

PERILAKU RANGKA STRUKTUR BAJA KONSTRUKSI BANGUNAN SEDERHANA TERHADAP UJI MONOTONIK SIMULASI BEBAN GEMPA

Oleh : Wahyu Wuryanti

Pusat Litbang Permukiman Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan – Kab. Bandung 40393

E-mail : wuryantiwahyu@gmail.com

Tanggal masuk naskah: 15 Juni 2008 , Tanggal revisi terakhir : 08 Agustus 2008

Abstrak

Struktur rangka baja merupakan salah satu tipe yang dituangkan dalam pedoman pembangunan bangunan sederhana tahan gempa, walaupun dalam penggunaannya lebih banyak dimanfaatkan untuk bengkel, gudang dan fungsi usaha lainnya. Padahal sebagai konstruksi prefabrikasi, penggunaan jenis struktur ini memiliki beberapa keuntungan seperti kepraktisan dan kecepatan dalam pelaksanaan konstruksi serta kualitas bahan yang terkontrol. Hal itulah pada akhir-akhir ini penggunaan bahan bangunan berbasis material baja mulai diminati dan dicari inovasi untuk konstruksi rumah. Dalam tulisan ini akan menguraikan hasil kajian eksperimental sistem struktur baja sebagai pemikul beban lateral. Pengujian menggunakan empat buah spesimen portal baja dua dimensi dengan model portal berbeda sesuai dengan model rangka yang banyak digunakan, yaitu (1) portal terbuka, (2) portal dengan bresing, (3) portal terbuka dengan dinding pengisa tanpa pengait geser antara kolom dan dinding dan (4) portal terbuka dengan dinding pengisi yang menggunakan pengait geser. Pembebanan menggunakan metoda beban statik monotonik untuk mengetahui kapasitas struktur memikul beban lateral.

Kata kunci: Rangka baja, bangunan sederhana tahan gempa

Abstract

Although steel frame as a type in the guideline for simple building seismic resistant, even though in practices the such structure was preferred for workshop, warehouse, or other business function. Whereas using prefabricated construction, these type structures have advantages consists practically construction, fast erection in construction and controlled quality of material. However, using steel-based building material has been encouraged and inovated for house construction. In this paper will elaborate result of experimental study of steel structure as lateral frame structures. Examination used four spesimens steel frame in two dimensions with diferent frame types, (1) open frame, (2) braced frame, (3) infilled wall frame without shear connector between wall and column , (4) infill wall open frame with shear connector. The loading was applied by monotonic static lateral load to examine the structure lateral capacity.

Keyword: Steel frame, seismic resistant simple building

PENDAHULUAN

Berdasarkan investigasi kerusakan bangunan paska gempa sejak 1992 kelompok yang paling banyak mengalami kerusakan adalah bangunan *non-engineered* (nirrekayasa) [Boen 2003]. Namun pedoman untuk bangunan nirrekayasa tahan gempa baru disusun pada tahun 2006. Salah satu alasannya adalah karena sesuai dengan definsinya bahwa bangunan nirrekayasa adalah konstruksi bangunan sederhana yang di dalam perencanaannya tidak melibatkan tenaga ahli, dan seringkali merupakan konstruksi spontanitas yang dibangun oleh masyarakat.

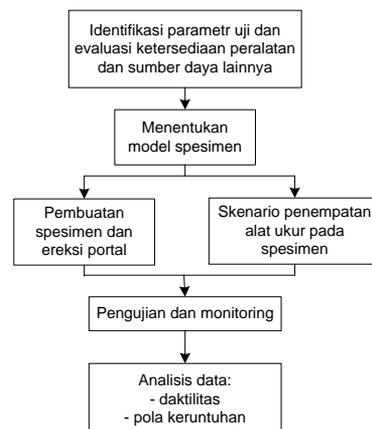
Di dalam pedoman tersebut disusun salah satu tipe konstruksi yang dicantumkan adalah bangunan sederhana dengan sistem konstruksi rangka baja. Meskipun keberadaannya sistem struktur ini tidak sepopuler seperti sistem lainnya seperti konstruksi beton bertulang atau konstruksi kayu atau pasangan dinding, namun jenis konstruksi ini lebih banyak digunakan untuk bangunan gudang, bengkel atau fungsi usaha lainnya. Padahal sebagai konstruksi prefabrikasi, penggunaan jenis struktur ini memiliki beberapa keuntungan seperti kepraktisan dan kecepatan dalam pelaksanaan konstruksi serta kualitas bahan yang terkontrol.

