

Performa Seismik “Struktur Dinding Geser Ganda Inovatif” Pada Sistem Struktur Bangunan Gedung Bertingkat

Nasruddin*¹

¹Program Studi Arsitektur, Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jalan Perintis Kemerdekaan km. 10, Tamalanrea, Makassar 90245
Email: *nas_junus@yahoo.com

Abstrak

Sebuah rekayasa struktur dilakukan pada penelitian ini terhadap dinding geser ganda biasa agar terjadi peningkatan daktilitas bangunan gedung sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuannya dalam menghadapi bahaya gempa bumi. Perbedaan mendasar antara struktur dinding geser ganda inovatif ini dengan sistem struktur dinding ganda biasa adalah terutama pada eksistensi bukaan atau celah horizontal antara panil dinding dengan balok pondasi atau dengan balok atap. Kehadiran celah ini memungkinkan struktur dinding geser ganda inovatif ini mengembangkan mekanisme kegagalan tanpa kerusakan pada panil dinding. Parameter pengujian pada penelitian adalah ukuran, posisi, dan detail balok kopling di daerah pembenaman. Hasil pembebanan siklik horisontal pada masing-masing benda uji menunjukkan semua benda uji berperilaku sangat lentur dan memiliki daya disipasi energi gempa yang cukup, sehingga dapat disimpulkan bahwa benda uji berperilaku cukup memuaskan dari sisi pandang tuntutan dasar dari sebuah sistem struktur yaitu, kekakuan, kelenturan, dan daya disipasi energi gempa. Balok kopling baja dan detail pembesian pada area pembenaman menunjukkan kinerja yang memuaskan dengan kemampuan serapan energi yang cukup besar dan mengalami mekanisme leleh dalam ratio kemiringan yang sangat kecil tanpa memperlihatkan adanya kerusakan yang berarti pada balok kopling. Dari hasil ini dapat juga disimpulkan bahwa balok kopling baja IWF dapat berfungsi sebagai peredam pasif (*passive damper*), meskipun terdapat beberapa persoalan struktural yang mungkin bisa timbul seperti *punching shear* pada kolom pendeknya dan kegagalan getas yang mungkin timbul pada panil dinding beton disekitar area pembenaman balok kopling.

Abstract

Seismic Performance "Innovative Dual Slide Wall Structure" on the System Structure-Rise Buildings. A structural engineering done in this study toward regular double shear wall so occur an increase in ductility of the building in an effort to improve its ability to face the danger of earthquakes. The fundamental difference between the structures of this innovative dual sliding wall system with regular double wall structure is primarily on the existence of horizontal openings or gaps between the panels of the wall with foundation beams or roof beams. The presence of this vulnerability allows an innovative dual sliding wall structure is to develop mechanisms of failure without damage to the wall panels. Parameter testing in research is the size, position, and detail beam coupling in the area of immersion. The results of cyclic loading horizontal on each specimen showed all specimens behaved very flexible and has a power dissipation of the seismic energy that is sufficient, so that it can be concluded that the test object behaves quite satisfactory from the perspective of the basic demands of a structural system, i.e. rigidity, flexibility, and power dissipation of the seismic energy. Steel coupling beam and detailed ironing of the immersion area showed a satisfactory performance with energy absorption capability which is quite large and experienced melting mechanisms in a very small slope ratio without showing any appreciable damage to the coupling beam. From these results can also be concluded that the beam coupling steel IWF can serve as passive dampers, although there are some structural problems that might arise as *punching shear* in columns in short and brittle failure that may arise on the panel concrete wall around the area of the coupling beam immersion.

Kata kunci: Dinding geser ganda, rekayasa struktur, daktilitas, disipasi energi, pembebanan siklik

I. Pendahuluan

Banyak kejadian gempa bumi memperlihatkan bahwa struktur dinding beton merupakan elemen penahan gaya lateral yang paling efektif bagi bangunan gedung bertingkat. Namun pada beberapa kasus gempa bumi, struktur dinding beton ini mengalami kerusakan yang cukup parah

akibat dari eksitasi gaya gempa. Mekanisme kegagalan struktur dinding dapat diklasifikasikan dalam tiga tipe yaitu; gagal geser (*shear failure*), gagal lentur (*flexural yield*), dan rotasi (*Rotation*) seperti yang diperlihatkan oleh Tabel 1. Dari semua jenis kegagalan yang terjadi pada struktur dinding, semua mekanisme keruntuhannya

