

EVALUASI KINERJA DINDING PENGISI BATA MERAH DENGAN *OPENINGS* PADA STRUKTUR BETON BERTULANG AKIBAT BEBAN GEMPA KUAT

Rizki Efrida, Citra Utami

Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan, Sumatera Utara, Indonesia
e_mail : rizki.efrida@gmail.com

Abstrak — Dinding pengisi bata merah sering digunakan sebagai partisi pemisah di bagian dalam maupun penutup luar bangunan, khususnya untuk bangunan rendah dan bertingkat sedang di Indonesia. Akibat keperluan arsitektural seringkali pada dinding dibuat bukaan (*openings*) seperti jendela, pintu, dll. Studi ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh besarnya luasan *openings* terhadap kekakuan dan kekuatan struktur. Ada 3 objek model yang akan diteliti, yaitu struktur Fully Infilled Wall Frame (Model 1), struktur Fully Infilled Wall Frame dengan *openings* 16% (Model 2), dan struktur Fully Infilled Wall Frame dengan *openings* 40% (Model 3). Pada semua model akan dilakukan analisis statik linier dan analisis statik non-linier. Parameter-parameter yang ditinjau antara lain: gaya geser dasar, kekakuan, daktilitas, dan *performance point*. Hasil studi menunjukkan bahwa keberadaan *openings* pada dinding pengisi yang terbuat dari dinding bata sangat mempengaruhi kekuatan dinding pengisi. *Openings* pada dinding pengisi bata ternyata dapat menurunkan kapasitas dari struktur itu sendiri. Dinding dengan *openings* 40% ternyata tidak begitu mempengaruhi kinerja dari struktur utama.

Kata kunci : dinding pengisi bata merah, *openings*, analisis pushover, kekakuan, daktilitas, *performance point*.

Abstract — Brick wall is often used as partition separator on the inside as well as the outer cover of the building, especially for low and medium storey buildings in Indonesia. Due to architectural needs often on walls made openings such as windows, doors, etc. This study aims to find out how large the influence of openings area to the stiffness and strength of the structure. There are 3 object models to be researched, namely the Fully Infilled Wall Frame structure (Model 1), the Fully Infilled Wall Frame structure with openings 16% (Model 2), and the Fully Infilled Wall Frame structure with openings 40% (Model 3). On all models will be conducted linear static analysis and non-linear static analysis. The parameters are reviewed, among others: base shear, stiffness, ductility, and *performance point*. The study showed that the existence of openings on filler walls made of brick walls greatly affects the power of the filler walls. Openings on brick wall is apparently able to lower the capacity of the structure itself. The walls with openings 40% were not so affecting the performance of the main structures.

Keywords: brick wall, *openings*, pushover analysis, stiffness, ductility, *performance point*.

I. PENDAHULUAN

Pada umumnya dinding pengisi hanya diperhitungkan sebagai beban yang disalurkan ke struktur sehingga mengakibatkan pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding pengisi tidak diperhitungkan dalam perencanaan suatu bangunan. Dinding pengisi ini akan memberikan sumbangan kekakuan yang cukup berarti pada struktur terutama saat menahan gaya lateral seperti gempa. Biasanya dalam perencanaan, bangunan diasumsikan sebagai struktur open frame dengan dinding bata non struktural hanya sebagai beban gravitasi yang bekerja pada balok.

Dalam beberapa kasus gempa, ternyata dinding bata ikut memikul beban lateral. Keretakan yang terjadi pada dinding bata menunjukkan terjadi transfer beban dari portal ke dinding bata.

Bata merah merupakan salah satu material yang sering digunakan sebagai dinding pengisi pada bangunan, terutama sebagai penutup luar ataupun partisi pemisah di bagian dalam untuk kebutuhan arsitektural maupun kepentingan estetika bangunan khususnya untuk bangunan rendah dan bertingkat sedang. Hal ini dikarenakan bata merah memiliki sifat harga

yang ekonomis, mudah didapat, dan tahan terhadap cuaca.

