

GAYA LATERAL IN PLANE STRUKTUR DINDING PASANGAN BATA ½ BATU MELALUI BEBAN STATIK

Hakas Prayuda^{1*}, Martyana Dwi Cahyati²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jl. Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta

*Email: hakas.prayuda@ft.umy.ac.id

Abstrak

Konstruksi bangunan gedung di Indonesia dikategorikan dalam dua kelompok besar, yaitu struktur bangunan yang dihitung dan struktur bangunan yang tidak dihitung (non-engineered building). Struktur bangunan gedung yang tidak dihitung sangat rentan terhadap beban lateral yang berupa gempa, baik gempa sedang maupun gempa besar yang mengakibatkan keruntuhan secara mendadak sehingga perlu dilakukan mitigasi kekuatan bangunan yang mengandalkan kekuatan pasangan bata. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perubahan kekakuan dan deformasi lateral pada struktur dinding pasangan bata oleh beban statik lateral. Benda uji pada penelitian ini berupa sebuah dinding dengan ukuran 3 x 3 x 0,15 m dengan menggunakan pasangan bata ½ batu yang diuji setelah berumur 28 hari. Dari hasil pengujian diperoleh beban maksimal dan deformasi maksimal yang mampu diterima oleh dinding serta perubahan kekakuan yang terjadi akibat pembebanan statik lateral yang berulang-ulang sehingga akhirnya dinding dinyatakan mengalami kegagalan lateral.

Kata kunci: Dinding pasangan bata, Statik Lateral, Non-engineered building.

PENDAHULUAN

Diantara berbagai bencana alam yang ada di bumi ini, gempa merupakan bencana yang paling membahayakan dan paling sering terjadi. Banyak daerah dengan populasi penduduk tertinggi adalah kawasan rawan gempa, diantaranya Jepang, Amerika Tengah dan khususnya Indonesia. Secara geografis, Indonesia terletak di lokasi yang tidak stabil, yaitu di dalam *ring of fire*, sebuah zona yang menandakan suatu daerah dikelilingi oleh lempeng benua yang aktif yaitu lempeng tektonik Eurasia, Australia dan Pasifik dimana hal ini sangat memungkinkan terjadi gempa lebih banyak dengan berbagai macam variasi kekuatan dan kedalamannya.

Laporan-laporan studi lapangan mengenai keruntuhan bangunan gedung ataupun perumahan ketika terjadi gempa bumi besar di Indonesia masih didominasi pada bangunan yang tidak dihitung dimana hanya menggunakan struktur dinding pasangan bata merah dan struktur dinding bata terkekang. Hal ini terjadi hampir diseluruh wilayah Indonesia yang terjadi gempa yang mengakibatkan runtuhnya bangunan. Sehingga keruntuhan bangunan tanpa dihitung tersebut menjadi isu penting karena menimbulkan banyak korban jiwa. Dari permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian mitigasi kekuatan bangunan dinding yang mengandalkan kekuatan pasangan bata (*non-engineered building*) menggunakan pendekatan pembebanan statik lateral.

Sejarah kegempaan di Indonesia menunjukkan kerusakan terbesar terjadi pada bangunan yang tidak dihitung atau *non-engineered structures*. Kajian yang muncul dari laporan-laporan pengamatan sebagian besar menyatakan kekurangan detail yang baik pada struktur pasangan bata merah. Pada tahap perencanaan bangunan dengan struktur pasangan bata merah lokal diperlukan data perencanaan berupa kuat tekan, kuat tarik, kuat lekat, kuat geser, modulus elastisitas dan modulus geser untuk struktur pasangan. Namun penelitian yang mendalam mengenai perilaku bahan penyusun belum dilaporkan secara detail. (ElGawady, et al., 2004).

