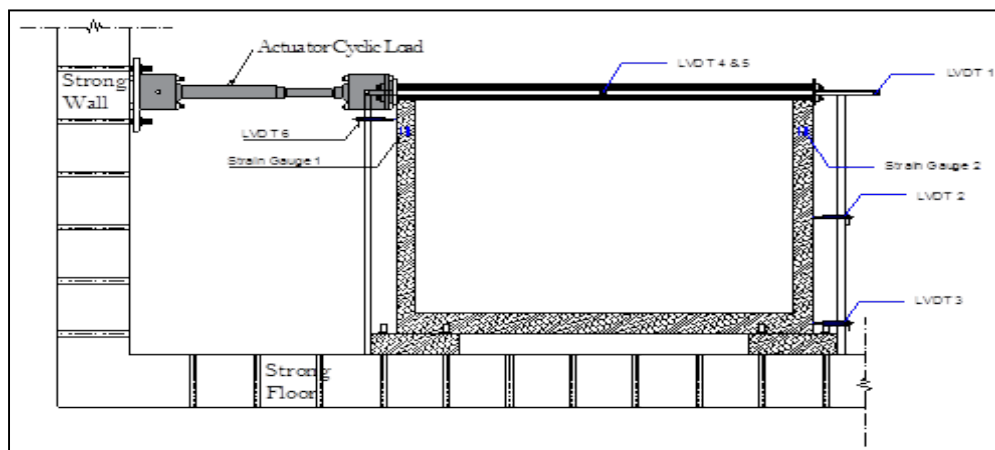
Berikut grafik beban dan perpindahan lateral akibat beban lateral siklik pada portal

berisi dinding bata merah dan portal tanpa dinding. Gambar 7 diperlihatkan perpindahan lateral maksimum yang terjadi pada portal berisi dinding bata merah sebesar 27,70 mm.

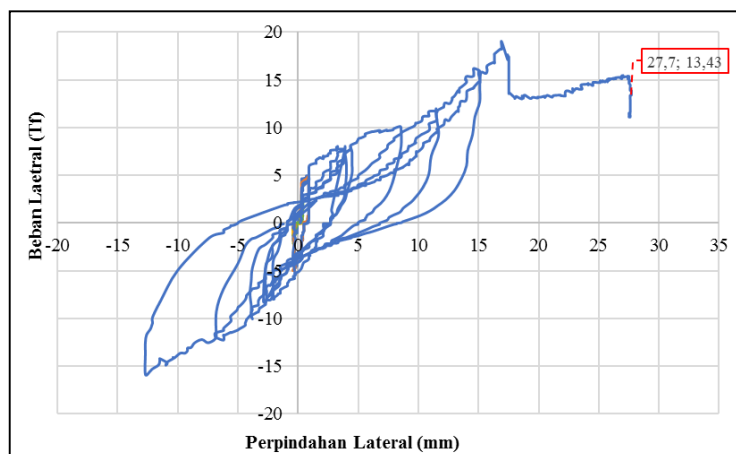
Perpindahan lateral maksimum yang terjadi pada portal tanpa dinding sebesar 230,20 mm

Tabel 1. Ukuran Benda Uji Portal Beton Bertulang

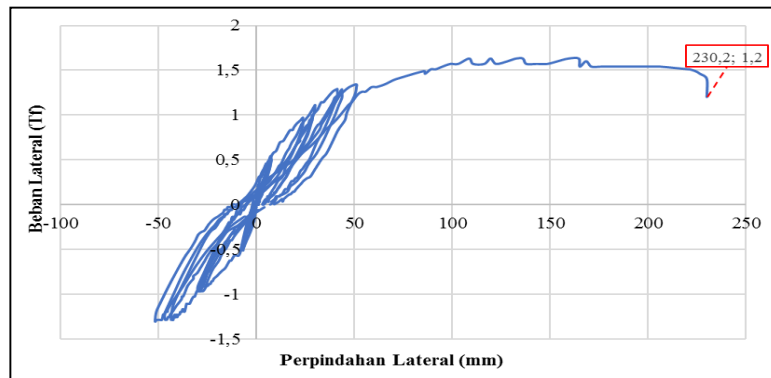
Benda Uji	Elemen	Ukuran (mm)	Material				Variabel yang Diuji
			Beton	Tul. Utama	Tul. Sengkang	Tul. Angkur	
PTD1	Balok	150×150	$f'_c = 20 \text{ MPa}$	4Ø12 mm	Ø8 – 150	-	Perilaku PBB tanpa dinding
	Kolom	150×150	Uk. maks. agregat= 25,4 mm	$f_y = 235 \text{ MPa}$			
	Sloof	200×150					
	Dinding	-	-				
PDB2	Balok	150×150	$f'_c = 20 \text{ MPa}$	4Ø12 mm	Ø8 – 150	Ø8 – jarak setiap 10 lapis batu bata	Perilaku PBB berisi dinding bata merah
	Kolom	150×150	Uk.maks. agre- gat= 25,4 mm	$f_y = 235 \text{ MPa}$			
	Sloof	200×150					
	Dinding	200×100×50	Pasangan bata merah				