Dinding adalah bagian paling potensial untuk dibuat bukaan (*openings*) pada bangunan. Pada bidang inilah kita bisa menempatkan jendela, pintu, lubang udara, dan jenis *openings* lainnya. Keberadaan *openings* ini sangatlah penting, misalnya seperti pintu menyediakan akses masuk dan keluar ruangan dan mempengaruhi pola pergerakan dan kegunaan di dalamnya. Kemudian jendela yang memungkinkan cahaya menembus ruang dan menerangi permukaan ruang, memberikan pemandangan dari ruang ke area luar, menciptakan hubungan visual, dan berhubungan penting dengan penghawaan ruangan

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada umumnya dinding pengisi hanya diperhitungkan sebagai beban yang disalurkan ke struktur sehingga mengakibatkan pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding pengisi tidak diperhitungkan dalam perencanaan suatu bangunan. Dinding pengisi ini akan memberikan sumbangan kekakuan yang cukup berarti pada struktur terutama saat menahan gaya lateral seperti gempa.

Bangunan beton dengan dinding pengisi dari bata lazim ditemukan.. Bangunan-bangunan ini lebih fungsional, tahan lama, dan ekonomis. Namun, terlalu sering bangunan-bangunan ini berkinerja buruk terhadap gempa bumi. Beberapa runtuh dan membunuh orang-orang di dalamnya, banyak yang rusak parah, membutuhkan pembongkaran atau perbaikan mahal. Kadang-kadang, disebabkan oleh kualitas konstruksi yang buruk. Namun, dalam banyak kasus, desain perencanaan struktur itu sendiri yang harus disalahkan (Semnani, S. J., Rodgers, J. E., Burton, H. V., 2014).

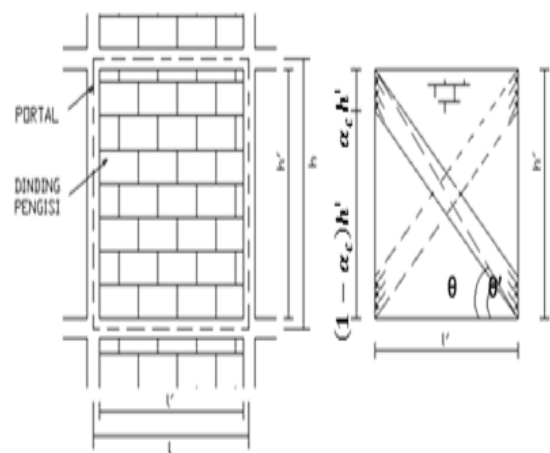
Dinding pengisi bata biasa digunakan pada struktur bangunan beton bertulang ataupun struktur bangunan baja. Dinding dapat menutupi tembok bangunan secara keseluruhan dan ada juga yang memiliki bukaan untuk pintu dan jendela. Namun dalam perencanaan struktur bangunan, dinding pengisi hanya diperlakukan sebagai sekat atau partisi tanpa fungsi struktural. Padahal apabila terjadi gempa dinding pengisi dapat mempengaruhi kekakuan dan kekuatan struktur yang efeknya kadang tidak

menguntungkan pada struktur tersebut sehingga dapat menimbulkan kerusakan (Dewobroto, 2005).

Dinding adalah bagian paling potensial untuk dibuat bukaan (*openings*) pada bangunan. Pada bidang inilah kita bisa menempatkan jendela, pintu, lubang udara, dan jenis *openings* lainnya. Keberadaan *openings* ini sangatlah penting, misalnya seperti pintu menyediakan akses masuk dan keluar ruangan dan mempengaruhi pola pergerakan dan kegunaan di dalamnya. Kemudian jendela yang memungkinkan cahaya menembus ruang dan menerangi permukaan ruang, memberikan pemandangan dari ruang ke area luar, menciptakan hubungan visual, dan berhubungan penting dengan penghawaan ruangan.

