

PERKUATAN DINDING BATA MERAH YANG DIBEBANKAN SECARA BOLAK BALIK MENGGUNAKAN FEROSEMEN

(*Penelitian Efek Perkuatan Suatu bangunan Yang Telah Rusak Akibat Gempa*)

Teddy Tambunan

Dosen Program Studi Teknik Sipil Fak. Teknik UNRIKA Batam

INTISARI

Telah diketahui secara luas, bahwa dinding pasangan (bata, batako) merupakan bahan dan komponen bangunan yang memiliki sifat tidak cocok terhadap beban lateral siklis gempa, seperti: berat sendiri atau bobot mati yang besar, getas (*brittle*) atau sangat lemah terhadap geser.

Dalam penelitian ini digunakan satu buah model struktur dengan ukuran dinding 3000x3000x100 mm yang meliputi *infilled frame* bata merah dengan ferosemen (IFNHBWF). Metode pembebanan dilakukan dengan menggunakan beban bolak-balik untuk memodelkan beban gempa yang mengacu pada standar ASTM E2126-02a. Data tersebut kemudian dijadikan referensi untuk melakukan pembebanan bolak-balik sesuai dengan standar yang berlaku pada ASTM E2126-02a. Dan Pengujian yang dilakukan **Raharjo (2005)** pada IFNHB (*Infill Frame Non Horizontal Bar*) adalah sebagai pembandingan.

Dari hasil penelitian, penambahan ferosemen pada pasangan dinding bata merah dapat meningkatkan kemampuan struktur dalam menerima beban sebesar 220,928%, meningkatkan simpangan *failure* sebesar 29,295%, meningkatkan kekakuan elastik *equivalent* sebesar 57,338%, , meningkatkan *maximum shear strength* sebesar 113,49 %, meningkatkan besarnya energi *hysteretic* dan energi potensial struktur pada setiap siklus. Kerusakan yang terbentuk lebih banyak merupakan jenis kerusakan geser dan *sliding*. Dan aman digunakan pada seluruh area gempa di Indonesia (1 sampai VI).

Kata kunci : bata merah, *infilled frame*, ferosemen

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Telah diketahui secara luas, bahwa dinding pasangan (bata, batako) merupakan bahan dan komponen bangunan yang memiliki sifat tidak cocok terhadap beban lateral siklis gempa, seperti: berat sendiri atau bobot mati yang besar, getas (*brittle*) atau sangat lemah terhadap geser.

Pada banyak kejadian gempa di wilayah Indonesia, menunjukkan bahwa bangunan yang menggunakan dinding pasangan bata tanpa tulangan atau dinding pasangan bata tanpa komponen penguat, telah mengalami rusak (rusak sedang, berat sampai runtuh), akibat kelemahan atau sifat-sifat karakteristik bahan tersebut. Bangunan yang mengalami kerusakan (rusak sedang sampai runtuh) akibat gempa bumi umumnya (80% sampai 85%) adalah bangunan "Penduduk" yaitu bangunan yang dibuat oleh masyarakat sendiri atau secara

komunal, tanpa adanya ilmu dan teknologi bangunan yang rasional tahan gempa, seperti rumah tinggal, dan sarana umum lainnya (Siddiq, 2004).

Pada kejadian gempa yang terjadi di Indonesia, Liwa (1994), Banyuwangi (1994), Palu (1995), Kerinci (1996), Bengkulu (2000), Alor (2004), Nabire (2004), Aceh (2004), Nias (2005), DIY dan Jawa Tengah (2006) dan Padang (2009), fenomena kerusakan bangunan yang terjadi memiliki banyak kesamaan dengan kerusakan yang terjadi, yaitu banyak bangunan struktur dinding pasangan bata tanpa tulangan atau dinding pasangan bata tanpa komponen penguat mengalami rusak berat atau runtuh (Siddiq, 2004).

Dalam penelitian ini dilakukan suatu metoda perkuatan terhadap struktur bangunan dari dinding pasangan bata tanpa tulangan yang akibat gempa(kombinasi tekan aksial bolak-balik) melalui uji eksperimental dengan skala penuh, lalu diperkuat dengan ferosemen. Perkuatan dengan bahan ferrosemen dilakukan selama 4 minggu, lalu benda uji dilakukan uji ulang dengan beban kombinasi tekan aksial bolak-balik untuk mengetahui efektifitas system perkuatan dari segi kekuatan dan daktilitasnya.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui perilaku model kerusakan dinding, meliputi hubungan beban-lendutan (*deflection load curve*), pola retak, *drift ratio* yang mengakibatkan retak signifikan pertama, dan daktilitas.
2. Mengetahui pengaruh variasi dari perkuatan dinding bata menggunakan ferrosemen terhadap kekakuan portal sederhana tanpa tulangan.