Siddiq(2004) melakukan penelitian dengan beban statik lateral menggunakan skala penuh dengan ukuran 3m x 3m x 0,15 m dengan menggunakan perkuatan kolom dan balok beton. Dari penelitian diperoleh hasil beban pada saat crack sebesar 1,67 Ton dengan defleksi sebesar 1,4 mm. Sedangkan beban maksimal diperoleh sebesar 1,9–2,4 Ton dengan defleksi maksimal sebesar 2,6–2,7 mm. Pada saat runtuh diperoleh beban runtuh sebesar 2,4 Ton dengan defleksi runtuh sebesar 6,3 mm.

Struktur Bangunan Sederhana

Pengertian rumah sederhana (*non engineered building*) adalah bangunan rumah tinggal dan bangunan komersil sampai 2 lantai yang dibangun oleh pemilik, menggunakan tukang, bahan bangunan yang didapat setempat, tanpa bantuan arsitek maupun ahli struktur. Pengerjaan bangunan yang hanya melibatkan pekerja atau tukang setempat yang tidak kompeten membuat kualitas pekerjaan yang dihasilkan rendah. Pengerjaan hanya didasarkan pada perkiraan atau pengalaman membangun sebelumnya.

Bangunan *non engineered building* yang terbuat dari pasangan bata pada kenyataannya merupakan bangunan dengan sistem dinding pemikul gaya horizontal maupun gravitasi, hal ini ditinjau dari runtuhnya dinding-dinding saat gempa bumi sebagai pemikul beban.

Boen (2007) menyatakan bahwa perencanaan rumah sederhana sebagai bangunan *non-engineered* pada umumnya berdasarkan pada:

- Mempelajari kerusakan bangunan dari gempa masa lalu.
- Menggunakan *engineering judgment* yang terlatih.
- Dengan kemajuan bidang perangkat keras dan lunak, sejak beberapa tahun terakhir telah dicoba untuk *non-engineered buildings*.

Pendetailan elemen struktur bangunan rumah sederhana sering kali jauh dari persyaratan yang ditentukan dalam pedoman perencanaan. Beberapa kesalahan yang umum terjadi pada pembangunan struktur rumah sederhana diantaranya:

- Ukuran kolom dan balok yang dipergunakan tidak memadai.
- Penggunaan tulangan polos untuk tulangan utama dan sengkang balok maupun kolom.
- Detail hubungan balok-kolom praktis yang tidak memenuhi persyaratan daktilitas struktur dalam memikul beban arah lateral.
- Tidak adanya pengangkur dinding bata terhadap kolom.

Ketidaksesuaian tersebut di atas merupakan faktor utama kegagalan struktur bangunan rumah sederhana saat terjadi beban lateral seperti gempa.

Perilaku Dinding Akibat Gempa

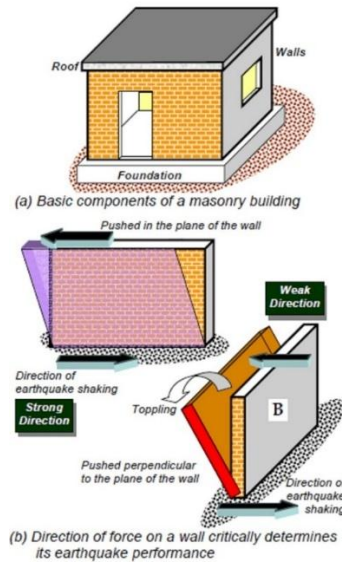
Getaran tanah yang terjadi pada saat gempa menyebabkan gaya inersia pada pusat masa struktur yang terdistribusi melalui atap, dinding dan fondasi bangunan. Dari ketiga komponen tersebut, dinding merupakan elemen yang paling mudah mengalami kerusakan yang disebabkan oleh beban horizontal pada saat terjadi gempa. Distribusi pembebanan yang terjadi pada saat gempa berlangsung ke segala arah sumbu kuat dinding maupun sumbu lemah dinding. Pembebanan yang berlangsung pada arah sumbu kuat dinding memberikan tahanan lateral yang lebih baik dibandingkan pembebanan yang terjadi pada sumbu lemah dinding (Murty, 2003).