Penelitian tentang pengaruh dinding bata terhadap struktur sudah cukup banyak dilakukan, antara lain oleh Dewobroto, W. (2005), Aryanto, A. (2008), Leksono, R. S, Iranata, D., Kristijanto, H. (2012), Sitompul, M. (2015), Tanjung, J., Maidiawati, (2016), dll. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dinding bata dalam struktur rangka ikut berperan memberikan tahanan terhadap beban gempa.

Portal-Isi dapat dianggap sebagai portal tidak bergoyang (*braced framed*), dimana dinding pengisi akan berfungsi sebagai diagonal tekan ekivalen (*equivalent diagonal strut*). Diagonal tekan ekivalen hanya kuat terhadap gaya tekan saja. Pengaruh beban lateral bolak-balik akibat gempa dapat diatasi dengan terbentuknya diagonal tekan pada arah lain yang juga mengalami tekan (lihat Gambar 1).



Gambar 1. a) Portal isi; b) Penopang diagonal bolak-balik (Saneinejad dan Hobbs, 1995)

Lebar efektif *diagonal compression strut* yang digunakan untuk menganalisis kekuatan dan kekakuan dinding pengisi bata berdasarkan model FEMA 273 dihitung dengan menggunakan Pers. 1 dan Pers. 2.

$$a = 0,175 (\lambda_1 h_{col})^{-0,4} r_{inf} \tag{1}$$

$$\lambda_1 = \left[\frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}} \tag{2}$$

dimana

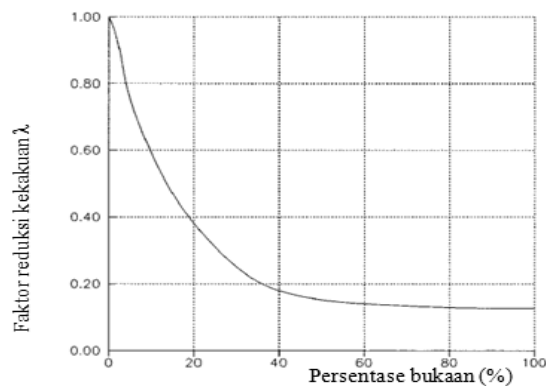
- hcol = tinggi kolom di antara as-balok,
- hinf = tinggi dinding pengisi,
- Efe = modulus elastisitas material portal,
- Eme = modulus elastisitas material dinding pengisi,
- Icol = inersia penampang kolom,
- Linf = panjang dinding pengisi,
- rinf = panjang diagonal dinding pengisi,
- tinf = tebal dinding pengisi,
- θ = sudut yang dibentuk antara tinggi dan panjang dinding pengisi,
- λ1 = koefisien yang digunakan untuk menentukan lebar efektif strut,
- a = lebar efektif strut.

Asteris (2003) mengajukan sebuah formula dalam penentuan lebar efektif *diagonal compression strut* dengan menambahkan sebuah faktor koreksi λ ke model FEMA 273 yang merupakan faktor reduksi kekakuan akibat adanya *openings* pada dinding pengisi (pintu, jendela, dan lain-lain) sesuai Pers. 3.

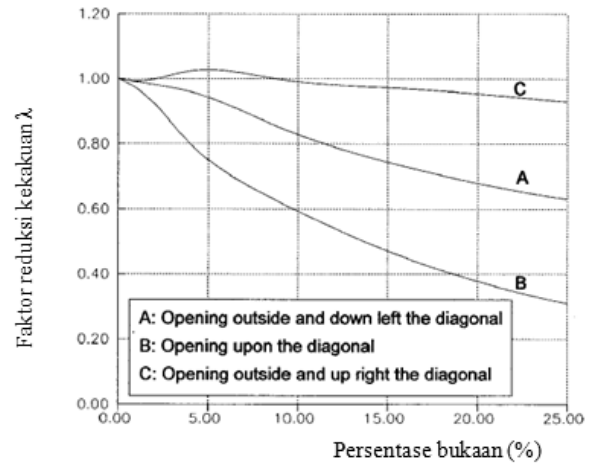
$$w_i = \lambda a \tag{3}$$

Dimana

- Λ = faktor reduksi kekakuan dengan menggunakan Gambar 2,
- a = lebar efektif *strut* sesuai dengan FEMA 273.