C. Manfaat Penelitian

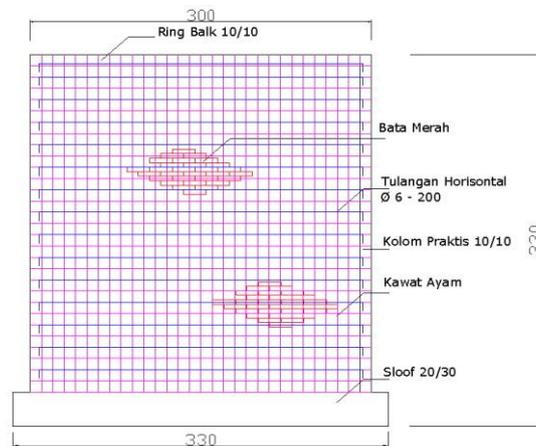
Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas dan efektifitas dari suatu kerusakan dinding bata tanpa tulangan dan diperkuat menggunakan ferosemen, pada pasangan dinding batu bata serta memberikan informasi tentang perilaku dinding bata yang akan mengalami rusak - geser dengan perkuatan menggunakan ferosemen terhadap beban lateral bolak-balik terhadap sumbu kuat dinding. Manfaat lain dari penelitian ini adalah untuk memberikan saran dan masukan kepada masyarakat pada saat dinding akan dibuat dengan menggunakan material batu bata dan diperkuat menggunakan ferosemen..

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tahapan Persiapan

Persiapan dimulai dengan pengadaan bahan material serta penyiapan benda uji material. Tahap persiapan antara lain :

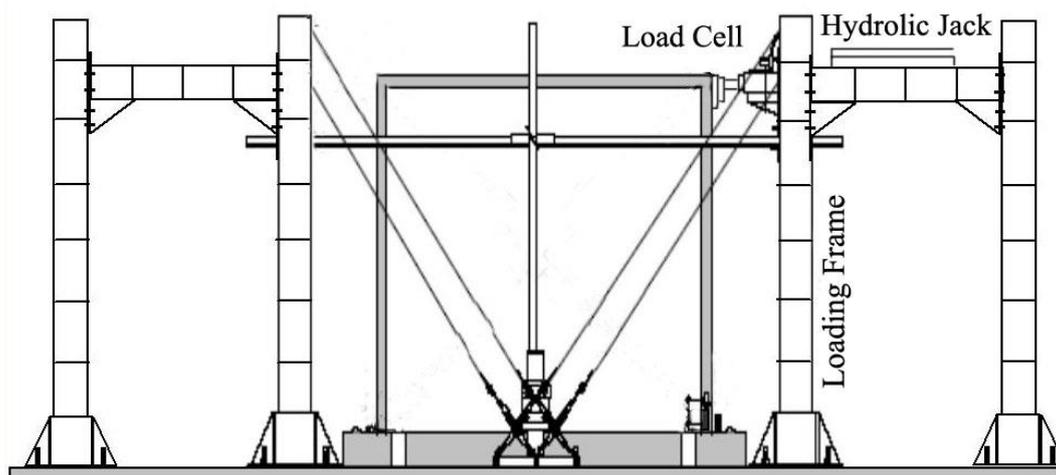
1. Persiapan bahan yang diperlukan untuk membuat plesteran antara lain semen, pasir dan kawat ayam segi enam.
2. Perkuatan benda uji yang meliputi pelapisan ferosemen pada kedua sisi dinding.
3. Pengumpulan data-data sekunder yang menunjang penelitian.



Gambar 2. Perencanaan Perkuatan dengan Pelapisan Ferrosemen pada Kedua Sisi Dinding

Sedangkan untuk pengujian pendahuluan meliputi :

- 1) Pengujian kuat tekan dan tarik mortar semen
- 2) Pengujian kuat desak beton
- 3) Pengujian kuat tarik kawat ayam



Gambar 2 Setup Pengujian

B. Tahapan Pengujian Model Struktur

Pengujian secara garis besar dilakukan dengan cara memberikan pembebanan horizontal pada struktur dengan menggunakan *hidraulic jack* pada arah sejajar sisi kuat dinding pasangan bata merah. Beban horizontal ini dimaksudkan untuk memodelkan beban gempa yang terjadi pada sumbu kuat dinding. Pembebanan dilakukan berdasarkan **ASTM E2126-02a** (*Standar Test Methods for Cyclic (Reserved) Load Test for Shear Resistance of Walls for Buildings*), berdasarkan Metode B.