Beban gempa yang terjadi pada arah sumbu kuat dinding dapat menyebabkan dinding mengalami perubahan geometri menjadi bentuk jajaran genjang (*parallelogram*). Perubahan geometri yang terjadi, selain dapat menimbulkan rusaknya elemen lain yang ada didalam bidang dinding seperti jendela atau kaca, juga dapat menyebabkan kerusakan atau keruntuhan dinding bila defleksi akibat beban yang bekerja melebihi kapasitas dari dinding tersebut. Sedangkan pembebanan pada arah sumbu lemah dinding dapat menyebabkan dinding menjadi runtuh atau terguling seperti pada Gambar 1 (Murty, 2003).

Kegagalan pada dinding bata terjadi karena dinding tersebut menerima gaya yang melebihi kapasitas pengisi dinding bata. Ada dua jenis kegagalan pada dinding bata yang berkaitan dengan arah gaya yang bekerja.

- Out-plane failure* diakibatkan oleh gaya yang bekerja tegak lurus bidang dinding. Dinding bata akan mengalami keruntuhan menyeluruh karena memiliki kemampuan sangat kecil untuk menahan gaya *out-plane*.
- In-plane failure* diakibatkan oleh gaya yang bekerja sejajar pada bidang dinding. Keruntuhan ini terjadi karena pada tingkat kekuatan gaya lateral yang relatif rendah, struktur portal dan dinding pengisi akan bekerja bersama sebagai struktur komposit. Ketika deformasi lateral meningkat, struktur akan mengalami perilaku yang kompleks dimana struktur portal akan mengalami

dofermasi dalam *flexural mode* sedangkan dinding pengisi mengalami deformasi *shear mode*. Akibat perilaku ini, maka akan terjadi pemisahan antara portal dan dinding pengisi pada ujung-ujung tarik dan perubahan pada *diagonal compression strut*.



Gambar 1. Perilaku beban gempa pada pasangan dinding (Murty, 2003)

Kriteria Keadaan Struktur Dinding

Kekakuan elastik didefinisikan sebagai kemiringan kurva beban – simpangan atau kurva *envelope* pada beban pada saat $0.4P_{peak}$. kemiringan garis digunakan untuk menentukan bagian elastis kurva. Hal ini juga digunakan untuk menemukan parameter seperti P_{yield} , Δ_{yield} dan daktilitas. Kekakuan elastik didapat dengan menggunakan persamaan berikut :

$$K_e = \frac{0,4 P_{peak}}{\Delta 0,4 P_{peak}} \quad (1)$$

dengan :

- K_e : Kekakuan Elastik (Kn/mm)
- P_{peak} : beban pada saat $0,4 P_{peak}$
- ΔP_{peak} : Simpangan pada saat beban $0,4 P_{peak}$.

Besarnya kuat geser yang terjadi pada dinding merupakan besarnya beban ultimit terhadap satuan bentang panjang dinding dan dapat dihitung dengan Persamaan :

$$S_u = \frac{P_u}{b} \quad (2)$$

dengan :

- S_u : Kuat Geser
- P_e : Beban Geser Ultimit
- b : lebar dinding yang dikenai beban

Beban pada saat kondisi leleh (P_{yield}) dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$P_{yield} = \Delta u - \sqrt{\Delta u^2 - \frac{2A}{K_e}} \quad (3)$$

dengan :

- P_{yield} : Beban pada kondisi leleh
- A : Leas (Knmm) sesuai beban-simpangan yang diamati
- K_e : *Elastic shear stiffness* (Kn/mm)

Setelah menentukan P_{yield} maka simpangan leleh dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta_{yield} = \frac{P_{yield}}{K_e} \quad (4)$$

dengan :

- Δ_{yield} : Simpangan leleh (mm)
- Ke : Kekakuan Elastik (Kn/mm)
- P_{yield} : Beban leleh (Kn)

METODELOGI

Bahan Penelitian

Didalam penelitian ini menggunakan bahan-bahan utama yang sering digunakan oleh masyarakat dalam membuat rumah atau dinding sederhana yaitu sebagai berikut:

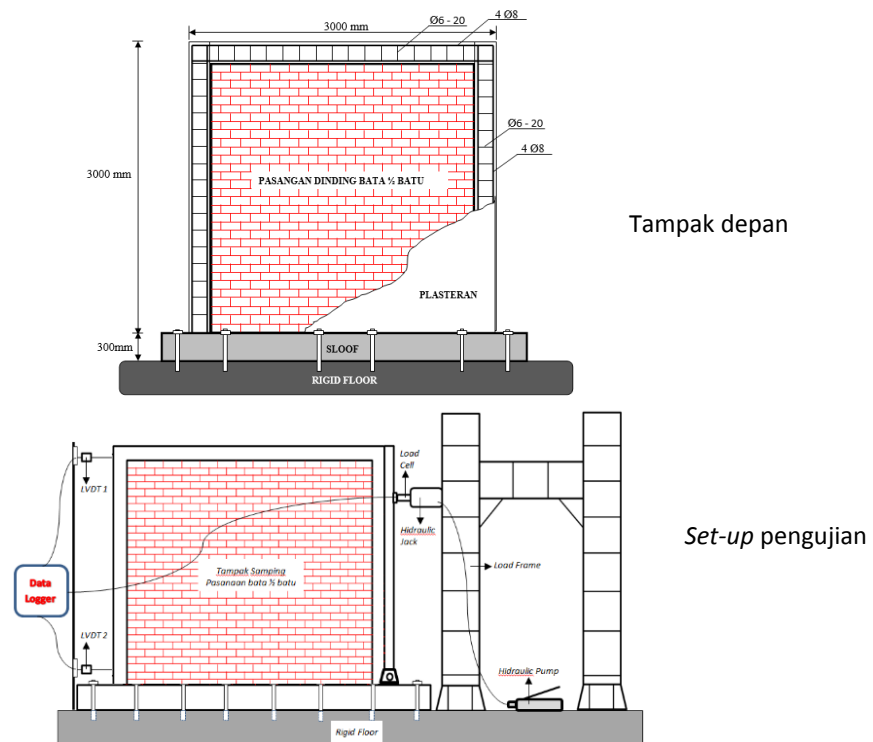
- a. Batu bata merah yang diambil dari desa Pleret, Yogyakarta.
- b. Pasir yang digunakan adalah pasir dari Merapi yang sudah dalam keadaan SSD.
- c. Kapur yang digunakan adalah kapur yang diproduksi di wilayah Prambanan.
- d. Kerikil yang digunakan adalah batu pecah dari Merapi.
- e. Baja tulangan yang digunakan $\varnothing 8$ untuk tulangan utama kolom dan balok sebanyak 4 buah dengan panjang 3 meter. Sedangkan untuk sengkang digunakan baja $\varnothing 6$ dengan jarak antar sengkang 20 cm, jarak antar sengkang balok dan kolom dibuat sama panjang.