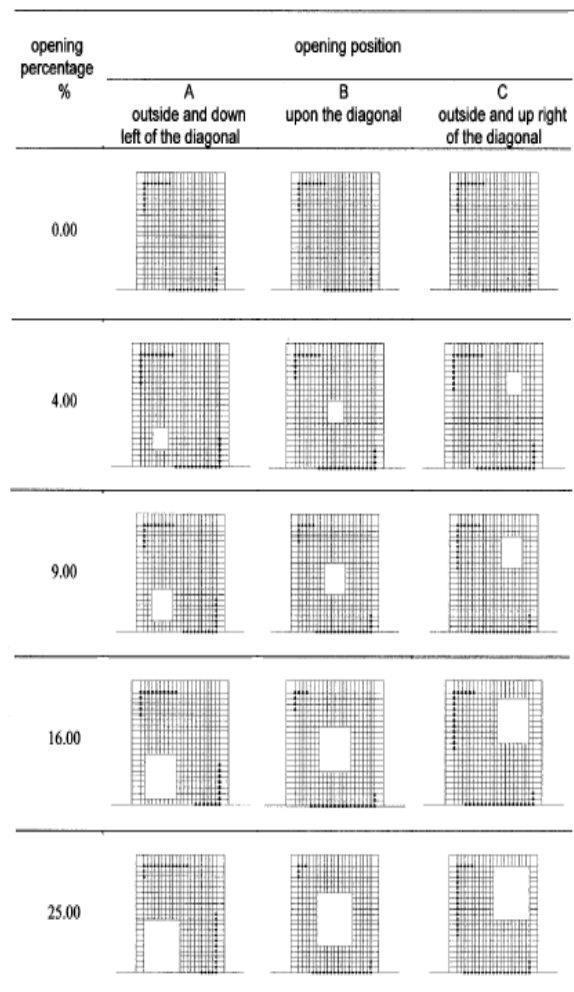


(a)



(b)

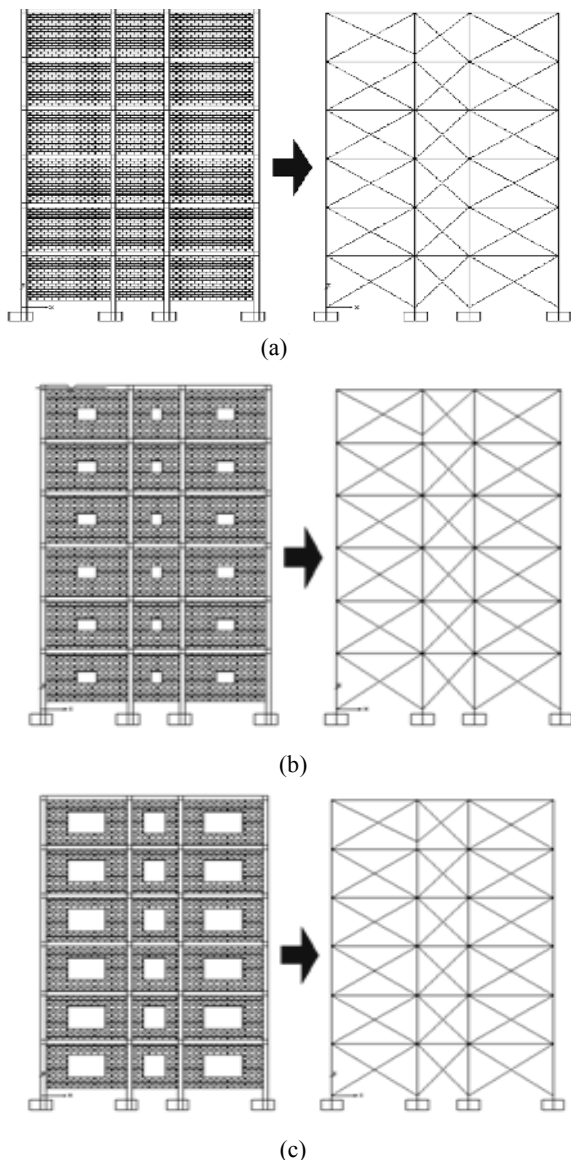
Gambar 2. a) Faktor reduksi kekakuan dinding pengisi λ yang berhubungan dengan persentase *openings* (case B); b) Faktor reduksi kekakuan dinding pengisi λ yang berhubungan dengan persentase *openings* dengan posisi *openings* yang berbeda (lihat Gambar 3) (Asteris, 2003).