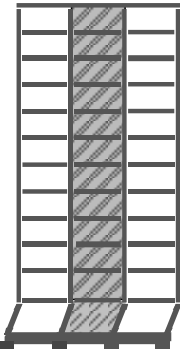
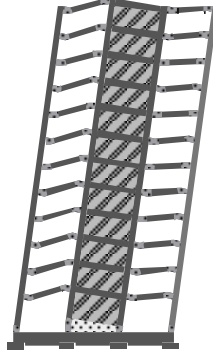
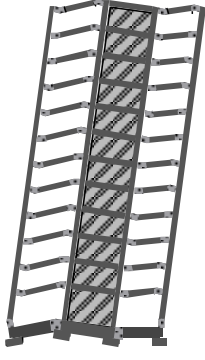


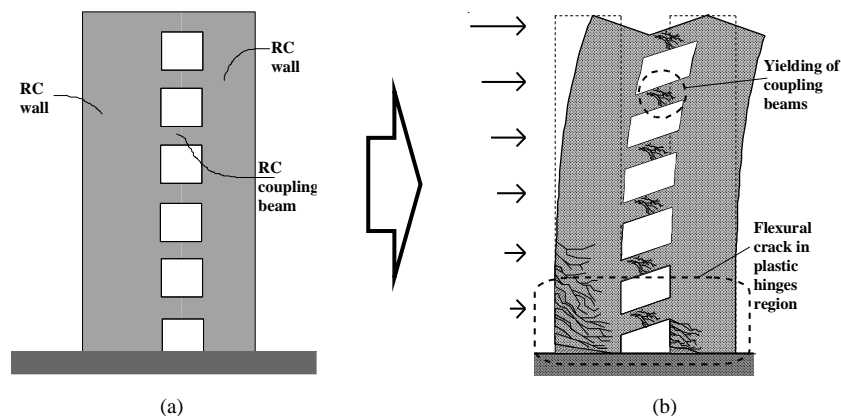
dikehendaki terjadi dalam struktur Rangka Pemikul Momen (*Moment Resisting Frames*) menurut rekomendasi dari AIJ Design Guidelines [1], kecuali untuk kegagalan geser (*shear failure*).

Jenis struktur dinding yang digunakan adalah struktur dinding ganda. Dinding ini terletak pada core bangunan, dimana selain berfungsi sebagai komponen struktur, core ini dimanfaatkan juga untuk perletakan lubang lift, lubang tangga, gudang, dan sebagainya. Struktur dinding ganda dikenal baik sebagai dinding yang diinterkoneksi atau dipasangkan satu sama lain dengan menggunakan beberapa balok kopling yang bisa terbuat dari beton bertulang atau dari balok baja. Jumlah balok kopling biasanya

tergantung pada ketinggian bangunan. Balok kopling ini mempunyai kemampuan untuk mendisipasi energy gempa secara keseluruhan sepanjang tinggi bangunan jika struktur ini didesain dengan betul [2]. Gambar.1(a) memperlihatkan struktur dinding ganda biasa yang didesain oleh Paulay. Namun terkait dengan sistem ini, eksitasi gempa bumi ternyata bisa menyebabkan kehancuran pada balok kopling beton dan retak lentur yang terjadi pada bagian sendi plastis yang terletak di bagian bawah dari dinding ganda beton seperti yang diperlihatkan pada Gambar.1(b).

Tabel 1. Mekanisme kegagalan struktur dinding pada rangka pemikul momen menurut AIJ design guidelines

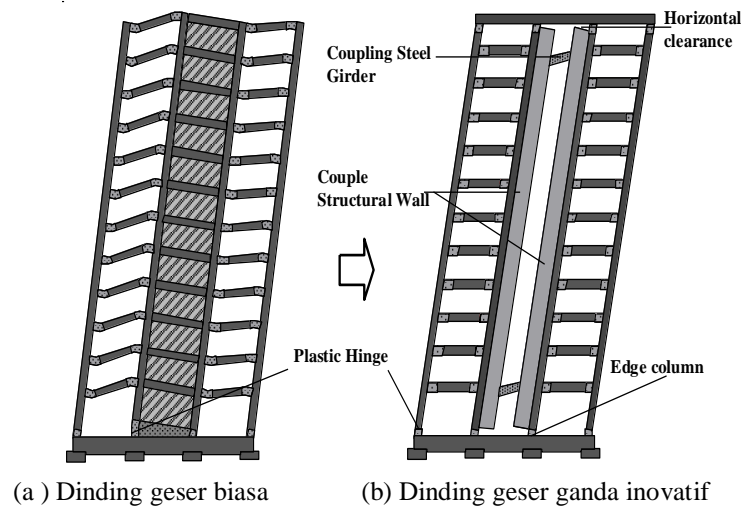
Failure Mechanism of Structural Wall		
Shear Failure	Flexural Yield Mechanism	Rotation Mechanism
		