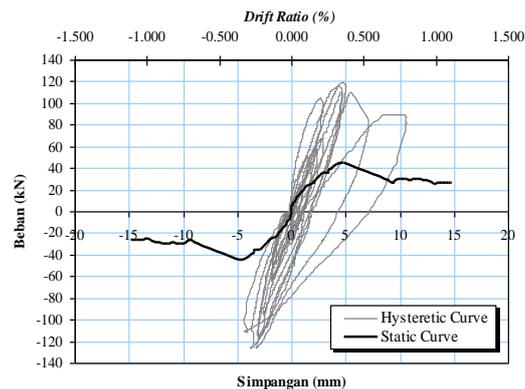
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Model Struktur

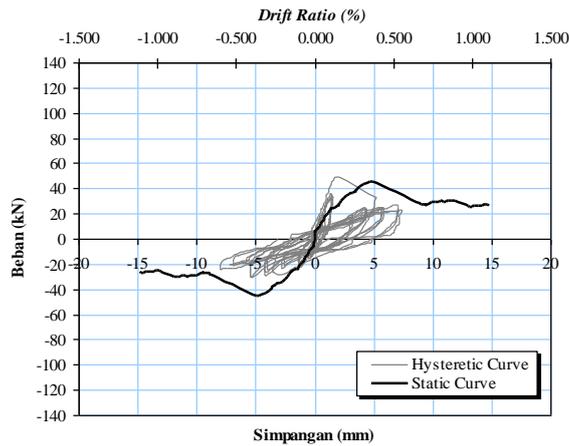
Pengujian terhadap model benda uji dilakukan dengan memodelkan beban gempa yang terjadi sebagai beban lateral bolak-balik yang terjadi pada ujung atas struktur. Pada metode pengujian ini diperlukan data simpangan runtuh/ Δ_u dari hasil pengujian statik yang dilakukan oleh **Setyawati, (2005)**. Data tersebut kemudian dijadikan referensi untuk melakukan pembebanan bolak-balik sesuai dengan standar yang berlaku pada ASTM E2126-02a. Dan Pengujian yang dilakukan **Raharjo (2005)** pada IFNHB (*Infill Frame Non Horizontal Bar*) adalah sebagai pembandingan.

B. Hysteretic Curve

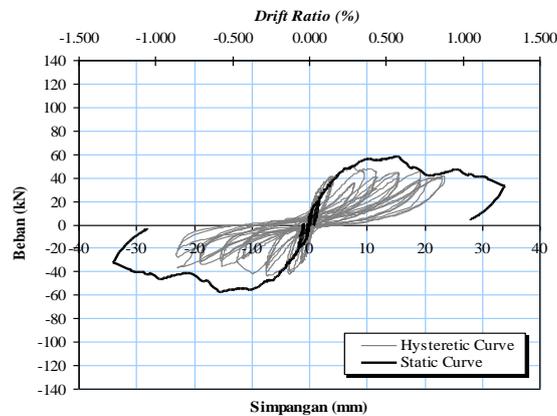
Pengujian dilakukan dengan menggunakan pembebanan bolak-balik menghasilkan *hysteretic curve* yang menggambarkan besarnya energi yang terdisipasi pada setiap siklusnya. **Gambar 3 – Gambar 5** merupakan bentuk dari *hysteretic curve* dari ke tiga benda uji.