Peralatan Penelitian

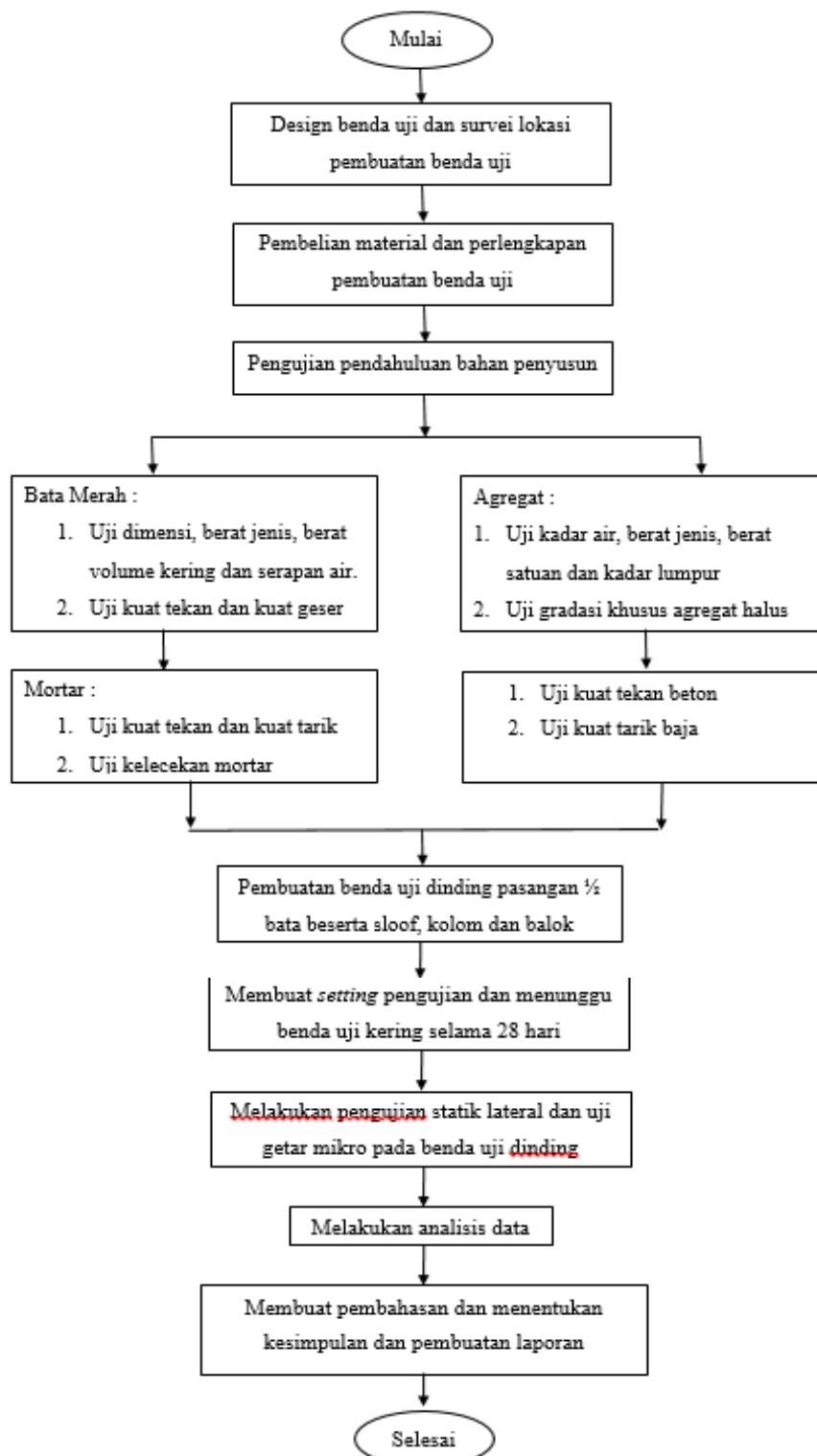
Adapun peralatan-peralatan utama yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. *Hydraulic jack* dan *load cell*. Digunakan untuk membebani *speciment* secara *lateral static*. *Hydraulic jack* yang digunakan adalah *hydraulic jack* listrik dan *load cell* yang digunakan kapasitas 10 Ton.
- b. *Data lauger*, digunakan untuk mencatat beban yang bekerja dari *load cell* dan mencatat simpangan yang terjadi melalui LVDT.
- c. LVDT, digunakan untuk mengukur displacement yang terjadi pada dasar benda uji dan puncak benda uji.

Materi Penelitian



Gambar 2. Benda uji



Gambar 3. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Pendahuluan

Hasil pengujian pendahuluan ini digunakan untuk menganalisis prediksi beban secara dinamik dan digunakan untuk menganalisis menggunakan pendekatan numerik.