Avoid	Desirable	Acceptable



Gambar 1. Struktur dinding ganda biasa yang diusulkan oleh Paulay

Berdasarkan pertimbangan untuk mencegah mekanisme kegagalan yang terjadi pada dinding ganda biasa diatas, maka pada penelitian ini diusulkanlah sebuah alternatif struktur dinding

ganda yang inovatif seperti yang terlihat pada Gambar.2.

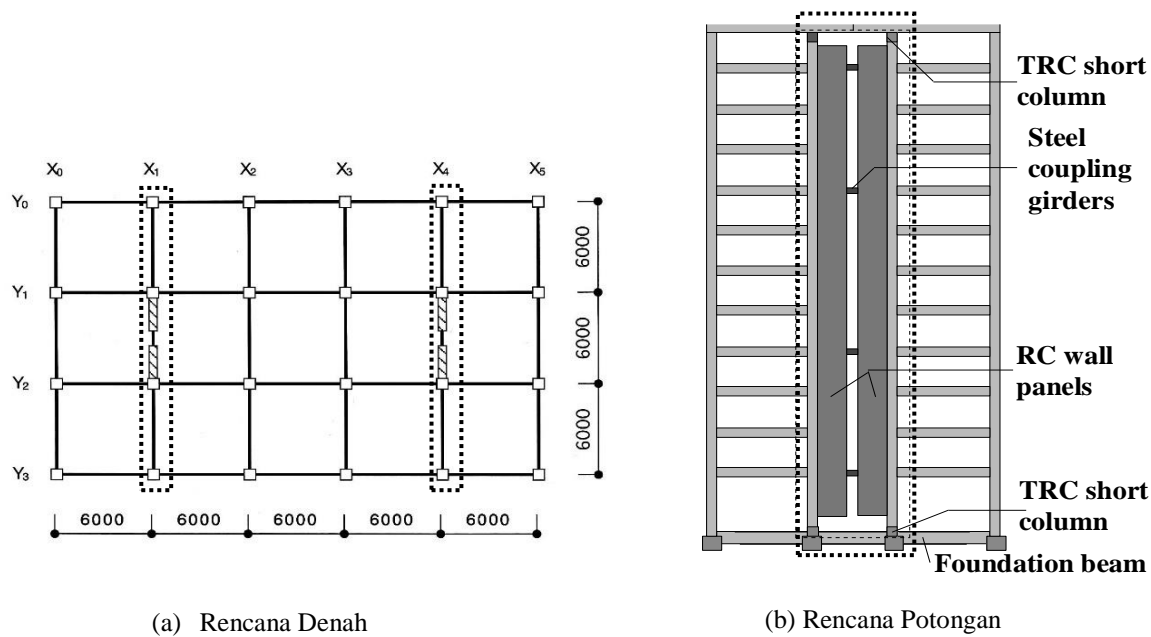


Gambar.2. Usulan struktur dinding geser ganda inovatif

Struktur dinding geser ganda inovatif ini mampu mencegah terjadinya retak parah pada panil dinding dan memiliki kemampuan disipasi energi yang besar karena adanya balok kopling baja yang terbentang pendek antara dua panil dinding geser kaku, dimana balok kopling ini berfungsi sebagai damper histeretik.

Perbedaan mendasar antara struktur dinding geser ganda inovatif dengan sistem struktur dinding ganda biasa adalah terutama pada eksistensi bukaan atau celah horizontal antara panil dinding dengan balok pondasi atau dengan balok atap. Kehadiran celah ini memungkinkan struktur dinding geser ganda inovatif ini mengembangkan mekanisme kegagalan seperti yang ditunjukkan pada Gambar.2(b) tanpa kerusakan pada panil dinding tetapi memaksa kolom pendek yang terletak dikedua ujungnya untuk menahan

besarnya gaya geser. Oleh karena itu kolom pendeknya dikekang dengan tabung baja persegi untuk menghindari kegagalan getas dari kolom betonnya. Perbedaan yang lain adalah digunakannya baja IWF sebagai balok kopling yang didesain untuk mengembangkan aksi kopling yang mampu menahan sejumlah besar dari momen guling yang menginduksi bangunan dan berfungsi sebagai alat untuk mendisipasi/menyerap energy gempa (damper pasif). Kerusakan serius yang terjadi pada balok kopling baja tidak dapat dihindari, karena memang sengaja didesain untuk leleh dalam geser dalam upaya menyerap energi gempa yang besar. Implementasi dari dinding geser ganda inovatif pada sistem struktur bangunan gedung bertingkat dapat dilihat pada Gambar 3.