Sistem struktur baja yang dituangkan dalam pedoman adalah konstruksi baja *hot-rolled* dengan profil C atau kanal untuk komponen balok dan kolom dikombinasikan dengan dinding pasangan. Sedikit sekali penelitian atau pengujian yang dilakukan untuk mengkaji perilaku sistem struktur baja. Oleh sebab itu dalam tulisan ini dimaksudkan untuk (1) memahami kinerja dari sistem portal penahan lateral

pada rangka baja, (2) mengetahui kapasitas dari sistem rangka struktur, dan (3) mengetahui bagaimana perilaku dinding pasangan dengan dan tanpa *shear connector* terhadap sistem rangka struktur. Diharapkan dengan hasil kajian ini dapat lebih dipahami perilaku dari sistem rangka baja sebagai portal penahan beban lateral dan dikembangkan oleh masyarakat sebagai konstruksi prefabrikasi untuk bangunan massal.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metoda eksperimental dengan melakukan pengujian monotonik (*monotonic test*) pada spesimen yang dibebani lateral untuk diukur simpangan dan pengamatan pola keretakan secara visual, khususnya pada portal dengan dinding pasangan. Spesimen menggunakan 4 (empat) jenis portal dua dimensi didorong beban lateral dengan kenaikan (*increment*) bertahap pada ujung portal. Alur pemikiran dalam penelitian mengikuti Gambar 1. Diawali dengan menentukan parameter uji yang digunakan sebagai dasar penentuan beban dan posisi titik ukur spesimen yang diutamakan pada titik sambungan.



Gambar 1. Pola Pikir Penelitian

Uji monotonik umumnya digunakan untuk mengetahui kapasitas suatu sistem rangka struktur [Toothman, 2003]. Namun demikian pada kenyataannya sebagai struktur pemikul beban gempa, sistem portal baja akan memikul beban dinamik yaitu beban siklik pada saat terjadi gempa. Atas dasar alasan ini seringkali di dalam pengujian lengkap dilakukan kedua pengujian tersebut yaitu uji monotonik dan uji siklik. Berdasarkan hasil uji monotonik dapat diperoleh kapasitas batas kekuatan sistem struktur, kemudian dibandingkan dengan uji siklik untuk mengukur perilaku sistem struktur terhadap beban lateral tekan dan tarik. Dalam penelitian ini lebih difokuskan pada uji monotonik, sehingga pada tahap analisis kuantitatif dilakukan berdasarkan analisis nilai kapasitas yang diperoleh pada kurva elastik-plastik ekuivalen. Uji siklik tidak dilakukan karena keterbatasan peralatan di tempat pengujian, sehingga keluaran yang diperoleh dari pengujian adalah nilai kapasitas kekuatan maksimum rangka struktur tetapi tidak dapat memberikan informasi lebih detail tentang besarnya energi yang dapat diserap.

TINJAUAN TEORITIS

Portal Penahan Beban Lateral

Ketahanan bangunan terhadap gaya gempa dapat dilakukan melalui pencapaian mutu pekerjaan berkaitan dengan kesederhanaan pendetailan dari komponen struktur. Sebagai contoh dalam struktur bangunan beton bertulang, walaupun dimungkinkan mendetailkan tulangan yang kompleks di atas kertas dan bahkan dalam pembuatan spesimen di laboratorium, tetapi bila dilaksanakan di lapangan pendetailan tersebut menjadi rumit karena kendala teknis seperti

menempatkan tulangan yang terlalu rapat atau kesulitan untuk membengkokkan tulangan. Dengan demikian suatu disain disebut efektif bilamana disain rencana di atas kertas mudah diaplikasikan di lapangan dan mudah pula dalam pemeliharannya. Disamping kualitas pelaksanaan parameter lain yang digunakan untuk mengukur ketahanan gempa adalah nilai kekuatan rangka struktur bangunan melalui nilai daktilitas struktur.