Gambar 3 Hysteretic curve benda uji IFNHBWF



Gambar 4 Hysteretic curve benda uji IFNHB

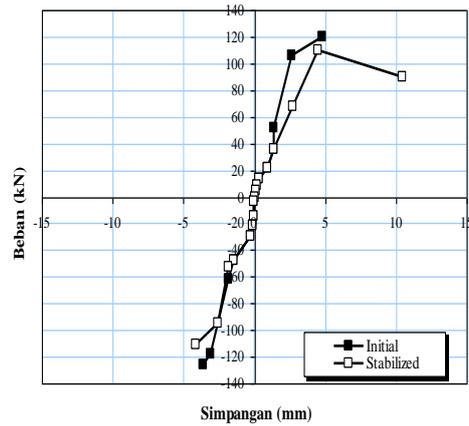


Gambar 5 Hysteretic curve benda uji IFWHB

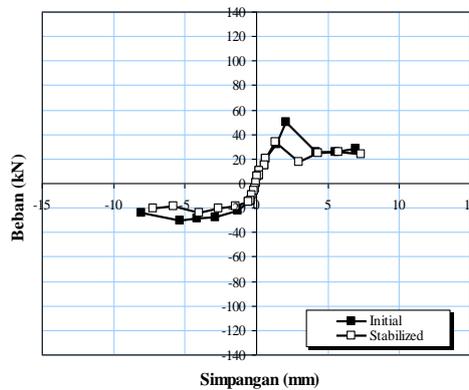
Grafik IFWHB digambarkan dalam skala yang berbeda dibandingkan dengan penggambaran pada benda uji lainnya, hal ini dimaksudkan untuk menunjukkan perbedaan yang cukup significant pada benda uji *IFWHB* yang mampu menahan beban lateral yang kecil dengan simpangan yang besar dibandingkan dengan benda uji lainnya. Berdasarkan hal tersebut maka benda uji *IFWHB* untuk selanjutnya tidak dijadikan sebagai pembanding terhadap benda uji lainnya.

C. Envelope curve dan Equivalent Energy Elastic-Plastic Curve (EEEPC)

Envelope curve merupakan pendekatan dari *hysteretic curve* yang didapatkan dari data beban puncak tiap siklus dan simpangan atau *drift* yang menyertainya baik pada kondisi *initial* maupun *stabilized*. Hasil pengujian dan analisis didapatkan bentuk *envelope curve* dapat dilihat pada **Gambar 6 dan 7**.

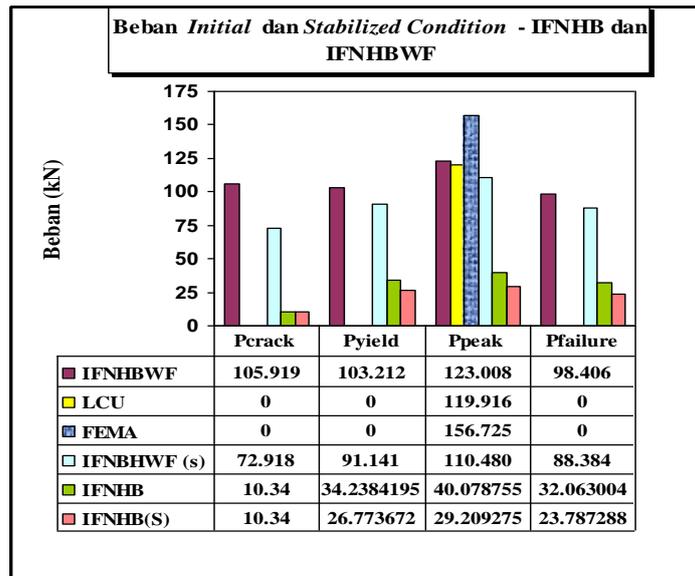


Gambar 6 Envelope curve IFNHBWF pada *initial dan stabilized condition*

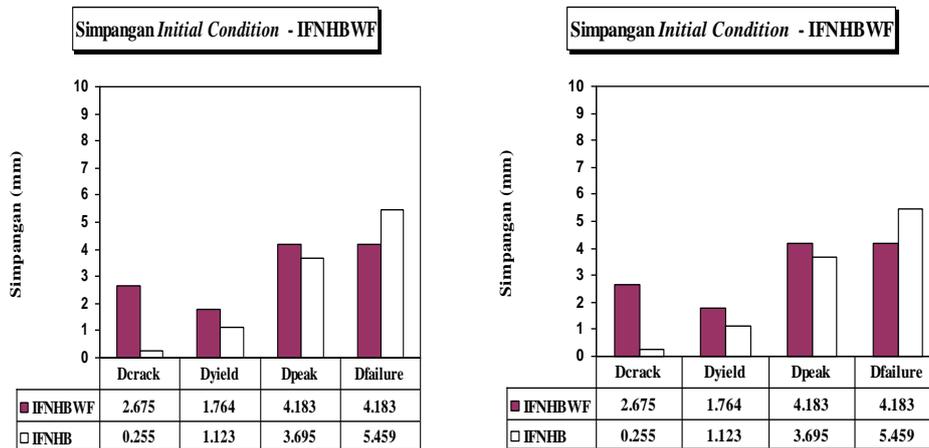


Gambar 7 Envelope Curve IFNHB pada *Initial dan Stabilized Condition*

Dari *envelope curve* yang telah dibentuk selanjutnya di analisis dengan membentuk *equivalent energy elastic-plastic (EEEP) curve* untuk mendapatkan parameter pengamatan berupa hubungan beban-simpangan pada saat *crack*, *yield*, *ultimate* dan *failure*. Analisis secara grafis di tampilkan pada **Gambar 9 – 10**.