Gambar 6. Set Up Alat dan Portal



Gambar 7. Grafik Hubungan Beban dan Perpindahan pada Portal Dinding Bata Merah



Gambar 8. Grafik Hubungan Beban dan Perpindahan pada Portal Tanpa Dinding

Kapasitas Kekuatan Maksimum pada Portal

Kapasitas kekuatan maksimum diperoleh dari titik tertinggi dari envelope grafik hubungan beban dan perpindahan. Kapasitas kekuatan maksimum yang terjadi pada portal berisi dinding bata merah yaitu 19,00 tf. Kapasitas kekuatan maksimum yang terjadi pada portal tanpa dinding sebesar 1,63 tf.

perpindahan awal. Penurunan kekakuan terjadi pada perpindahan 4,07 mm sebesar 0,29 sedangkan pada perpindahan 15 mm terjadi penurunan kekakuan sebesar 0,14.

Pada portal tanpa dinding penurunan kekakuan terjadi secara bertahap setiap siklusnya. Penurunan kekakuan awal terjadi pada perpindahan 6,97 mm sampai dengan perpindahan 45,30 mm sebesar 0,40.

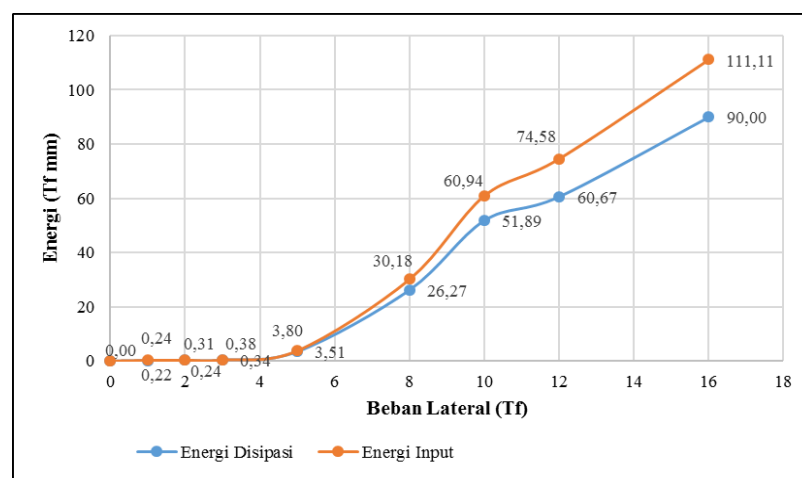
Penurunan Kekakuan *secant* pada Portal

Perhitungan penurunan kekakuan *secant* dilakukan sesuai dengan sub bab penurunan kekakuan.

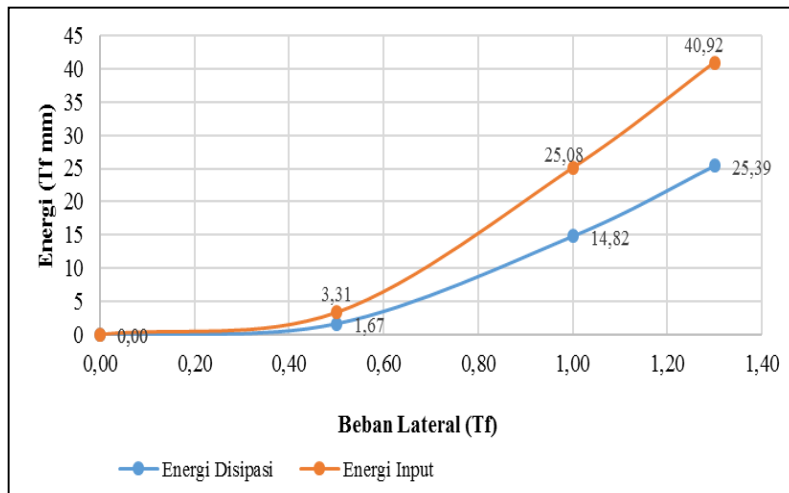
Pada portal berisi dinding bata merah tidak terjadinya penurunan kekakuan pada