Daktilitas Struktur

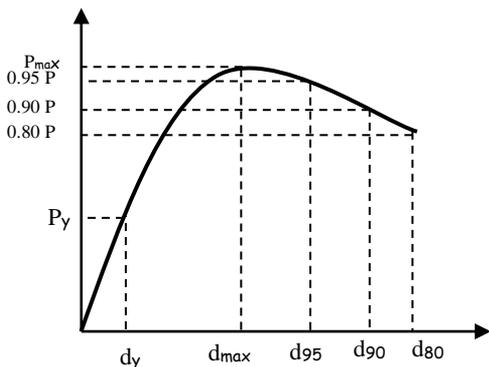
Yang dimaksud dengan daktilitas adalah kemampuan dari sebuah struktur konstruksi untuk menahan deformasi di atas titik leleh tanpa kehilangan kekuatan yang berarti (*significant of loss strength*). Walaupun konsep daktilitas telah dikenal secara umum namun definisi secara kuantitatif belum dapat ditetapkan secara jelas, masih dalam perdebatan hingga saat sekarang. Mengacu pada definisinya pengertian daktilitas dapat dibedakan menjadi beberapa jenis daktilitas.

- a) Daktilitas regangan
- b) Daktilitas kurvatur
- c) Daktilitas simpangan (deformasi)

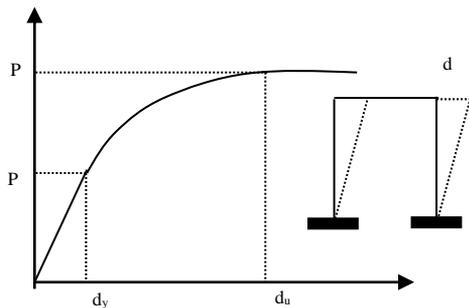
Berdasarkan ketiga jenis daktilitas tersebut yang sering digunakan adalah daktilitas penurunan. Daktilitas ini juga sering didefinisikan sebagai daktilitas struktur, yaitu kemampuan suatu struktur untuk melakukan deformasi inelastik, dengan memperhitungkan interaksi antara material, penampang serta elemen yang menyusun struktur tersebut. Jadi daktilitas struktur jauh lebih kompleks dibandingkan dengan daktilitas yang lainnya. Kondisi deformasi paska elastik untuk menghitung daktilitas digunakan kondisi saat maksimum tetapi di dalam referensi lain menggunakan kondisi saat

mencapai 95%, 90% atau 80% dari kekuatan setelah kekuatan maksimum (P_{max}) terlampaui [Yurisman, 2001], seperti pada Gambar 2.

Properti daktilitas struktur yang menggambarkan korelasi antara gaya (beban lateral) dengan simpangan, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3, selanjutnya akan digunakan penulis sebagai dasar analisis perhitungan daktilitas dalam studi ini.



Gambar 2. Definisi Beban Runtuh



Gambar 3. Definisi Daktilitas Struktur

Simpangan Leleh dan Ultimit

Dalam menetapkan kondisi leleh dan ultimit dapat digunakan beberapa pilihan yang berbeda, sehingga definisi daktilitas secara kuantitatif bukanlah suatu penetapan yang tegas karena nilainya dapat saja berbeda. Untuk menentukan kondisi leleh ada beberapa alternatif yang dapat digunakan yaitu:

- Simpangan saat terjadinya leleh pertama
- Simpangan elastis di bawah suatu pembebanan yang sama dengan beban runtuh
- Simpangan yang diberikan berdasarkan pada kesetaraan kapasitas penyerapan energi

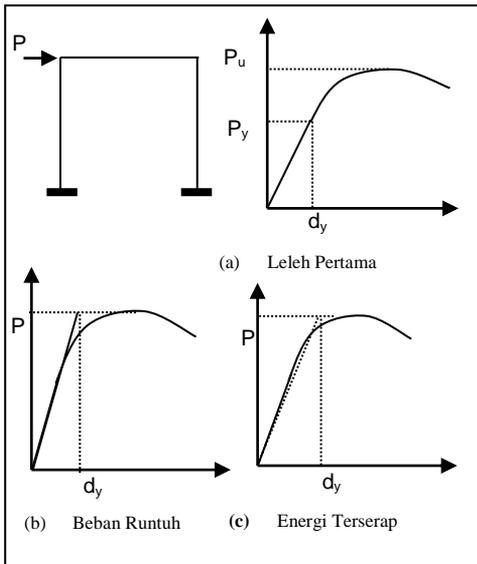
Dalam penelitian ini nilai simpangan yang digunakan berdasarkan ketentuan butir a) dan b).