Tabel 1. Hasil pengujian pendahuluan

NO	ITEM PENGUJIAN	HASIL
1	Uji Tarik Baja Ø8	
	Fy (MPa)	454.3377
	Fu (MPa)	559.4938
2	Uji Terik Baja Ø6	
	Fy (MPa)	393.8061
	Fu (MPa)	560.617
3	Uji Batu Mata Merah	
	Dimensi :	
	Panjang (mm)	202.933
	Lebar (mm)	103.433
	Tinggi (mm)	43.2
	Kuat Tekan (MPa)	2.63
	Kuat Geser (MPa)	0.189
	Berat Jenis (Kg/m ³)	1474.98
4	Uji Mortar	
	Kuat Tekan (MPa)	1.577
	Kuat Tarik (MPa)	0.223
	Uji Kelecekan (%)	107.9
	Berat Jenis (Kg/m ³)	1709.2
5	Uji Beton	
	Kuat Tekan (MPa)	15.6142
	Berat Jenis (Kg/m ³)	2181

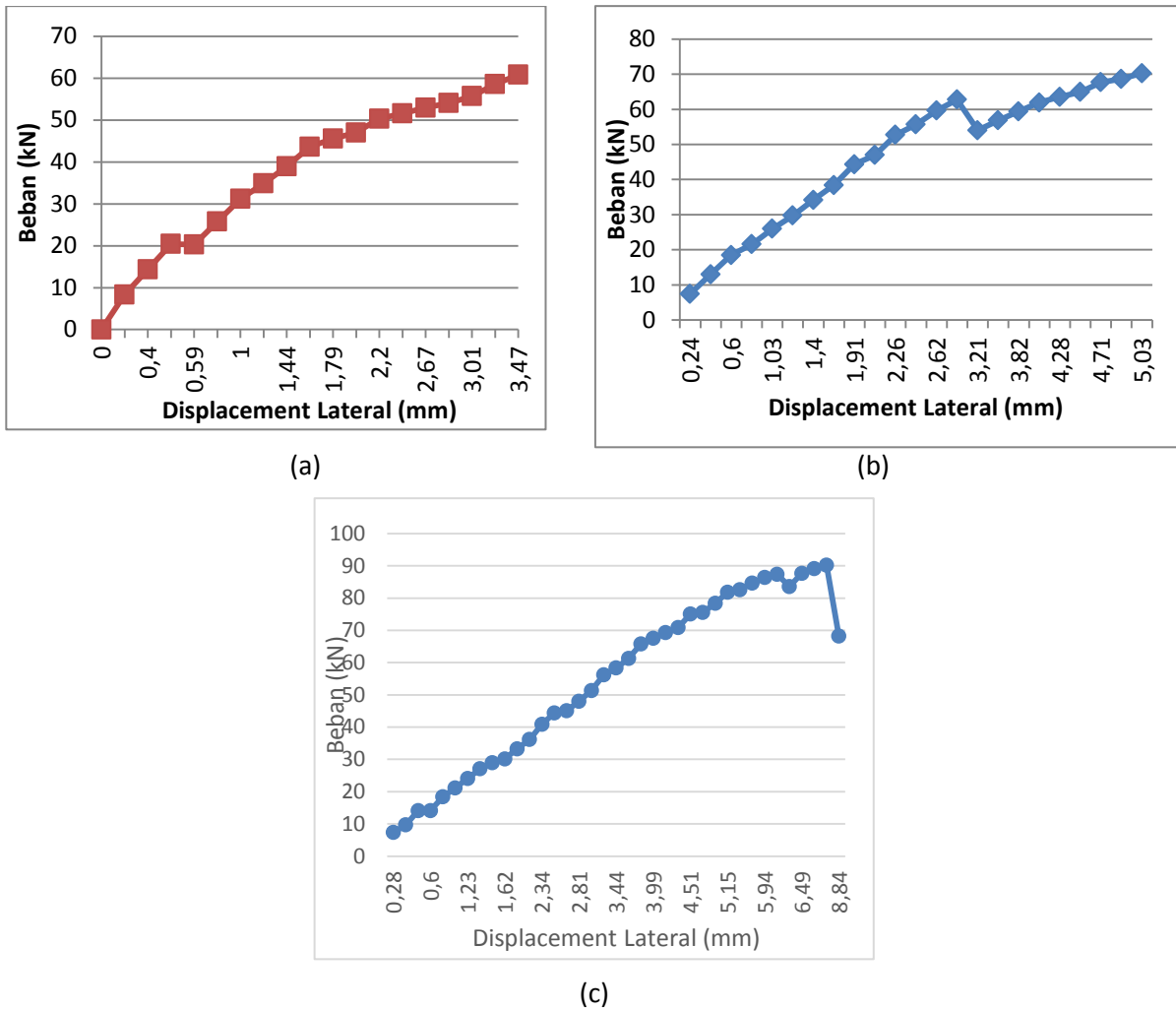
Hasil Pengujian Statik

Benda uji dimulai dengan pemeriksaan frekuensi pada saat beban = 0 Kg lalu di berikan beban secara bertahap dan di amati besar displacement lateral nya beserta besar retak tiap pertambahan beban. Adapun hasil dari penelitian dari pengujian statik adalah sebagai berikut :

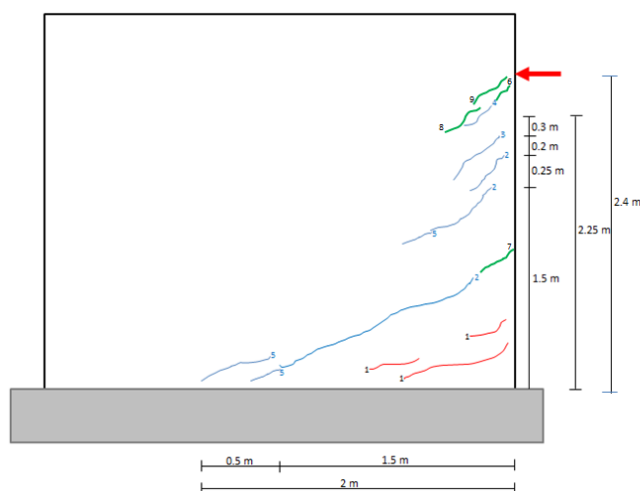
Tabel 2. Hasil pengujian statik

Tahap	Beban (kN)	LVDT 1 (mm)	LVDT 2 (mm)	LVDT 3 (mm)	Kekakuan Dinding (kN/mm)
1	0	0	0	0	-
2	60.842	0.52	2.04	3.47	17.5336
3	70.249	0.92	3.25	5.03	13.9661
4	90.164	0.26	4.53	8.84	10.1995