Energi Disipasi pada Portal

Perhitungan energi disipasi dilakukan sesuai dengan sub bab energi disipasi. Grafik hubungan energi dengan beban dorong (*push*) yang terjadi pada portal berisi dinding bata merah dan portal tanpa dinding diperlihatkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Grafik Hubungan Energi dan Beban Dorong pada Portal Berisi Dinding Bata Merah



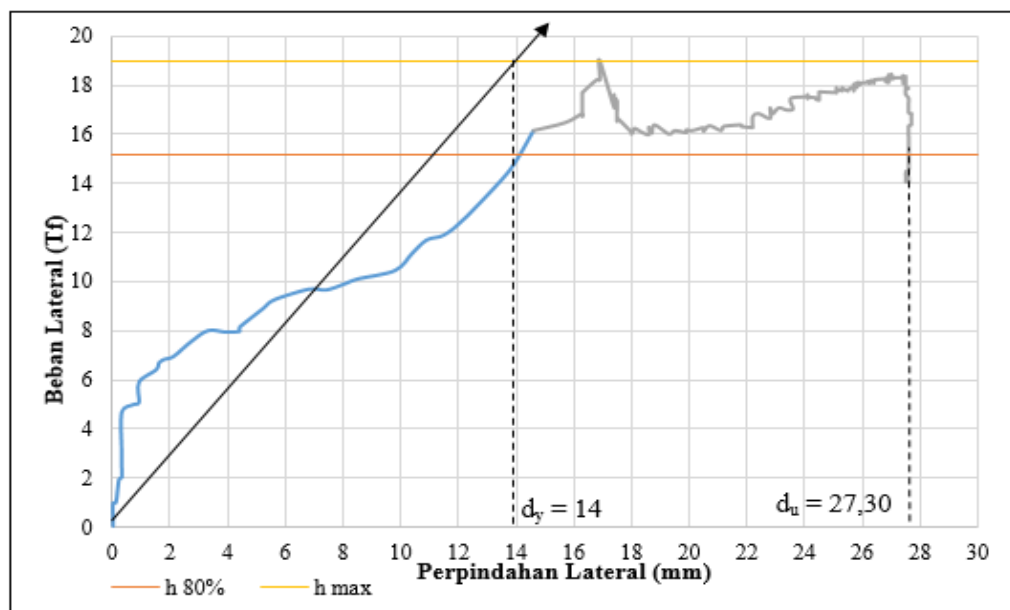
Gambar 10. Grafik Hubungan Energi dan Beban Dorong pada Portal Tanpa Dinding

Berdasarkan Gambar 9 dan Gambar 10 dapat disimpulkan nilai energi disipasi yang terjadi pada pembebanan dorong semakin besar pada setiap siklus pembebanannya. Secara keseluruhan nilai hubungan energi disipasi dengan beban dorong pada portal berisi dinding bata merah mengalami kenaikan setiap siklus pembebanan sama yaitu 1,17 kali dari energi inputnya. Pada portal tanpa dinding kenaikan setiap siklus pembebanannya antara

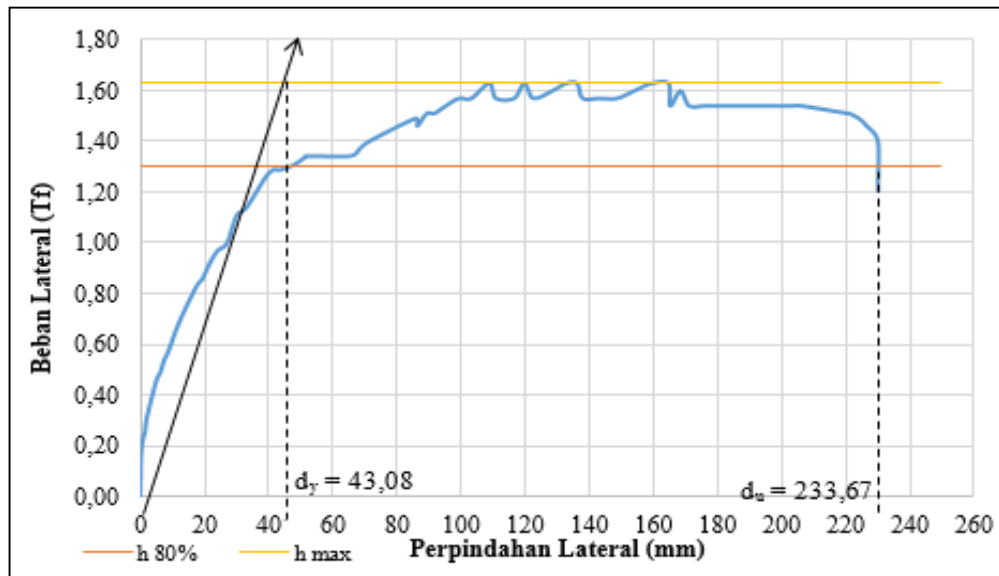
energi disipasi dan energi input sama yaitu sebesar 1,76 kali.