Ketentuan simpangan leleh yang digunakan dalam penelitian ini adalah berdasarkan konsep leleh pertama (*first yield*) dan beban runtuh (*collapse load*). Pada konsep analisis leleh pertama nilai daktilitas didapatkan dari perbandingan deformasi struktur saat tercapainya beban maksimum dengan deformasi saat leleh pertama, lihat **Gambar 4 (a)**, sesuai persamaan (1).

$$\mu_1 = \frac{d_u}{d_{y1}} \quad (1)$$

Sedangkan pada konsep analisis beban runtuh nilai daktilitas didapat dari perbandingan deformasi struktur saat mencapai beban maksimum dengan deformasi yang didapat dari perpotongan perpanjangan garis elastis dengan garis horisontal yang melalui beban maksimum, **Gambar 4 (b)** mengikuti persamaan (2).

$$\mu_2 = \frac{d_u}{d_{y2}} \quad (2)$$



Gambar 4. Penentuan Simpangan Leleh

Kriteria Runtuh Struktur

Telah diterima secara luas bahwa struktur baja mempunyai kinerja yang baik akibat beban gempa. Sesuai dengan karakteristik material baja, struktur baja dapat direncanakan untuk beban ultimit dimana mekanisme plastis dapat diharapkan terjadi. Beban plastis maksimum yang menyebabkan terbentuknya sendi plastis pada seluruh elemen rangka secara teoritis dapat dipikul oleh portal baja, sehingga memungkinkan untuk penyerapan energi maksimum. Tetapi pada kenyataannya hal ini tidak selalu dapat dicapai, bilamana struktur telah melewati keadaan batasnya. Yang dimaksud dengan kondisi batas adalah suatu keadaan dimana struktur sudah tidak dapat berfungsi lagi sebagai pemikul beban. Kondisi ini diukur berdasarkan ketentuan

- Persyaratan fungsi, seperti simpangan maksimum atau simpangan antar lantai maksimum (*drift*), secara konsep dapat berupa sendi-sendi plastis atau mekanisme pembentu-

kan sendi plastis

- Ditentukan oleh keruntuhan nyata dari keseluruhan atau sebagian struktur seperti fraktur atau ketidakstabilan.

Dengan demikian pada struktur bangunan ada dua ketentuan untuk mendefinisikan kondisi batas yaitu:

- (1) Kekuatan struktur sebagai persyaratan keamanan struktur dalam memikul beban ekstrim selama umur layan struktur
- (2) Persyaratan fungsional pada kondisi layan.

BAHAN DAN PENGUJIAN

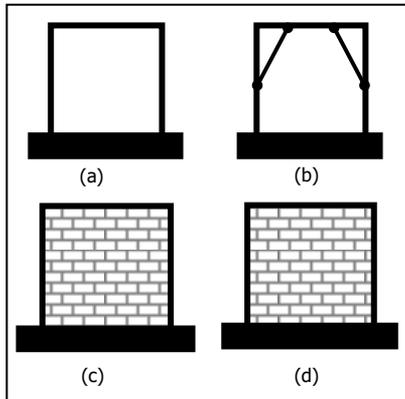
Spesimen

Sebagai sistem struktur konstruksi bangunan sederhana umumnya berupa portal penahan momen berupa portal terbuka dengan pasangan dinding bata atau batako tanpa sambungan antara dinding dengan portal. Untuk mengetahui perilaku sistem struktur tersebut, sebagai spesimen menggunakan portal dua dimensi meliputi portal terbuka, portal dengan bresing dan portal terbuka dengan pasangan bata seperti tertera dalam **Gambar 5**. Profil baja yang digunakan yaitu kolom dan balok menggunakan profil C ganda sementara sebagai bresing profil baja siku, dan sebagai *shear connector* adalah baja tulangan, seperti didetailkan pada Gambar 6.

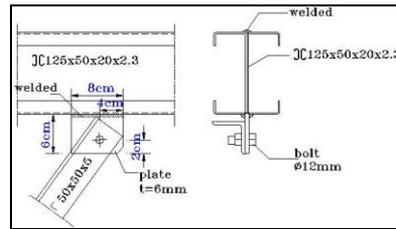
- Bentang portal adalah 4m dan tinggi portal 2.7 m.
- Spesimen yang digunakan adalah:
 - Spesimen I merupakan portal penahan momen (*open frame*)
 - Spesimen II merupakan portal terbuka ditambah dengan bresing
 - Spesimen III merupakan portal terbuka dengan dinding

pasangan bata (*infill-wall frame*) tanpa *shear connector* pada dinding pasangan

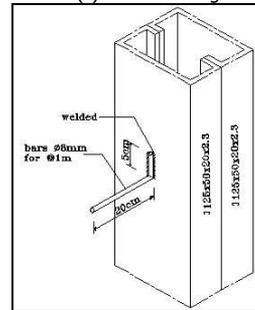
- Spesimen IV serupa dengan spesimen III tetapi dengan *shear connector*