Gambar 9 Beban lateral rata-rata pada *initial dan stabilized condition*

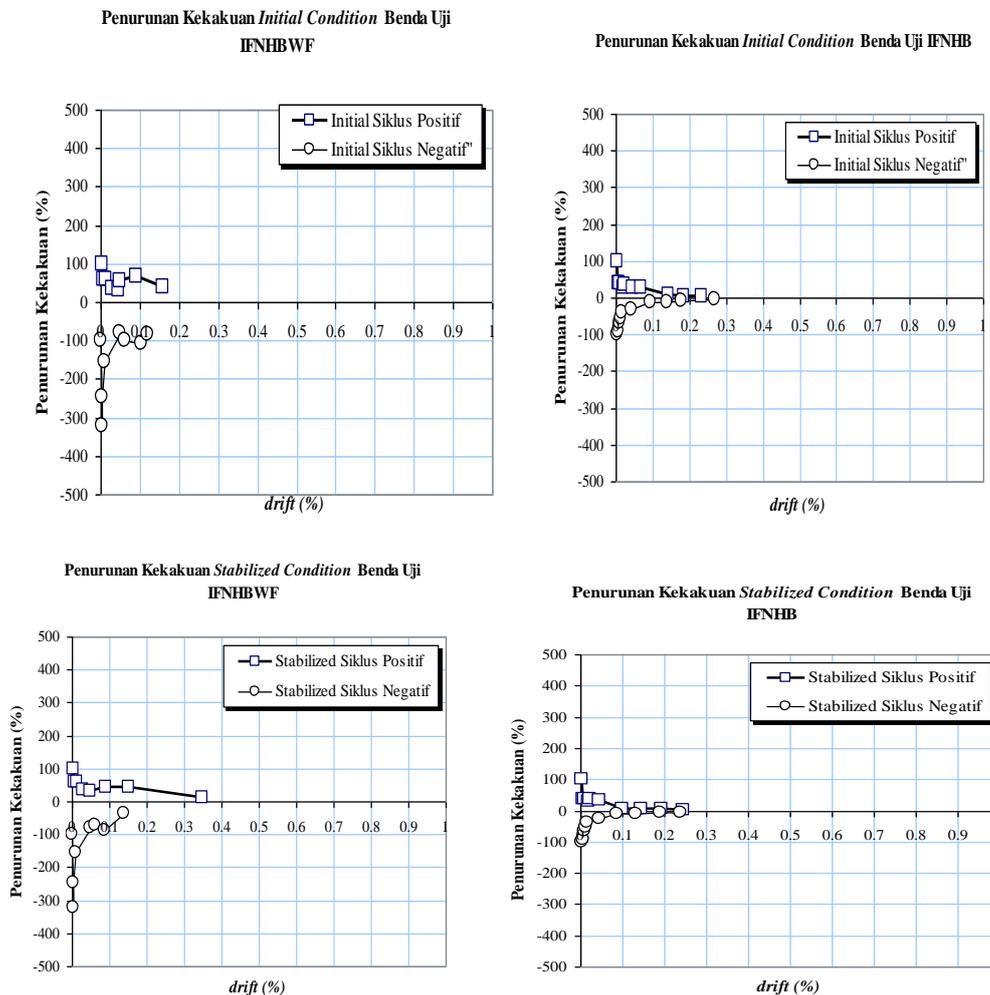


Gambar 10 Simpangan rata-rata pada *initial dan stabilized condition*

Dari **Gambar 9** dan **Gambar 10** menunjukkan bahwa dengan penambahan ferosemen dapat meningkatkan beban dan kemampuan deformasi struktur baik pada kondisi *initial* maupun *stabilized*. FEMA 306 memberikan pendekatan bahwa deformasi retakan pertama/*first crack* terjadi pada *interstory drift* 0,25-0,5% dan batasan untuk besarnya *drift ratio* pada *infilled frame brick masonry* 1,5 %. Pada benda uji IFNHB didapatkan besarnya *drift ratio* pada saat *first crack* pada saat *initial* dan *stabilized condition* sebesar 0,0085 % dan pada saat *failure* sebesar 0,182 % pada *initial condition* dan sebesar 0,154 % pada *stabilized condition*, sedangkan benda uji IFNHBWF *first crack* terjadi pada *drift ratio* saat *initial* dan *stabilized condition* sebesar 0,096 % dan pada saat *failure* sebesar 0,139 % pada *initial condition* dan sebesar 0,243 % pada *stabilized condition*.

D. Kekakuan Struktur

Besarnya kekakuan struktur tiap siklus dapat dinyatakan dalam persentase terhadap kekakuan awal struktur pada masing-masing benda uji disajikan pada **Gambar 11**.