Disetiap tahap pembebanannya diperhatikan pola retak yang terjadi, adapun hasil pengamatan pola retak dapat dilihat pada Gambar berikut ini :



Gambar 4 (a). Hubungan beban dengan *displacement* pada pembebanan tahap pertama; (b) Hubungan beban dengan *displacement* pada pembebanan tahap kedua; (c) Hubungan antara beban dengan *displacement* pada pembebanan ultimit.



Gambar 5. Pola retak yang terjadi pada saat pembebanan ultimit

Dari hasil pengujian statik dapat dijelaskan bahwa semakin bertambah beban maka akan semakin besar juga *displacement lateral* yang terjadi, hal ini sangat bergantung dengan pola dan ketelitian dalam pendistribusian beban agar merata ke seluruh bagian sehingga memperoleh hasil

yang di inginkan dimana pada dasar dinding menerima beban = 0 Kg. Pada pengujian ini memperoleh beban maksimal yang mampu di terima dinding sebesar 90.1637 kN, pada saat beban tersebut dinding diasumsikan sudah runtuh karena sudah memiliki lebar retak sebesar 4 mm dan memperoleh displacement lateral sebesar 8,84 mm. Bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Setyawati pada tahun 2005 yang menghasilkan *displacement* sebesar 7,121 mm, hasil pengujian ini memiliki nilai displacement yang tidak jauh berbeda.

