

PERILAKU SAMBUNGAN BALOK-KOLOM PRACETAK TIPE PLAT AKIBAT BEBAN BOLAK BALIK

Muhammad Syarif¹, Herman Parung², Rudy Djamaluddin³ dan Achmad Bakri⁴

¹Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

Jalan Perintis Kemerdekaan KM-10, Telp 081342200200, Email: syarifbp@hotmail.com

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

Jl. Perintis Kemerdekaan, Km. 10, Telp 0411-587636, Email: parungherman@yahoo.co.id

³ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

Jl. Perintis Kemerdekaan KM-10, Telp 0411-587636, Email: rudy0011@hotmail.com

⁴ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

Jalan Perintis Kemerdekaan KM-10, Telp 0411-587636, Email: achmad_muhiddin@yahoo.com

Abstrak

Teknologi beton pracetak ini tampil sebagai salah satu solusi untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi, menggantikan sistem konvensional. Efisiensi pada sistem pracetak ini tentu tidak berlaku umum dan tanpa kendala tergantung kasus yang dihadapi, tetapi secara umum dapat dikatakan bahwa sistem ini efektif jika diterapkan pada jenis pekerjaan yang sifatnya massal dan berulang. Jadi sistem pracetak pada hubungan elemen struktur harus dirancang sedemikian rupa sehingga memiliki perilaku yang dikehendaki. Konsep desain beton pracetak sudah banyak dilakukan dalam bentuk penelitian di beberapa negara dalam hal perilaku beton pracetak yang berhubungan dengan kemampuan struktur terhadap ketahanan gaya gempa. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis dan mengamati perilaku, kestabilan struktur, dan model perilaku sambungan balok-kolom pracetak tipe plat akibat diberikan beban bolak balik. Penelitian ini direncanakan dengan analisa rangka pemikul momen beton bertulang pracetak untuk bangunan gedung, melakukan pengujian di laboratorium dan menganalisis data sehingga diperoleh daktilitas, disipasi energi, hysteresis loop, displacement controlled cycle. Hasil yang diharapkan adalah membuat suatu model sambungan balok-kolom pracetak tipe plat di daerah rawan gempa.

Kata kunci : Joint Interior, sambungan plat, beban siklik

PENDAHULUAN

Teknologi beton pracetak ini tampil sebagai salah satu solusi untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi, menggantikan sistem konvensional. Efisiensi pada sistem pracetak ini tentu tidak berlaku umum dan tanpa kendala tergantung kasus yang dihadapi, tetapi secara umum dapat dikatakan bahwa sistem ini efektif jika diterapkan pada jenis pekerjaan yang sifatnya massal dan berulang. Jadi sistem pracetak pada hubungan elemen struktur harus dirancang sedemikian rupa sehingga memiliki perilaku yang dikehendaki. Konsep desain beton pracetak sudah banyak dilakukan dalam bentuk penelitian di beberapa negara dalam hal perilaku beton pracetak yang berhubungan dengan kemampuan struktur terhadap ketahanan gaya gempa. Dan pada umumnya beton pracetak direncanakan dengan menganggap struktur monolit yang dicor ditempat dimana metode ini biasa disebut sebagai pendekatan emulasi (Warnes, C. E., 1992). Sehingga filosofi tersebut diatas masih merupakan acuan dalam perencanaan bangunan tahan gempa untuk beton pracetak. Permasalahan utama pada beton pracetak adalah proses penyatuan elemen-elemen beton pracetak menjadi satu kesatuan struktur bangunan yang utuh. Proses penyatuan ini tidak hanya berfungsi sebagai penyalur beban akan tetapi secara efektif harus mampu mengintegrasikan gaya-gaya antar elemen tersebut, sehingga secara keseluruhan sambungan yang direncanakan harus mampu menerima beban gempa rencana, dapat memancarkan energi gempa dan kemampuan berdeformasi secara inelastis (Suherman, J. 2011).

Perilaku sistem beton pracetak pada bangunan tahan gempa sangat bergantung pada kekuatan sambungannya. Kategori yang digunakan pada sambungan beton pracetak adalah sistem sambungan kuat (*strong connection system*) yaitu merupakan sambungan yang berperilaku elastis antar komponen pracetak pada saat terjadi gempa besar, walaupun terjadi kelelahan atau kehancuran diluar sambungan. Sedangkan pada sistem sambungan daktil (*ductile connection*

system) dimana sambungan elastis antar komponen pracetak yang bisa mengalami deformasi inelastis. Sambungan daktail ini dapat mereduksi perpindahan sisa, akibat kerusakan *drift* dan mencegah deformasi enelastis (NEHRP 2009). Pada prinsipnya suatu sambungan sistem pracetak harus diidentifikasi kekuatan dan daktilitasnya, sehingga diharapkan kegagalan suatu struktur tidak terjadi pada sambungan dan memenuhi kriteria perencanaan struktur tahan gempa.