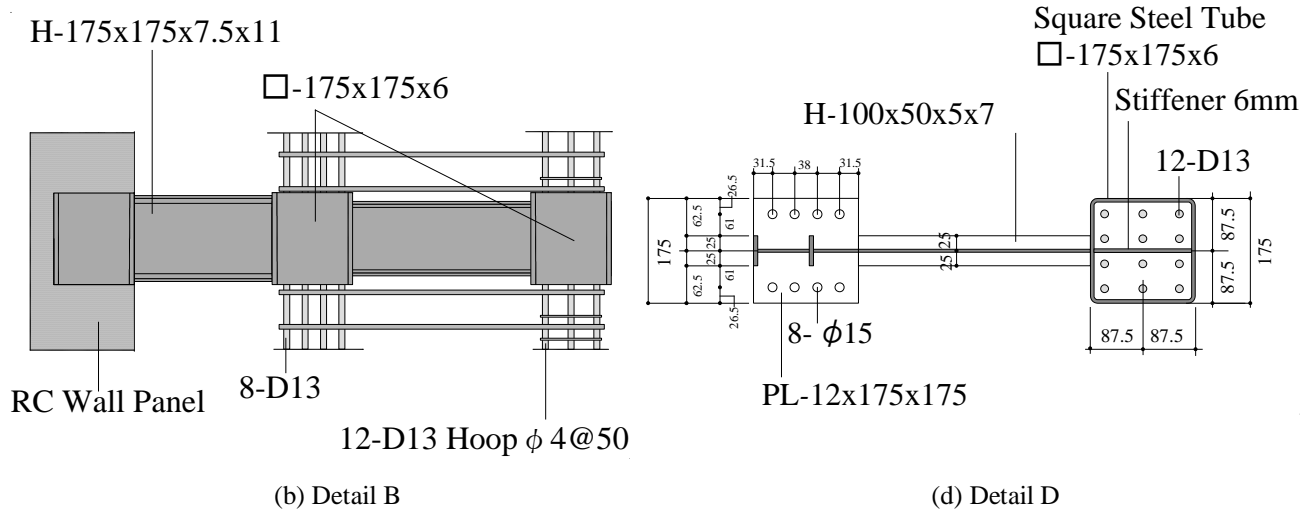


Gambar 3: Implementasi struktur dinding ganda inovatif pada bangunan gedung bertingkat

II. Benda Uji

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa seismik dari pada struktur dinding geser ganda inovatif, yang kolom pendeknya dikekang dengan tabung baja persegi yang kemudian disebut dengan kolom TRC (*Tube Reinforced Concrete*) [3]. Dua benda uji, 1 bentang-3 lantai didesain, dikonstruksi, dan dites sebagai bagian (*sub assemblage*) dari model bangunan konstruksi beton 12 lantai. Benda uji di buat dalam skala 1/4 supaya sesuai dengan kapasitas alat uji pembebanan yang tersedia. Dinding geser ganda inovatif ini terbuat dari dua panil dinding beton bertulang yang masing-masing dihubungkan dengan dua baja profil IWF sebagai balok kopling (*coupling girder*). Panil dinding beton bertulang ini tidak ditanamkan langsung ke pondasi sebagaimana pada struktur dinding geser biasa, akan tetapi dihubungkan melalui dua pasang kolom