Daktilitas pada Portal

Daktilitas struktur didapat dari envelope grafik beban dan perpindahan lateral. Perhitungan daktilitas struktur dilakukan sesuai dengan sub bab daktilitas. Grafik hubungan beban dan perpindahan diperlihatkan pada Gambar 11. dan Gambar 12.



Gambar 11. Grafik Envelope Beban dan Perpindahan pada Portal Berisi Dinding Bata Merah



Gambar 12. Grafik Envelope Beban dan Perpindahan pada Portal Tanpa Dinding

Berdasarkan Gambar 11. didapat nilai perpindahan leleh (d_y) sebesar 14,00 mm dan perpindahan ultimit (d_u) sebesar 27,30 mm. Nilai daktilitas yang terjadi pada portal berisi dinding bata merah sebesar 1,95.

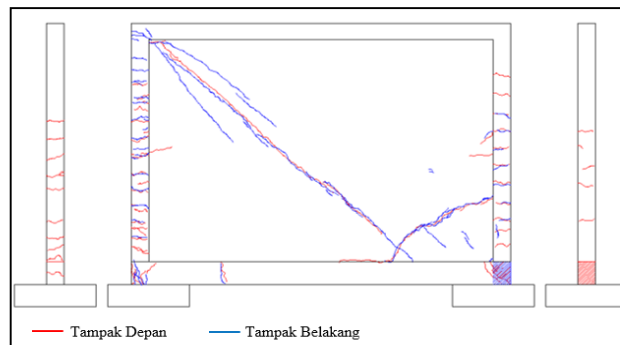
Gambar 12. didapat nilai perpindahan leleh (d_y) sebesar 43,08 mm dan perpindahan ultimit (d_u) sebesar 233,67 mm. Nilai daktilitas yang terjadi pada portal tanpa dinding sebesar 5,42.

Pola Retak pada Portal Merah

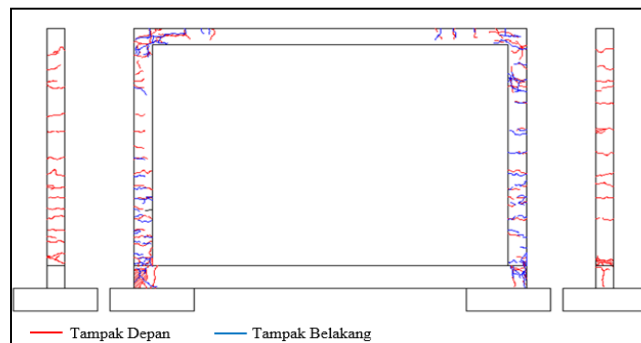
Keretakan awal pada portal berisi dinding bata merah akibat beban lateral yang diberikan terjadi pada beban 8,00 tf. Keretakan ini terjadi pada sudut dinding bagian kanan bawah dengan arah retak memotong unit bata pada jarak 800 mm dari sloof. Retak pada sudut ini terjadi sampai dengan beban 16,00 tf. Kemudian terjadi retak secara diagonal pada beban 17,50 tf disudut kiri atas dinding sampai dengan dinding bagian bawah. Pada bagian kiri bawah dinding, elemen dinding terpisah

dengan kolom sebesar 220,00 mm setinggi 1470 mm dari atas sloof. Pola retak yang terjadi diperlihatkan pada Gambar 13. Model kehancuran yang terjadi pada portal berisi dinding bata merah yaitu jenis *diagonal cracking*.