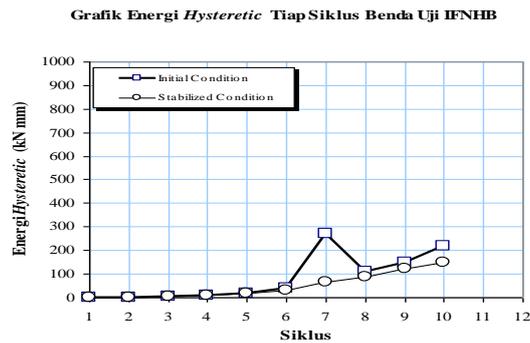
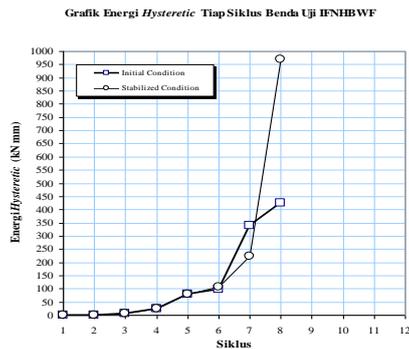


Gambar 11 Persentase penurunan kekakuan benda uji

Dari **Gambar 11** menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan ferosemen lebih dapat mempertahankan penurunan kekakuan pada benda uji.

E. Energi *Hysteretic* Struktur

Besarnya energi *hysteretic* dihitung berdasarkan pendekatan numerik dengan cara menghitung luasan tiap pias pada siklus positif maupun negatif untuk *initial* dan *stabilized condition*. Hasil pengujian pada initial dan stabilized condition secara grafis dtampilkan pada **Gambar 12**.

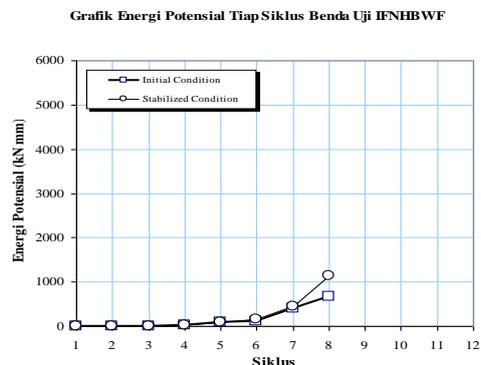
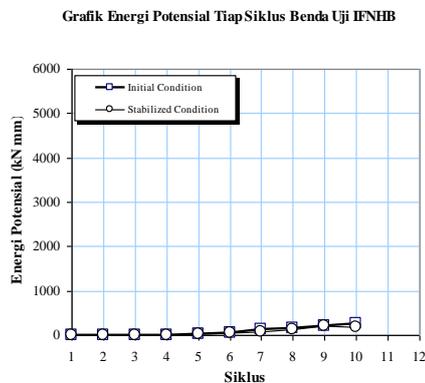


Gambar 12 Grafik energi *hysteretic* pada *initial* dan *stabilized condition*

Penambahan ferosemen pada pasangan dinding bata merah dapat mempengaruhi energi *hysteretic* yang dimiliki oleh struktur sehingga struktur lebih mampu untuk mendisipasikan beban dibandingkan dengan tanpa adanya penambahan ferosemen.

F. Energi Potensial

Energi potensial digambarkan sebagai kemampuan untuk melakukan gerakan atau gaya dari dalam (*internal force*) dari struktur tersebut pada setiap siklus baik pada *initial* maupun *stabilized condition*. Secara grafis besarnya energi potensial yang ada pada masing-masing benda uji dapat di lihat pada **Gambar 13**.



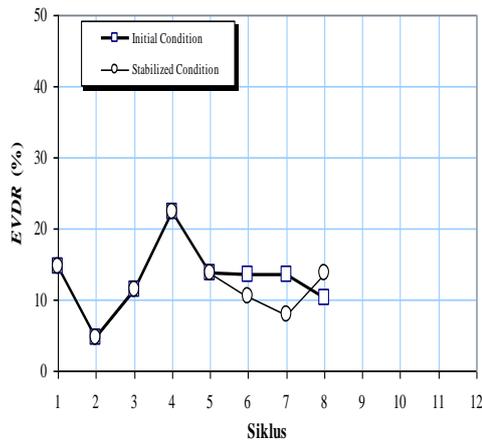
Gambar 13 Energi potensial tiap siklus pada *initial* dan *stabilized condition*

Dengan adanya penambahan ferosemen lebih mampu untuk melakukan gaya dalam dibandingkan dengan tanpa adanya penambahan ferosemen.