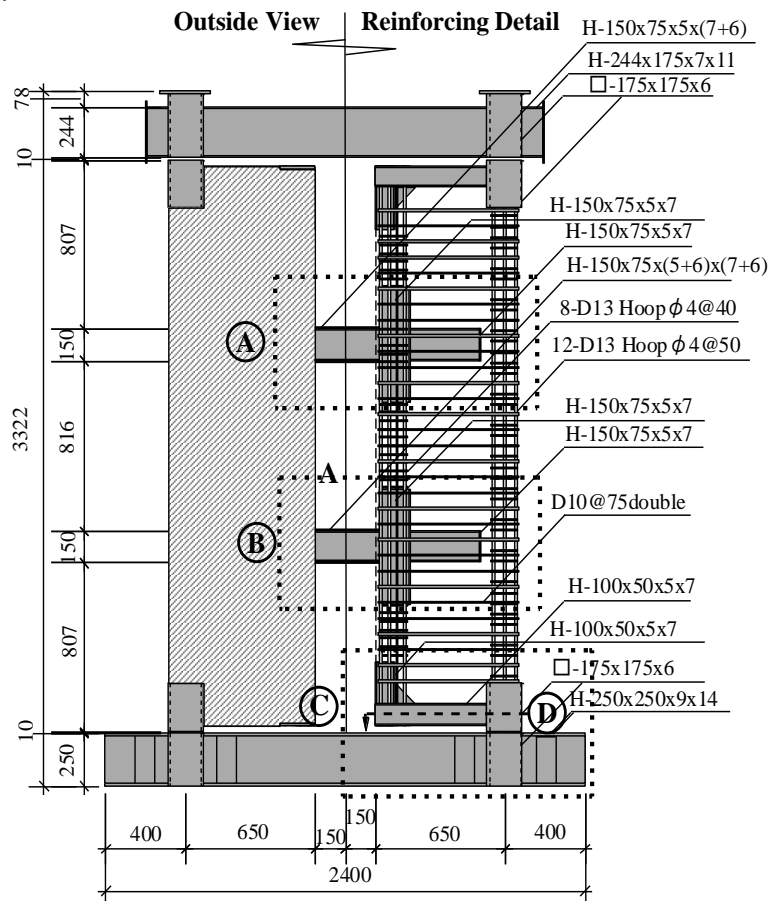
pendek yang terletak diujung atas dan bawah dari panil dinding beton. Kolom pendek ini dikekang dengan tabung baja persegi (kolom TRC) untuk meningkatkan kuat tekan beton dan mencegah terjadinya punching shear [4]. Hanya pada kedua kolom pendek yang ditanamkan ke pondasi diharapkan mentransfer semua gaya geser yang bekerja pada dinding panel. Tinggi dari kolom TRC, baik yang terletak di atas maupun dibagian bawah dari panil dinding beton bertulang 40mm. Keberadaan kolom pendek TRC ini sangat penting untuk menyediakan celah horizontal antara dinding panel dengan balok pondasi. Ini adalah konsep penting yang diaplikasikan pada penelitian ini. Fisik dari benda uji I dan detailnya dapat dilihat pada Gambar.4 dan Gambar.5, sedangkan fisik benda uji II dan detailnya dapat dilihat pada Gambar.6 dan Gambar.7.