Tujuan Penelitian

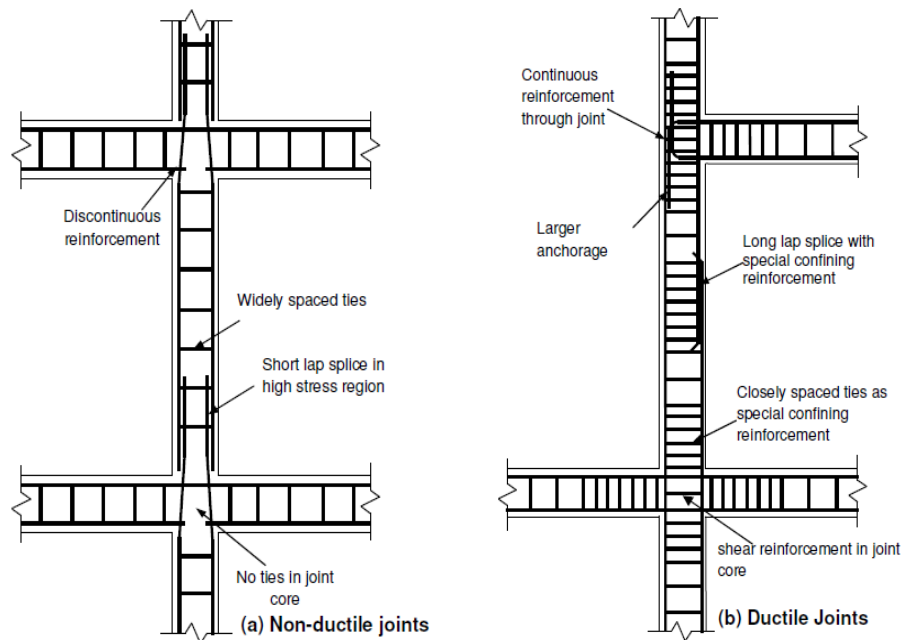
1. Menganalisis dan mengamati perilaku pola retak/kerusakan benda uji, hubungan beban dan perpindahan, dan disipasi energi akibat diberikan beban bolak-balik;
2. Menganalisis *beam-column joint* pada sambungan balok didaerah sendi plastis menggunakan plat baja;
3. Membuat hasil perbandingan eksperimental dan model analisis menggunakan program elemen hingga.

LANDASAN TEORI

Pada joint balok-kolom yang digunakan untuk *frame* dapat diklasifikasikan dalam hal : konfigurasi geometri (joint eksterior dan interior), perilaku struktur (joint elastis dan inelastis), atau aspek detailing (detail joint non-kegempaan dan detail struktur kegempaan). Klasifikasi berdasarkan konfigurasi geometri : Perbedaan mendasar dalam mekanisme tulangan balok terletak pada joint eksterior dan interior. Klasifikasi berdasarkan perilaku struktur : berdasarkan perambatan retak didaerah joint dan mekanisme keruntuhan, sehingga joint dapat diklasifikasikan sebagai elastis dan inelastis. Klasifikasi berdasarkan aspek detail : peraturan bangunan tahan gempa berbagai negarasampai saat ini masih mempertahankan syarat daktilitas. Sehingga detail penulangan joint balok-kolom sangat tergantung dari penerapan pendetailan daktail, disamping kekuatan (*strength*), dan kelayakannya (*serviceability*). Berdasarkan aspek detail tersebut, maka joint dapat diklasifikasikan sebagai berikut. a). Detail struktur non-kegempaan : joint non-kegempaan atau joint non-daktail diharapkan tidak mengalami deformasi besar sebelum keruntuhan (*failure*). Seperti ilustrasi pada Gambar 2.a. yang menunjukkan detail dari joint balok-kolom struktur non-kegempaan (ATC40. 1996). b). Detail struktur kegempaan : joint kegempaan atau joint daktail memiliki kemampuan berdeformasi besar tanpa mengalami kegagalan. Seperti ilustrasi pada Gambar 2.b. yang menunjukkan tipikal daktail jenis detail penulangan (IS 19320:1993 2002).

Menurut ACI Committee 318 menyatakan bahwa joint balok-kolom terdiri dari tiga unsur, yaitu balok, kolom, dan inti joint yang umumnya dianggap sebagai bagian dari kolom. Masing-masing unsur tersebut dapat mengalami modus yang berbeda, seperti : keruntuhan lentur pada balok dan kolom, kegagalan geser pada balok dan kolom, keruntuhan gabungan geser inti, kegagalan torsi pada balok dan kolom, kegagalan ikatan tulangan, dan kombinasi berbagai modus tersebut. Desain gempa dari segi inti joint dalam batasan elastis dan pembentukan sendi plastis dasarnya akan terjadi pada balok, disebabkan perilaku daktail secara alami dan juga tidak menyebabkan pembentukan mekanisme secara global atau parsial. Akan tetapi, ketika sendi plastis dikembangkan di muka kolom atau ujung balok berdekatan langsung dengan joint akan mengalami joint enelastis. Oleh sebab itu pembentukan sendi plastis idealnya tidak berdekatan dari muka joint. Hal ini tidak mungkin, kecuali dilakukan tindakan khusus untuk menjamin hal ini, dan menyebabkan sistem pracetak sulit dikembangkan dan tidak ekonomis