Gambar 3. Posisi *openings* (case A, B, dan C) dan persentase *openings* (Asteris, 2003)

III. METODE PENELITIAN

Semua model struktur terdiri dari 6 lantai dan 3 bentang (Gambar 4). Tinggi untuk lantai pertama untuk semua model adalah 4 m, sedangkan untuk lantai-lantai lainnya 3,5 m. Masing-masing mempunyai panjang bentang 5 m kecuali di bagian tengahnya 3 m. Perletakan diasumsikan jepit. Struktur diasumsikan terletak di atas tanah sedang dan berada di kota Padang. Peruntukan bangunan diasumsikan sebagai perhotelan. Untuk *preliminary design* ditetapkan dimensi balok 40 x 60 cm, kolom 60 x 60 cm, dan tebal plat lantai/atap 12 cm.



Gambar 4. Pemodelan struktur (a) *fully-infilled wall frame* (model 1); (b) *fully-infilled wall frame* dengan openings 16% (model 2); (c) *fully-infilled wall frame* dengan openings 40% (model 3)

Dalam studi ini digunakan bata merah sebagai material dinding pengisi. *Openings* diasumsikan terletak pada tengah diagonal dinding. Karakteristik dinding bata yang akan digunakan didasarkan pada karakteristik dinding bata hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh Aryanto (2008) dimana kuat tekan unit bata 4,57 Mpa, kuat tekan rata-rata pasangan bata (f_m') 3,54 Mpa, modulus elastisitas dinding pengisi 2478 Mpa, kuat Lekat/*bond* pasangan bata 0,39 Mpa, dan regangan pada tegangan maksimum, $\epsilon_c = 0,002$.

Pada studi ini elemen balok dan kolom dimodelkan sebagai balok Giberson (*lumped plasticity model*) untuk pemodelan elemen nonlinier. Kondisi tidak linier tidak elastis pada sendi plastis diwakili oleh parameter-parameter momen-rotasi untuk balok dan kolom. Elemen dinding pengisi dimodelkan menjadi sebuah elemen garis yang memiliki kekuatan dan simpangan yang getas (*brittle*). Untuk mendapatkan parameter ini digunakan persamaan yang diajukan oleh Saneinejad-Hobbs (1995). Elemen garis (*strut*) ini hanya menerima gaya tekan akibat beban lateral.

Properti material nonlinier pada studi ini seperti kapasitas rotasi pasca leleh (rotasi plastis) $\theta_p = 0,06$; kapasitas rotasi pasca kondisi plastis $\theta_{pc} = 0,06$ dan rotasi leleh θ_y dihitung dengan $\theta_y = M_y/K_0$. Nilai rasio antara momen maksimum dengan momen leleh adalah $M_c/M_y = 1,19$. Kekakuan elemen dihitung dengan $K_0 = 6EI/L$. Momen inersia efektif diasumsikan 40% dari momen inersia biasa $I_{ef} = 0,4 I$.