Gambar 5. (a) portal terbuka, (b) portal dengan bresing, Portal dengan dinding pasangan bata (c) tanpa dan (d) dengan *shear connector*



(c) Detail Bresing



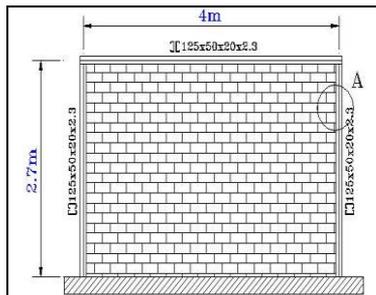
(d) Detail *shear connector*

Gambar 6. (a),(b),(c),(d) Detail Sambungan

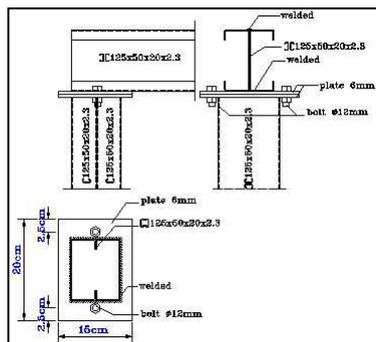
Pengujian

Pada pengujian, tahap pembebanan terhadap spesimen dilakukan dengan kecepatan 0,02 mm/detik berdasarkan *stroke control*. Perletakan hidrolik jack sebagai alat dorong beban ditempatkan pada ujung bentang balok. Untuk mengukur besarnya simpangan dipasang *Lateral Vertical Displacement transducer (LDTV)* yang disambungkan ke data logger. Jenis *Data Logger* yang digunakan adalah TDS-302. Untuk mengukur regangan digunakan *strain gauge* jenis *post yield* tunggal yang mempunyai kapasitas regangan maksimum 30%. *Strain gauge* ditempatkan pada bagian sambungan dan pada bagian yang diperkirakan mengalami gaya dalam besar atau tekuk lokal. Pemasangan *transducer* (T_r) dan *strain gauge* (S_g) pada masing-masing spesimen dapat dilihat pada Gambar 7.

Pengamatan visual tetap diperlukan untuk mengamati bentuk deformasi, terjadinya leleh, tekuk, keretakan (pada dinding) serta kerusakan lainnya.