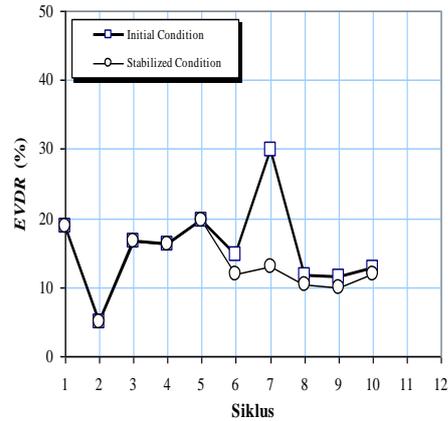
G. Equivalent Viscos Damping Ratio (EVDR)

Penyerapan energi akan berjalan sangat efektif apabila struktur mempunyai ratio redaman cukup besar dan durasi pembebanan yang relatif lama. Redaman yang efektif selanjutnya akan banyak mengurangi atau mengeliminasi goyangan, **Widodo (2001)**. Secara grafis besarnya nilai *EVDR* dari benda uji dapat dilihat pada **Gambar 14**,

Grafik EVDR Tiap Siklus Benda Uji IFNBWF



Grafik EVDR Tiap Siklus Benda Uji IFNBH

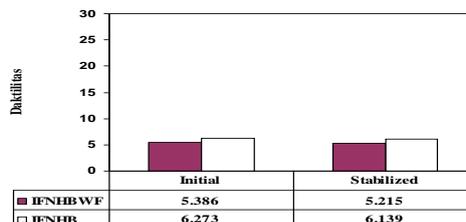


Gambar 14 Grafik *equivalent viscous damping ratio* tiap siklus pada *initial condition*

Harga dari koefisien redaman adalah jauh lebih kecil dari koefisien redaman kritis dan biasanya diantara 2% sampai dengan 20% dari harga redaman kritis, (Paz, 1987). Dari hasil pengujian tampak bahwa rata-rata nilai *EVDR* berada di bawah 20%, hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Paz.

H. Daktilitas Struktur

Daktilitas struktur secara umum menggambarkan kemampuan struktur untuk berdeformasi di atas batas lelehnya. Secara grafis besarnya nilai daktilitas struktur dapat dilihat pada **Gambar 15**.

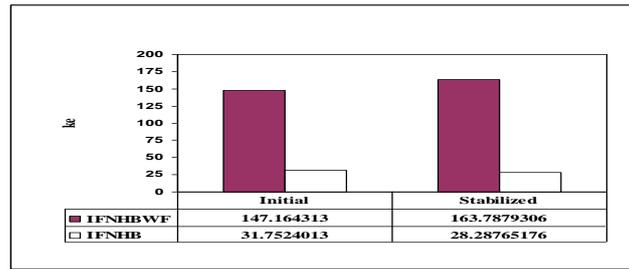


Gambar 15 Nilai daktilitas struktur pada kondisi *initial* dan *stabilized*

Dari hasil pengujian dengan adanya ferosemen menyebabkan penurunan daktilitas struktur secara berturut-turut pada kondisi *initial* dan *stabilized* sebesar 16,469 % dan 17,718%.

I. Kekakuan Elastik *Equivalent* (k_e)

Kekakuan elastik *equivalent* dihitung berdasarkan besarnya beban pada saat mencapai $0,4 P_{peak}$. Hasil pengujian secara grafis ditunjukkan dalam **Gambar 16**.

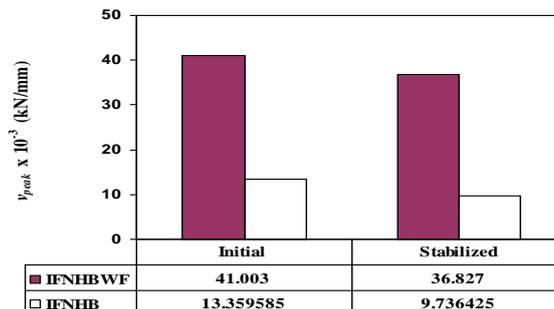


Gambar 16 Kekakuan elastik *equivalent* saat $0,4 P_{peak}$ pada *initial* dan *stabilized condition*

Dari **Gambar 16** menunjukkan adanya penambahan ferosemen dapat meningkatkan kekakuan elastik *equivalent* pada *initial condition* sebesar 363,479 % dan pada *stabilized condition* sebesar 479,001 %.

J. Maximum Shear Strength

Dari hasil pengujian didapatkan besarnya gaya geser maksimum/*maximum shear strength* seperti yang di tujukkan pada **Gambar 17**.



Gambar 17 Nilai *maximum shear strength*

Gambar 17 menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan ferosemen dapat meningkatkan tahanan geser maksimum sebesar 206,908 % pada *initial condition* dan 278,255 % pada *stabilized condition*.