Pola retak yang terjadi pada saat pengujian diamati bahwa benda uji mengalami retak pertama kali pada saat dibebani sebesar 60.8416kN yaitu pembebanan sebesar 67,48 % dari beban maksimal dimana pada saat itu retak mulai terjadi retak lentur dinding dengan lebar retak 0,4 mm. Retak terjadi pada bagian bawah dinding yang dibebani, hal ini terjadi karena dinding mengalami *displacement lateral* terbesar dibagian atas sehingga bagian bawah tertekan dan mulai mengalami retak. Deformasi lateral yang terjadi pada saat retak pertama kali yaitu sebesar 3,47 mm atau 39,25 % dari deformasi maksimal yang terjadi. Menurut Saraj(2008) dikatakan dinding mengalami rusak berat bila lebar retak sudah melebihi 2 mm, benda uji mengalami retak 2 mm pada saat dibebani sebesar 70.2494 kN yaitu 77,91 % dari beban maksimal dimana sudah terjadi banyak retakan membesar. pada tahap ini terjadi deformasi sebesar 5,03 mm atau 56,90 % dari deformasi maksimal yang terjadi. benda uji mengalami kegagalan ketika mencapai beban 90.1637 kN dimana *displacement* sudah mencapai 8,84 mm dan lebar retak sudah mencapai 4 mm. Dari pengujian statik dapat pula diambil kesimpulan bahwa semakin benda uji rusak maka kekakuan struktur akan semakin berkurang dan semakin mudah mengalami kegagalan, hal ini dibuktikan pada saat pembebanan retak pertama benda uji masih memiliki kekakuan sebesar 17.5336 kN/mm , namun pada saat lebar retak mencapai 2 mm, kekakuan benda uji mengalami penurunan sebesar 20,34 % menjadi 13.9661 kN/mm dan pada saat dinding mencapai lebar retak 4 mm, kekakuan benda uji kemudian semakin menurun menjadi 10.1995 kN/mm, hal ini mengalami penurunan sebesar 41,83 % dari nilai kekakuan pengujian tahap pertama diperoleh.

KESIMPULAN

1. Benda uji mengalami perubahan kekakuan setiap tahap pembebanannya, pada saat pembebanan pertama memiliki kekakuan sebesar 17,5336 kN/mm, kemudian berkurang sebesar 20,34 % menjadi 13,9661 kN/mm dan pada saat pengujian dihentikan, benda uji hanya menyisakan kekakuan 10.1995 kN/mm atau hanya 58,17 % dari kekakuan awal.
2. Pola retak yang terjadi pada tahap pembebanan pertama sebesar 0,4 mm dimana terjadi retak diagonal pada bagian bawah benda uji, kemudian menyebar dan lebar retak membesar pada saat pengujian tahap 2 menjadi selebar 2 mm dan pada tahap 3 lebar retak menjadi 4 mm.
3. Benda uji mampu menerima beban statik maksimal sebesar 90,1637 kN yang menghasilkan simpangan maksimal sebesar 8,84 mm. Beban pada saat retak pertama sebesar 67,48 % dari beban maksimal yaitu sebesar 60,8416 kN dengan simpangan statik yang terjadi sebesar 39,25 % dari deformasi maksimal yaitu 3,47 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Boen, T. 2007. *Engineering Non Engineered Buildings From Non Engineered to 3D Non Linier Analysis, Performance Based Design*. Seminar dan Pameran HAKI 2007. Konstruksi Tahan Gempa di Indonesia.
- Elgawady, M., Lestuzzi., M. Bodoux. 2004. *A Review of Conventional Seismic Retrofitting Techniques for Unreinforced Masonry*. 13th International Brick and Block Masonry Conference. Amsterdam.
- Murty, C.V.R. 2003. *IITK – BMTPC Earthquake Tips Learning Earthquake Design and Constuction*. National Information Center Earthquake Engineering. Indian Institute technology Kanpur. New Delhi.
- Siddiq, S. 2004. *Pengaruh Sistem Perkuatan Terhadap Kekuatan dan Daktilitas Dinding Struktur Pasangan Bata Polos yang Telah Rusak Geser*. Konferensi Nasional Rekayasa Kegempaan II. Yogyakarta.