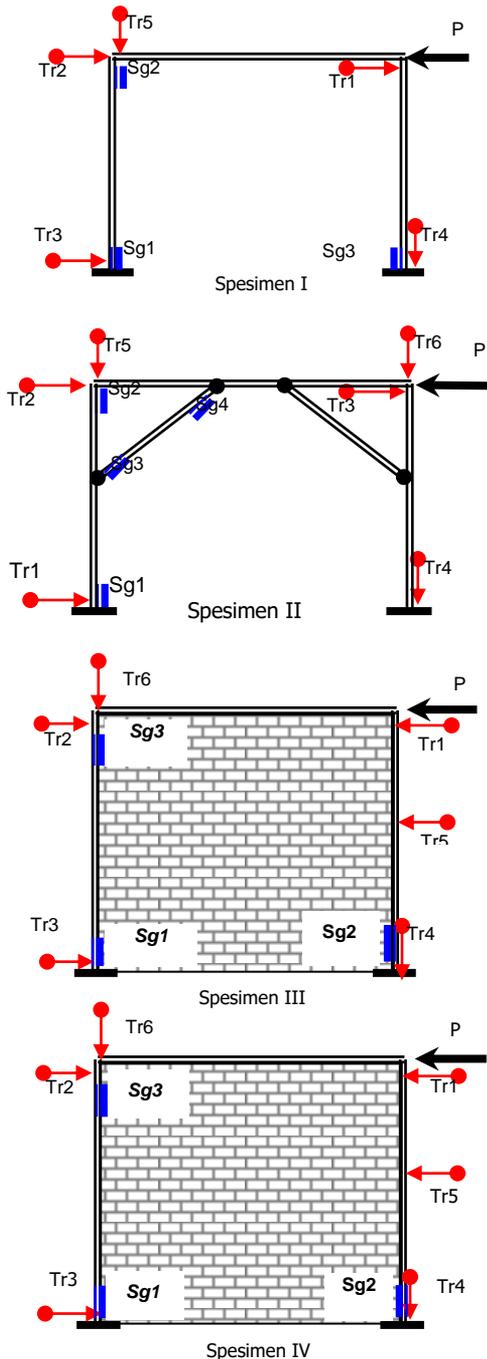
(a) Spesimen III dan IV



(b) Sambungan Balok dan Kolom

PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Hasil analisis uji monotonik dapat digambarkan dengan hubungan beban lateral dan simpangan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8 untuk masing-masing spesimen. Pada gambar tersebut jelas terlihat bahwa spesimen II dan IV mempunyai kapasitas lebih tinggi dibandingkan kedua spesimen lainnya. Hal ini dapat dipahami karena terdapat kontribusi kekakuan dari dinding pasangan. Namun demikian karena dalam perencanaan bangunan tahan gempa, dinding pasangan dianggap bukan komponen pemikul beban lateral, maka perlu dianalisis lebih detail dengan membandingkan dua kelompok portal tanpa dinding dan portal dengan dinding pengisi.

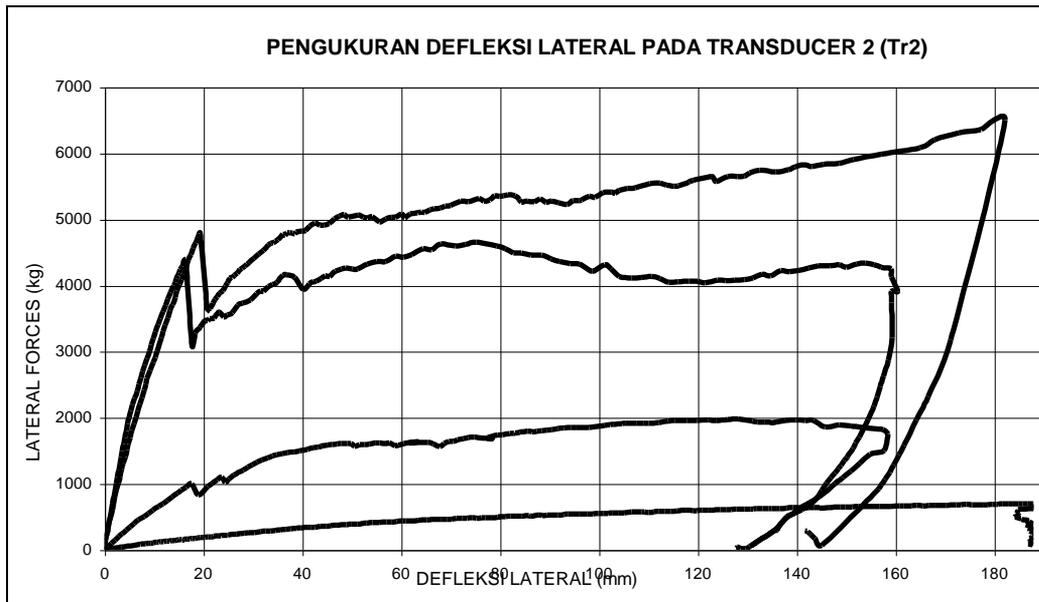


Gambar 7. Penempatan Transducer dan Strain gauge

- 1) Spesimen I: portal terbuka (*moment resistance frame*). Model portal jenis ini adalah yang paling sederhana dalam memikul beban lateral. Dilihat dari grafik hasil uji, menunjukkan bahwa kondisi elastis terjadi sampai beban mencapai 700 kg dengan simpangan maksimum mencapai 180 mm. Setelah mencapai beban maksimum tersebut struktur portal langsung runtuh tanpa memperlihatkan perilaku leleh secara signifikan.
- 2) Spesimen II : Portal bresing (*braced frame*). Model portal ini mempunyai kapasitas lebih tinggi dalam menahan beban lateral dibandingkan spesimen I. Gaya lateral yang dipikul oleh balok dan kolom didistribusikan pula pada komponen bresing. Bentuk bresing dalam rangka baja juga mempunyai pengaruh signifikan pada rangka pemikul lateral. Kehandalan sambungan baut juga memegang peran penting dalam menahan beban lateral. Kondisi elastis terjadi

sampai beban mencapai sekitar 4500 kg sebelum terjadi slip di bagian sambungan. Dengan kondisi beban tetap yaitu sekitar 4000-4500 kg simpangan terus berlangsung sampai mencapai 160 mm. Pola runtuh terjadi setelah bagian kolom sobek di daerah sekitar sambungan. Belajar dari kondisi ini menunjukkan

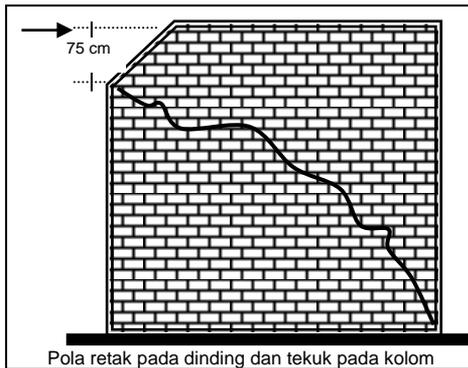
bahwa perhatian khusus harus diberikan pada saat pelaksanaan pekerjaan di bagian sambungan. Apabila bagian sambungan tidak dilaksanakan dengan baik, maka perilaku portal dengan bresing menyerupai perilaku kondisi portal terbuka.