Analisis *pushover* dilakukan untuk melihat seberapa besar kapasitas dan daktilitas dari struktur yang ditinjau. Tipe analisis *pushover* yang digunakan dalam studi ini adalah kontrol *displacement* dimana struktur didorong sampai mencapai *displacement* yang diinginkan dan atau sampai struktur yang ditinjau runtuh. Efek P-Delta diabaikan. Untuk mendapatkan titik kinerja (*performance point*) pada studi ini digunakan *Capacity Spectrum Method* atau Metoda Spektrum Kapasitas (ATC-40).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekakuan lateral diperoleh dengan memberikan beban sebesar 1 kN pada atap struktur. Kekakuan diperoleh dari perbandingan antara beban 1 kN dengan besarnya perpindahan yang terjadi akibat pembebanan. Perbandingan kekakuan struktur untuk berbagai model dapat dilihat pada Tabel 1, perbandingan titik kinerja (*performance point*) dan daktilitas pada Tabel 2, persentase peningkatan dan penurunannya pada Tabel 3, dan perbandingan kurva kapasitas tiap model pada Gambar 5.

Tabel 1. Perbandingan kekakuan struktur berbagai model.

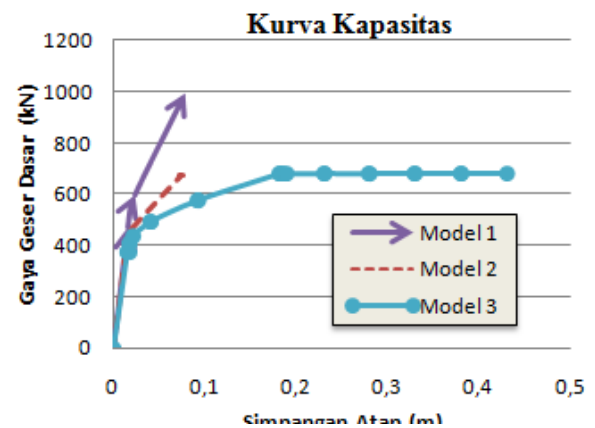
Jenis Model	Simpangan Atap [mm]	Kekakuan
Model 1	0,048731	20,920
Model 2	0,058753	17,062
Model 3	0,067124	15,065

Tabel 2. Perbandingan titik kinerja (*performance point*) dan daktilitas dari model struktur.

Model Struktur	Gaya Geser dasar [kN]	Perpindahan [m]	Daktilitas
Model 1	608,604	0,025	3,4
Model 2	505,720	0,029	3,95
Model 3	475,250	0,033	10,7

Tabel 3. Persentase peningkatan dan penurunan kekakuan, titik kinerja dan daktilitas dari model struktur.

Model Struktur	Penurunan kekakuan (%)	Penurunan gaya geser dasar (%)	Peningkatan daktilitas (%)
Model 2	18,5	16,9	16,2
Model 3	28	21,9	214,7



Gambar 5. Perbandingan kurva kapasitas.

Dari hasil yang disajikan di atas dapat dilihat bahwa pada saat mencapai *performance point* kapasitas maksimal dari model 1 menjadi yang terbesar jika dibandingkan dengan model struktur yang lain. Antara model 1 dengan model 2, dan 3 terdapat perbedaan gaya geser dasar berturut-turut sebesar 16,9 % dan 21,9 %. Semakin besar *openings* pada dinding bata menyebabkan berkurangnya kapasitas maksimal struktur.

Jika dilihat dari segi daktilitasnya, adanya *openings* pada dinding menyebabkan terjadinya peningkatan daktilitas sebesar 16,2 % pada model 2 dan 214,7 % pada model 3. Model 3 dengan *openings* 40% cenderung tidak berperilaku seperti model 1 (daktilitasnya meningkat sampai 214,7 %), malah lebih seperti struktur *Open Frame* jika dilihat dari kurva kapasitasnya. Dari analisis ini dapat ditarik kesimpulan bahwa keberadaan *openings* pada dinding bata bisa mengakibatkan meningkatnya daktilitas dari struktur. *Openings* pada dinding bisa menyebabkan penurunan kekakuan struktur (Tabel 1).