Pada portal tanpa dinding keretakan awal pada elemen portal akibat beban lateral yang diberikan terjadi pada beban 1,00 tf dengan ukuran retak 0,10 mm. Retak awal ini terjadi pada kolom bagian bawah dengan pola keretakan horizontal dan berlanjut sampai 1/3 tinggi kolom. Pada pembebanan 1,30 tf mulai terjadi retak geser pada bagian join bagian atas dan bawah portal. Ukuran retak yang terjadi 0,15 mm sampai 0,80 mm. Pada beban 1,6 tf (beban maksimum) terjadi retak sebesar 0,90 mm pada bagian sloof. Kehancuran portal PTD1 terjadi dengan kehancuran pada hubungan kolom-balok dan kolom-sloof serta kehancuran pada bagian sloof. Pola retak yang terjadi diperlihatkan pada Gambar 14.



Gambar 13. Pola Retak pada Portal Berisi Dinding Bata Merah



Gambar 14. Pola Retak pada Portal Tanpa Dinding

Pembahasan

Perilaku histeretik pada portal

Gambar 15. memperlihatkan grafik envelope beban dan perpindahan lateral antara portal dinding bata merah dan portal tanpa dinding.

Berdasarkan Gambar 15 dan Tabel 2. diperlihatkan perpindahan terbesar terjadi pada portal tanpa dinding akan tetapi kapasitas maksimum terbesar terjadi pada portal berisi dinding bata. Perbedaan kapasitas antara portal dinding bata merah dan portal tanpa dinding sebesar 11,65 kali. Hal ini dapat disimpulkan bahwa keberadaan dinding pengisi sangat berpengaruh.

Penurunan kekakuan

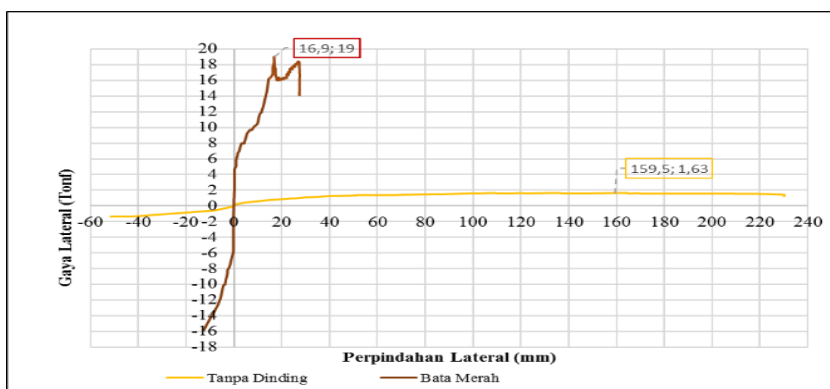
Gambar 16 memperlihatkan penurunan kekakuan yang terjadi pada portal akibat perpindahan lateral siklik. Penurunan

kekakuan yang terjadi pada portal tanpa dinding lebih besar daripada portal dengan dinding bata merah. Hal ini disebabkan karena variasi dinding pengisi serta kekuatan dari bahan material dinding.

Berdasarkan Gambar 17 memperlihatkan energi disipasi terbesar akibat beban dorong terjadi pada portal dinding bata merah. Perbedaan yang terjadi sebesar 3,54 kali dari portal tanpa dinding. Keberadaan dinding pengisi dapat meningkatkan energi disipasi sehingga memberi kekakuan pada portal.

Daktilitas pada portal

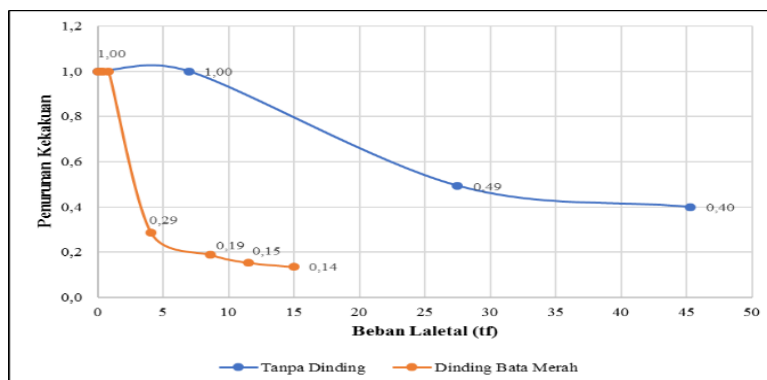
Berdasarkan Tabel 3. diperlihatkan bahwa nilai daktilitas yang terjadi pada portal berisi dinding bata merah lebih kecil daripada portal tanpa dinding. Perbedaan nilai daktilitas antara dinding bata merah dan portal tanpa dinding sebesar 2,78 kali.