Gambar 8. Beban Lateral dan Simpangan Horizontal

3) Spesimen III: Portal terbuka dengan dinding pengisi pasangan bata (*infill wall frame*) tanpa *shear connector*. Bagian yang perlu dicermati dalam model rangka seperti ini adalah pertemuan antara pasangan bata dengan kolom, terutama karena jenis material yang digunakan berbeda, permukaan baja sangat licin sehingga tidak cukup memberikan ketahanan geser. Padahal model rangka inilah yang paling banyak ditemui di masyarakat. Pada model portal seperti ini kekakuan struktur diperoleh pula dari dinding pasangan

bata. Seperti terlihat pada Gambar 8, kondisi elastis terjadi sampai mencapai beban 1600 kg dengan simpangan 50 mm. Kondisi leleh berlangsung sampai beban mencapai 2000 kg dengan simpangan 168 mm sebelum terjadi runtuh. Berdasarkan pengamatan visual spesimen, pola runtuh terjadi dengan diawali keretakan arah diagonal pada pasangan bata dan menekuk ke luar bidang. Selanjutnya terjadi tekuk pada kolom ujung atas, yaitu sekitar 14 lapisan bata atau sekitar 75 cm, seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pola Retak Spesimen III

4) Spesimen IV: Portal terbuka dengan pasangan bata (*infill wall frame*) dengan *shear connector*. Pada spesimen IV kondisi elastis terjadi sampai beban mencapai 4000 kg dengan simpangan sekitar 20 mm. Kondisi leleh terjadi sampai beban mencapai 6500 kg dengan simpangan sekitar 180 mm. Ditinjau dari kapasitasnya memikul beban, spesimen IV jauh lebih besar dari spesimen II. Seperti halnya pada spesimen III, Pola retak dinding spesimen IV terjadi dalam arah diagonal pada dinding pasangan bata dan kolom bagian ujung menekuk 50 cm dari ujung kolom.

Namun demikian retak yang terjadi pada dinding adalah retak searah bidang sehingga kemampuan memikul beban lebih tinggi daripada spesimen III. Perilaku ini menunjukkan bahwa sebagai struktur tahan gempa, penggunaan *shear connector* antara kolom dan pasangan bata memberi kontribusi penting dalam mencegah terjadinya tekuk arah tegak lurus bidang, sehingga terhindar dari keruntuhan dinding yang tiba-tiba.

Berdasarkan ke-4 grafik hasil pengujian seluruh spesimen, terlihat pada grafik bahwa pada spesimen II, spesimen III dan spesimen IV, ada bagian yang terlihat seperti slip, yaitu saat terjadi pada simpangan sekitar 18 mm. Perlu dianalisis lebih jauh untuk mengetahui mengapa hal tersebut terjadi.

Untuk analisis daktilitas telah disimpulkan pada **Tabel 1**. Seperti diuraikan pada bagian awal, bahwa nilai daktilitas struktur yang digunakan adalah berdasarkan leleh pertama yaitu rasio simpangan lateral pada saat ultimit. Yang kedua nilai daktilitas berdasarkan beban runtuh.

Tabel 1
Nilai Daktilitas dari Masing-Masing Benda Uji

Spesimen	Beban		Simpangan Lateral			Daktilitas	
	P _u (kg)	P _y (kg)	d _u (mm)	d _{y1} (mm)	d _{y2} (mm)	Berdasarkan Leleh Pertama	Berdasarkan Beban Runtuh
						$u_1 = d_u / d_{y1}$	$u_2 = d_u / d_{y2}$
I	700	198	182	20	79	9.10	2.30
II	450 0	2500	70	9	12	7.78	5.83
III	200 0	1000	140	19	30	7.37	4.67
IV	600 0	4000	160	18	21	8.89	7.62