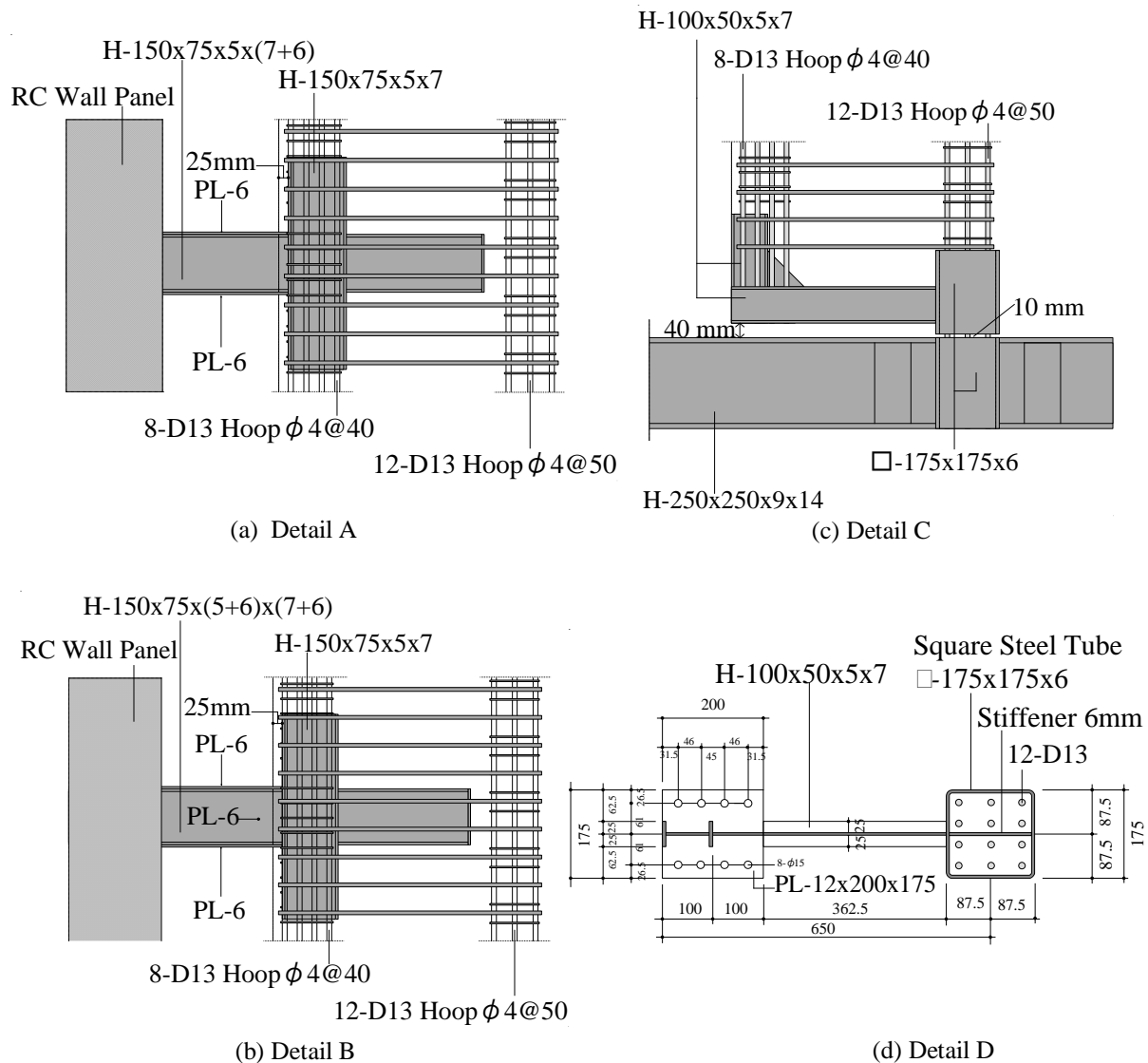
Gambar 5. Detail Benda Uji I

Perbedaan mendasar dari kedua benda uji ini adalah terletak pada area pembenaman dari balok kopling yang masing detailnya berbeda satu sama lain. Benda uji I memiliki dua detail balok kopling yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada

Gambar 5(a) dan (b), sedangkan pada benda uji II detail balok kopling untuk bagian atas dan bagian bawah adalah sama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7(a) dan (b).