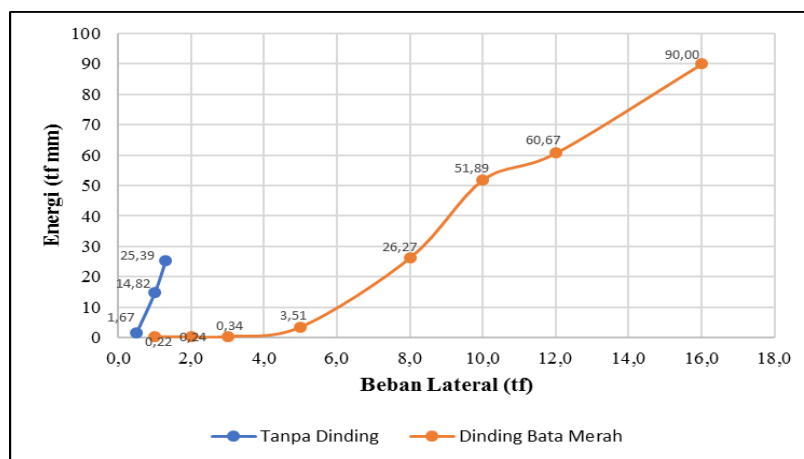
Gambar 15. Grafik Envelope Beban dan Perpindahan pada Portal

Tabel 2. Rekapitulasi Perilaku Histeretik pada Portal

Benda Uji	Kapasitas Beban Maksimum (tf)			Disp Maks Δ_{maks} (mm)
	Dorong	Tarik	Kapasitas Beban Lateral	
Portal tanpa dinding	1,63	1,31	1,63	203,40
Portal dinding bata merah	19,00	15,60	19,00	27,70



Gambar 16. Grafik Perbandingan Penurunan Kekakuan *Secant* Portal



Gambar 17. Grafik Perbandingan Energi dan Beban Dorong pada Portal

Tabel 3. Perbandingan Daktilitas pada Portal

Benda Uji	Disp Maks Δ_{maks} (mm)	Disp Ultimit Δ_u (mm)	Disp Yield Δ_y (mm)	Daktilitas Δ_u / Δ_y
Portal tanpa dinding	203,40	233,67	43,08	5,42
Portal dinding bata merah	27,70	27,30	14,00	1,95

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Keberadaan dinding pengisi berpengaruh nyata terhadap peningkatan kapasitas dan kekakuan pada portal. Peningkatan kapasitas yang terjadi mencapai 11,65 kali dari portal tanpa dinding.
2. Penurunan kekakuan yang terjadi pada portal dinding bata merah lebih kecil daripada portal tanpa dinding.
3. Keberadaan dinding dapat meningkatkan energi disipasi sehingga memberi kekakuan pada portal. Nilai energi disipasi meningkat pada portal dinding bata merah sebesar 3,54 kali dibandingkan dengan portal tanpa dinding.
4. Nilai daktilitas pada portal tanpa dinding lebih besar daripada portal dengan dinding bata merah. Perbedaan nilai daktilitasnya mencapai 2,78 kali.
5. Pola kehancuran yang terjadi pada portal berisi dinding bata merah yaitu jenis *diagonal cracking*.

Saran

Berikut saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian, yaitu :

1. Mengubah dimensi portal untuk melihat perilaku pada portal beton bertulang berisi dinding.
2. Mekanisme pembebanan dilakukan dengan *displacement control* yang ditentukan oleh perpindahan maksimum berda-

sarkan siklus menurut persen *drift ratio*.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Anonim. (2002). Standar Nasional Indonesia 03-3430-1994. *Tata Cara Teknik Perencanaan Dinding Struktur Pasangan Balok Beton Berongga untuk Bangunan Rumah dan Gedung*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- Julistiono, H., (2003). *Menggambar Struktur Bangunan*, Grasindo, Jakarta.
- Paulay, T and M. J. N. Priestley (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, Jhon Willey and Sons, Inc, USA.
- Schodek, D. L., (1999). *Struktur*, Erlangga, Jakarta.
- Tanjung J., and Maidiawati. (2016). *Studi Eksperimental tentang Pengaruh Dinding Bata Merah Terhadap Ketahanan Lateral Struktur Beton Bertulang*. Jurnal Teknik Sipil ITB, Vol 23 No. 2, 99-106.
- Wijaya I.I.D. (2009). *Kajian Eksperimental Kinerja Dinding Bata Terkekang Portal Beton Bertulang*. Magister Rekayasa Struktur Institut Teknologi Bandung, Bandung.