Ditinjau dari nilai daktilitas berdasarkan konsep leleh pertama (*first yield*), daktilitas terbesar adalah spesimen I

yaitu 9,10. Sementara bila dianalisis berdasarkan konsep beban runtuh (*collapse load*), nilai daktilitas menjadi

2,30. Untuk spesimen II dan III tingkat daktilitas berdasarkan leleh pertama mendekati nilai yang sama yaitu 7,78 dan 7,37 dan jika dianalisis berdasarkan beban runtuh menjadi 5,83 dan 4,67. Hal ini berarti bahwa penggunaan portal dengan dinding pengisi mempunyai kapasitas kinerja menyerupai kinerja portal dengan bresing. Namun mempunyai pola keruntuhan yang berbeda. Dengan demikian bila diurutkan berdasarkan nilai daktilitas beban runtuh adalah (1) portal terbuka dengan dinding pengisi dengan *shear connector*, (2) portal dengan bresing, (3) portal terbuka dengan dinding pengisi tanpa *shear connector*, dan (4) portal terbuka.

Analisis uji monotonik tersebut diatas sejauh ini masih perlu dibandingkan dengan uji beban siklik yang lebih mensimulasikan getaran gempa, sehingga analisis kekakuan dan kekuatan dapat lebih akurat dalam menginformasikan kehandalannya terhadap gempa. Kontribusi kekakuan dinding pasangan pada struktur portal sangat signifikan untuk menambah ketahanan gempa. Keberadaan dinding ini menjadi tidak berarti apabila tidak diberi *shear connector* antara pasangan bata dengan portal bahkan lebih buruk kondisinya daripada portal dengan bresing. Rangka struktur baja karena sifat materialnya yang peka terhadap panas maka perlu ketelitian dalam melakukan pekerjaan sambungan, terutama pengelasan dan pengaturan jarak baut. Penggunaan panas yang berlebihan dengan mudah dapat memperlemah kapasitas sambungan yang merupakan bagian yang paling signifikan dalam menahan beban lateral. Disamping itu penggunaan bentang panjang dapat memicu keruntuhan dinding dalam arah tegak lurus bidang

(*out-of plane*), sehingga ketentuan luasan pasangan dinding perlu diperhatikan dengan seksama meskipun mendisan bentang panjang sangat dimungkinkan.

Studi ini masih perlu dilanjutkan dengan melakukan pengujian dengan kombinasi beban horisontal dan vertikal, sesuai dengan kondisi pembebanan yang sebenarnya terjadi di lapangan. Perlu juga diteliti pada model portal yang lain seperti model bresing eksentris atau konsentris.

KESIMPULAN

1. Model portal terbuka yang diberi pasangan bata dengan *shear connector* merupakan model portal yang memiliki nilai daktilitas dan kapasitas tinggi dalam memikul beban gempa dibandingkan model portal lainnya.
2. Penggunaan *shear connector* (pengait geser) yang dipasang antara pasangan bata dan kolom profil baja merupakan hal penting yang perlu dicermati dalam perencanaan bangunan tahan gempa.
3. Perlu diperhatikan dengan hati-hati dalam penggunaan sambungan las. Pemanasan yang berlebihan dalam proses pengelasan akan memperlemah rangka bajanya.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut melalui uji siklik dan model portal lainnya.
5. Struktur prefabrikasi baja sebagai struktur utama bangunan sederhana merupakan salah satu alternatif dalam mempercepat penyediaan rumah massal. Inovasi berbasis material baja dapat dikembangkan lebih jauh, misalnya dengan material *cold-formed steel* (baja

canai dingin) yang saat ini sedang marak digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Boen, Teddy (2003) Earthquake Resistant Design of Non-Engineered Building in Indonesia, Paper dalam Conference EASEC, Bali Dec 16-18 2003
- NAHB Research Center (1997) *Prescriptive Method For Residential Cold-Formed Steel Framing*, Second Edition, The U.S Department Of Housing And Urban Development Office of Policy Development and Research Washington, DC
- Puslitbang Permukiman (2001) *Laporan Akhir Pengkajian Konstruksi Prefabrikasi Baja untuk Bangunan Sederhana Tahan Gempa*, Puslitbang Permukiman, Dep. Pekerjaan Umum
- Toothman, Adam James (2003), Monotonic and Cyclic Performance of Light-Frame Shear Walls With Various Sheathing Materials, Thesis of the Virginia Polytechnic Institute and State University
- Yurisman (2001), *Studi Eksperimental Terhadap Parameter Daktilitas Struktur Baja*, Tesis Magister Institut Teknologi Bandung