Pada saat mencapai *performance point*, nilai target perpindahan (*displacement*) yang dihasilkan oleh model 3 lebih besar dari model yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa model 3 dengan *openings* 40% dapat berdeformasi lebih baik daripada model yang lain. Dari sendi plastis yang terjadi, sendi plastis akan muncul terlebih dahulu pada balok atau kaki kolom kemudian terjadi pada kolom. Di bawah pengaruh beban gempa kuat, Struktur *fully infilled wall* tanpa *openings* dan struktur *fully infilled wall* dengan *openings* 16% pada saat mencapai *performance point* berada pada daerah LS-CP yang

menunjukkan bahwa kinerja struktur kurang baik. Struktur *fully infilled wall* dengan *openings* 40% memiliki kinerja yang baik (karena saat *performance point* tidak ada yang melewati daerah LS).

V. KESIMPULAN

Hasil studi menunjukkan bahwa keberadaan *openings* pada dinding pengisi yang terbuat dari dinding bata sangat mempengaruhi kekuatan dinding pengisi. Dinding dengan *openings* 40% ternyata tidak begitu mempengaruhi kinerja dari struktur utama. *Openings* pada dinding pengisi bata ternyata dapat menurunkan kapasitas dari struktur itu sendiri. Hal ini ditunjukkan oleh adanya penurunan gaya geser dasar antara model 1 dengan model 2, dan 3 berturut-turut sebesar 16,9 % dan 21,9 %. Berbanding terbalik dengan kapasitas, keberadaan *openings* bisa meningkatkan daktilitas struktur, dari studi ini diperoleh peningkatan daktilitas sebesar 16,2 % pada model 2 dan 214,7 % pada model 3. Adapun saran yang perlu disampaikan penulis dari hasil studi ini adalah Kekuatan dan kekakuan dari dinding pengisi bata harus diperhatikan oleh perencana dalam proses desain bangunan gedung karena dari hasil studi menunjukkan bahwa keberadaan dinding bata dapat mempengaruhi kinerja dari struktur utama. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan parameter-parameter yang berbeda dari studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, A. (2008) *Kinerja Portal Beton Bertulang dengan Dinding Pengisi Bata Ringan terhadap Beban Gempa*. Tesis Magister, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Asteris, P. G. (2003) Lateral stiffness of brick masonry infilled plane frame. *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 129(8), 1071-1079.
- Dewobroto, W. (2005) *Analisa Inelastis Portal-Dinding Pengisi dengan Equivalent Diagonal Strut*. Jurnal Teknik Sipil, Vol. 12.
- Leksono, R. S, Iranata, D., Kristijanto, H. (2012) *Studi Pengaruh Kekuatan dan Kekakuan Dinding Bata Pada Bangunan Bertingkat*. Jurnal Teknik ITS, Vol. 1, No. 1, Sept. 2012.
- Maidiawati, Tanjung, J., Medriosa, H. (2017) *Pengaruh Dinding Bata Dengan Bukaannya (Lobang) Terhadap Ketahanan Lateral Struktur Rangka Beton Bertulang*. Jurnal Teknik ITB, Vol. 24, No. 2, Agustus. 2017.
- Rozman, M., dan Fajfar, P. (2009) Seismic response of a RC frame building designed according to old and modern practices. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 7(3), 779-799.
- Saneinejad, A., dan Hobbs, B. (1995) Inelastic design of infilled frames. *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 121(4), 634-650.
- Sitompul, M. (2015) *Studi Parametrik Kinerja Dinding Pengisi Bata Merah Pada Struktur Beton Bertulang Akibat Beban Gempa*. Tesis Magister, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Semnani, S. J., Rodgers, J. E., Burton, H. V. (2014) *Conceptual Seismic Design Guidance for New Reinforced Concrete Framed Infill Buildings*. GeoHazards Internasional.
- Tanjung, J., Maidiawati, (2016) *Studi Eksperimen Tentang Pengaruh Dinding Bata Merah Terhadap Ketahanan Lateral Struktur Beton Bertulang*, Jurnal Teknik Sipil ITB, Vol. 23 No.2, 99-106.
- Zareian, F, Krawinkler, H. (2007) Assessment of probability of collapse and design for collapse safety. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 36, 1901-1914