Gambar 6. Benda Uji II

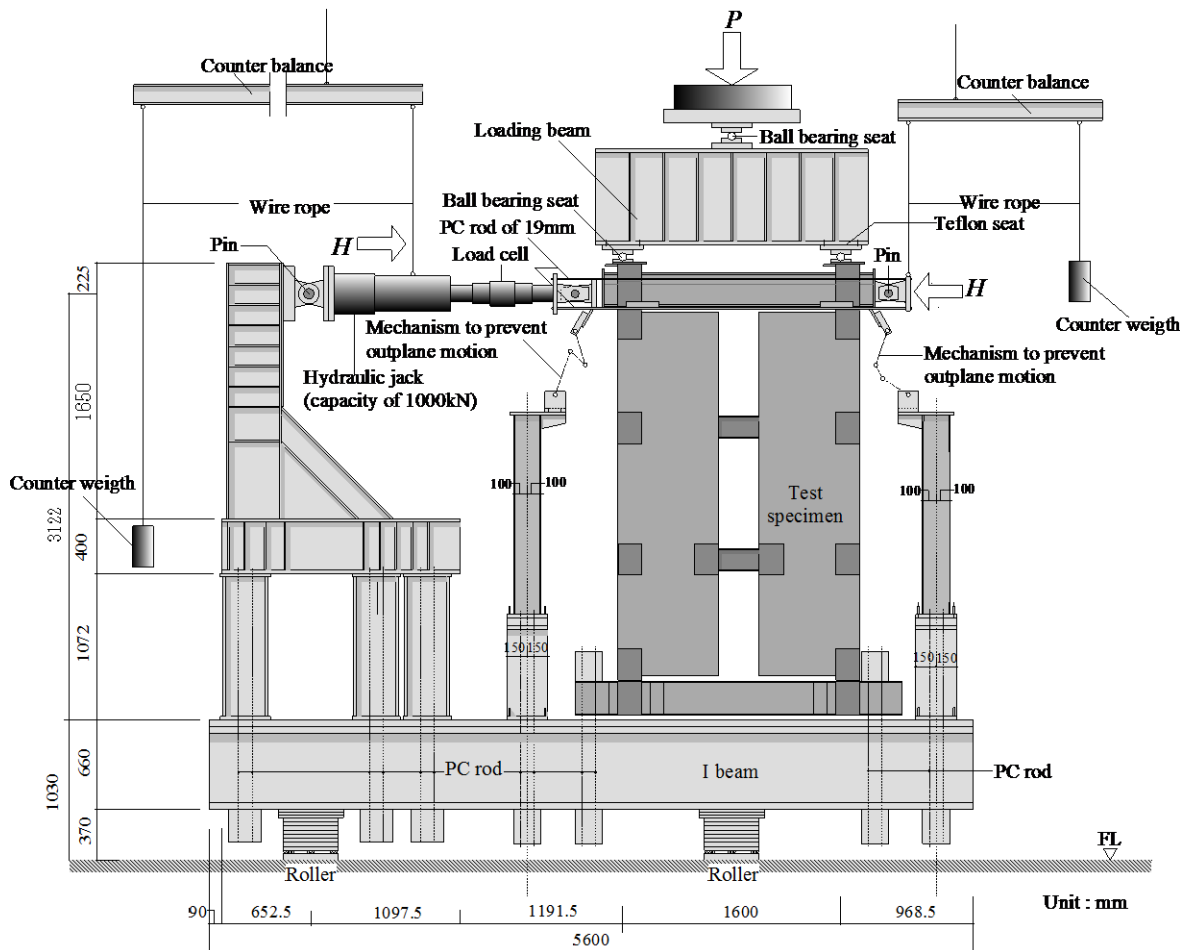


Gambar 7. Detail Benda Uji II

III. Perangkat Pembebanan

Semua benda uji dites dengan kombinasi pembebanan siklik horizontal dan beban vertikal konstan, yang merupakan simulasi dari gaya gempa bumi dengan menggunakan perangkat uji pembebanan seperti yang terlihat pada Gambar.8. Beban vertikal P yang merupakan beban gravitasi diaplikasikan lebih awal kepada benda uji secara konsentrik dengan alat pembebanan (*universal testing machine*) berkapasitas 5MN, dan dijaga untuk tetap konstan selama uji pembebanan berlangsung. Magnitud dari beban vertikal konstannya adalah 980kN. Beban siklik horizontalnya diaplikasikan ke benda uji dari dua

arah secara berulang-ulang dengan alat *hydraulic jack* yang berkapasitas 1000kN. Aksi tarik dari *hydraulic jack* membangkitkan gaya tarik pada sepasang *PC rod* yang berdiameter 19mm yang menekan benda uji dari arah yang berlawanan dengan posisi *hydraulic jack*. Beban horizontal diukur dengan menggunakan *load cell* yang dipasang pada kepala *hydraulic jack*.. Untuk perekaman data pergeseran (*displacement*) secara horizontal maupun vertikal pada saat benda uji didorong maupun ditarik digunakan alat yang disebut dengan *displacement transducer*. Sedangkan untuk merekam regangan yang terjadi pada besi tulangan, pelat tabung baja, dan



Gambar 8. Perangkat alat pengujian

permukaan beton digunakan *strain gauge*. Parameter pengujian pada penelitian adalah ukuran, posisi, dan detail balok kopling di daerah pembenamam.

IV. Hasil dan Diskusi

Gambar 9 memperlihatkan hubungan antara beban horizontal H dan rasio kemiringan (*drift angle*) R dari kedua benda uji. Garis titik-titik tebal dan tipis pada kedua grafik adalah besarnya ultimate strength berdasarkan analisis perhitungan. Garis tebal dihitung berdasarkan *ultimate strength* dari tulangan pokok dan garis tipis berdasarkan *yield strength* dari tulangan pokok. Seperti yang diperlihatkan pada kedua grafik, kekuatan maksimum dari setiap benda uji berdasarkan pengujian pembebanan melebihi kekuatan yang didasarkan pada perhitungan analisis kekuatan. Benda uji I terlihat lebih kuat dalam menahan gaya

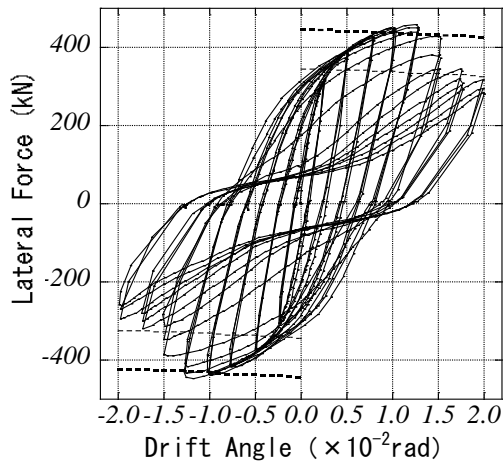
horizontal dibandingkan dibandingkan dengan benda uji II. Namun absorsi energy gempa untuk benda uji II terlihat lebih banyak jika memperhatikan bentuk grafiknya yang agak gemuk dibandingkan dengan benda uji I.