K. Pola retak/tipe kerusakan struktur

Pola retak/tipe kerusakan struktur secara general didominasi oleh *shear failure* dan *sliding failure*.

N. Analisis Kapasitas Dinding Pada Berbagai Wilayah Gempa di Indonesia

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat di analisa besarnya kapasitas maksimum dinding pada wilayah gempa dan jenis tanah di Indonesia. Hasil analisis dapat di lihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Rekapitulasi perhitungan kapasitas dinding

| Wil. | C1 | Kondisi Tanah | | | | | |
|----------------|-------|------------------|--------|-------|------------|------------|------------|
| | | Cmaks (SNI-2002) | | | | | |
| | | Lunak | Sedang | Keras | Lunak | Sedang | Keras |
| IFNHB | | | | | | | |
| I | 0,528 | 0,20 | 0,13 | 0,10 | Aman | Aman | Aman |
| II | | 0,50 | 0,38 | 0,30 | Aman | Aman | Aman |
| III | | 0,75 | 0,55 | 0,45 | Tidak Aman | Tidak Aman | Aman |
| IV | | 0,85 | 0,70 | 0,60 | Tidak Aman | Tidak Aman | Tidak Aman |
| V | | 0,90 | 0,83 | 0,70 | Tidak Aman | Tidak Aman | Tidak Aman |
| VI | | 0,95 | 0,90 | 0,83 | Tidak Aman | Tidak Aman | Tidak Aman |
| IFNHBWF | | | | | | | |
| I | 1,214 | 0,20 | 0,13 | 0,10 | Aman | Aman | Aman |
| II | | 0,50 | 0,38 | 0,30 | Aman | Aman | Aman |
| III | | 0,75 | 0,55 | 0,45 | Aman | Aman | Aman |
| IV | | 0,85 | 0,70 | 0,60 | Aman | Aman | Aman |
| V | | 0,90 | 0,83 | 0,70 | Aman | Aman | Aman |
| VI | | 0,95 | 0,90 | 0,83 | Aman | Aman | Aman |

Dari hasil analisis yang dilakukan didapatkan bahwa pada struktur IFNHBWF aman untuk digunakan pada semua wilayah.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian benda uji **IFNHB** dan **IFNHBWF**, perkuatan dengan ferosemen pada dinding bata merah, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Meningkatkan beban lateral leleh (P_{yield}) IFNHBWF sebesar 220,928 %, beban puncak (P_{peak}) sebesar 242,579 %, dan beban runtuh ($P_{failure}$) sebesar 239,245% dari IFNHB.
- 2) Meningkatkan simpangan (Δ_{yield}) IFNHBWF sebesar 57,338 %, simpangan puncak (Δ_{peak}) sebesar 14,975 %, dan simpangan saat runtuh ($\Delta_{failure}$) sebesar 29,195 % dari IFNHB.
- 3) Dinding IFNHB dan IFNHBWF mengalami kegagalan *sliding* .
- 4) Meningkatkan kuat geser (*Maximum Shear Streght, S_U*), IFNHBWF sebesar 113,49 % dari IFNHB .
- 5) Daktailitas IFNHBWF turun sebesar 14,59 % dari IFNHB .
- 6) Aman IFNBWF dipergunakan pada semua wilayah gempa di Indonesia (I sampai dengan VI).

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 2003, *Standard Test Methods for Cyclic (Reversed) Load Test for Shear Resistance of Walls for Buildings*, Designation: Vol 405, E 2126 – 02a.
- City University London, *Low Rise Residential Contruction Detailing to Resist Earthquqkes*.
- FEMA 306, 1998, *Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings*, Basic Procedures Manual, 555 Twin Dolphin Drive, Suite 550 Redwood City, California.
- Paz, M, 1987, *Dinamika Struktur Teori dan Perhitungan*, Erlangga, Jakarta.
- Raharjo,E.P, 2005, *Karakteristik Pascaelastik Dinding Bata Merah Dengan Penambahan Tulangan Horizontal Akibat Beban Bolak-balik*, Tesis Sekolah Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta
- Setyawati, 2005, *Karakteristik Pasca Elastik Dinding Bata Merah Pejal dengan Tulangan Horizontal Akibat Beban Statik*, Tesis Sekolah Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta
- Siddiq, S, 2004 , *Pengaruh Sistem Perkuatan Terhadap Kekuatan dan Daktalitas Dinding Struktur Pasangan Bata Polos yang Telah Rusak-Geser*, Konferensi Nasional Rekayasa Kegempaan II,PSIT-UGM, Yogyakarta
- Widodo, 2001, *Respons Dinamik Struktur Elastik*, UII Press, Yogyakarta.