Patut dicatat bahwa balok kopling leleh dalam sudut yang sangat kecil sekitar 0.001 rad. dari rasio kemiringan spesimen tes seperti yang terlihat pada Gambar.10 dan Gambar.11. Perlu ditekankan pula bahwa kekalahan balok kopling terjadi setelah menyerap sejumlah besar energi gempa. Dengan demikian balok kopling pada setiap benda uji dapat diharapkan berperilaku sebagai *passive damper* (peredam pasif). Retak diagonal hampir tidak dijumpai pada permukaan panil beton bertulang karena adanya keberadaan celah horisontal dan kolom pendek yang di-jaket-kan dengan tabung baja, memberikan kesempatan kepada benda uji untuk mengembangkan mekanisme kegagalan tanpa adanya kerusakan yang berarti pada

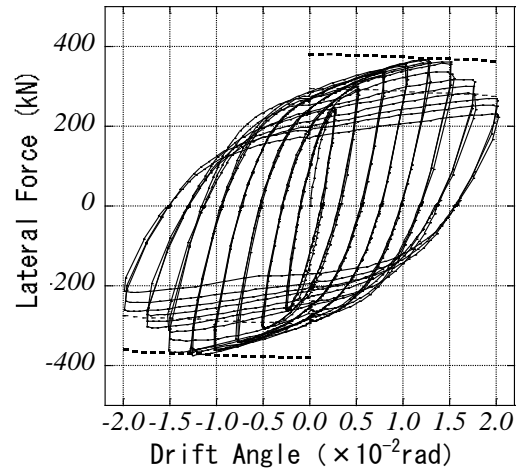


permukaan panil beton bertulang. Kerusakan hanya terjadi pada bagian sisi dalam dari panil

beton bertulang di sekitar area pembenaman balok kopling bajanya.



(a) Benda Uji



(b) Benda Uji II

Gambar 9. Hubungan antara beban lateral dengan R (drift angle)



(a) balok kopling atas



(b) balok kopling bawah

Gambar 10. Kondisi balok kopling benda uji I setelah pengtesan



(a) balok kopling atas



(b) balok kopling bawah

Gambar 11. Kondisi balok kopling benda uji II setelah pengtesan

V. Kesimpulan

Hasil pembebanan siklik horisontal pada masing-masing benda uji menunjukkan semua benda uji berperilaku sangat lentur dan memiliki daya disipasi energi gempa yang cukup, sehingga dapat disimpulkan bahwa benda uji berperilaku cukup memuaskan dari sisi pandang tuntutan dasar dari sebuah sistem struktur yaitu, kekakuan, kelenturan, dan daya disipasi energi gempa. Balok kopling baja dan detail pembedaan pada area pembenaman menunjukkan kinerja yang memuaskan dengan kemampuan serapan energi yang cukup besar dan mengalami mekanisme leleh dalam ratio kemiringan yang sangat kecil tanpa memperlihatkan adanya kerusakan yang berarti pada balok kopling. Dari hasil ini dapat juga disimpulkan bahwa balok kopling baja IWF dapat berfungsi sebagai peredam pasif (passive damper), meskipun terdapat beberapa persoalan struktural yang mungkin bisa timbul seperti punching shear pada kolom pendeknya dan kegagalan getas yang mungkin timbul pada panil dinding beton disekitar area pembenaman balok kopling.

Daftar Pustaka

- [1] Architectural Institute of Japan (AIJ) (1990).: Design Guidelines for Earthquake Resistant Reinforced Concrete Buildings Based on Ultimate Strength Concept, Tokyo Japan (dalam bahasa Jepang).
- [2] Paulay, T. and Priestley, M.J.N (1992): Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons, New York.
- [3] M. Tomii, K. Sakino, Y. Sun, and J.L. Zhong (1989) : Experimental Study on Bending Shear of Reinforced Concrete Short Columns Encased in a Thin Steel Tube, Journal of the Japan Concrete Institute (JCI), Vol.11, No. 2, pp. 513-518,.6. (in Japanese).
- [4] Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA) (2001): Recommendations for Seismic Retrofitting Design of Existing RC Buildings, Tokyo Japan (dalam bahasa Jepang).