Perilaku joint ditandai dengan suatu interaksi yang kompleks, mulai dari geser, lekatan (*bond*) dan mekanisme kekangan (*confinement mechanisms*) pada daerah yang cukup terbatas (Costa, JLD. 2003). Aksi kekuatan gempa yang paling besar terjadi pada tegangan geser inti, disebabkan pada saat momen berlawanan tanda pada ujung elemen inti joint kedua sisinya. a). Joint Eksterior : saat struktur dikenakan beban gempa lateral, akan terjadi gaya geser dominan yang dihasilkan dalam inti joint. b). Joint Interior : dalam kasus joint interior, bentangan balok melalui kolom. Untuk perhitungan gaya geser horizontal dalam inti joint, yang harus diperhatikan adalah keseimbangan joint.



Gambar 2. Perilaku Aspek Detail Balok-Kolom

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran sambungan balok-kolom pracetak yang menggunakan sambungan plat akibat beban bolak balik dengan maksud untuk mengetahui perilaku, kestabilan struktur dan model perilaku joint interior. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik dan sesuai dengan tujuan penelitian, maka penelitian ini diorganisasikan dalam tiga tahapan, sebagai berikut.

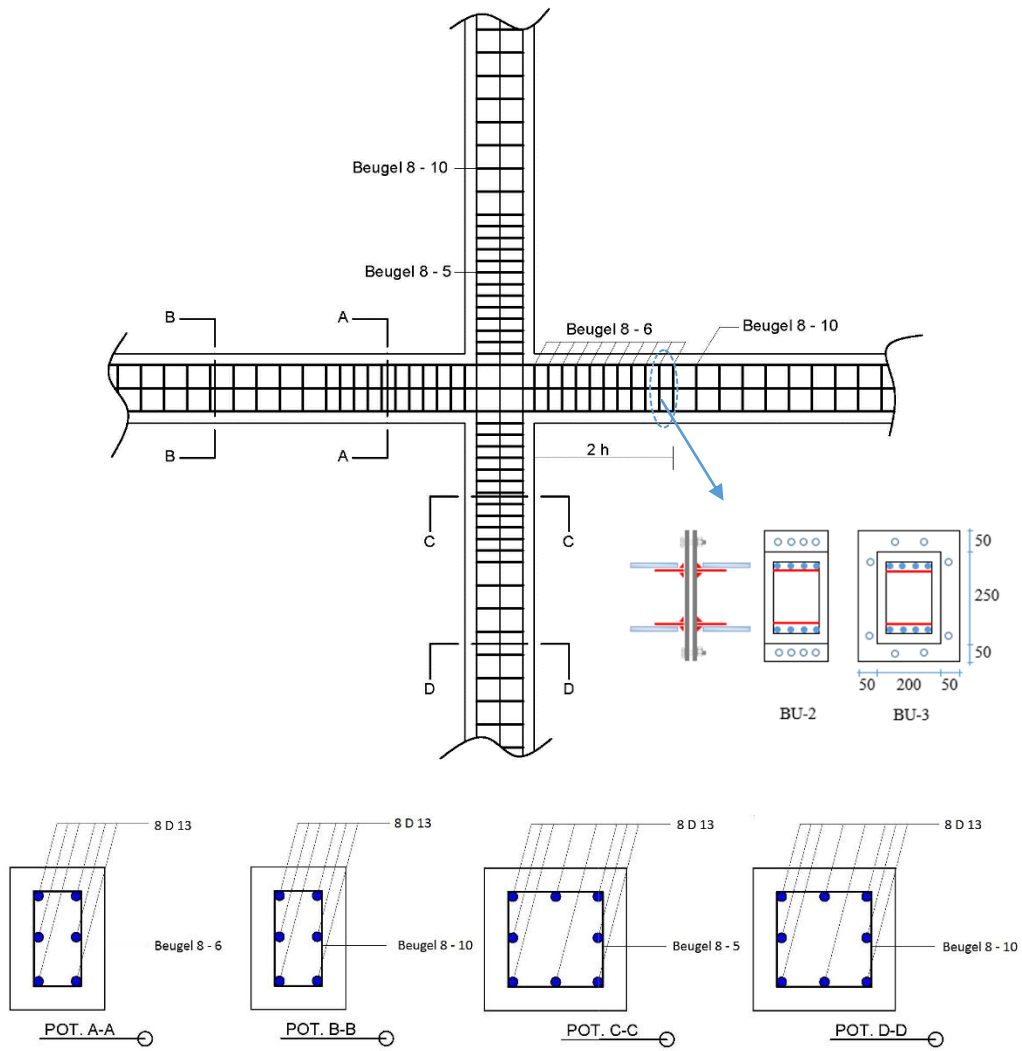
- Tahap pertama : pra-analisa.

Tahap ini diawali dengan penyusunan proposal yang berguna untuk mengetahui *state of the art* dari penelitian yang dilakukan, serta studi pustaka untuk mendalami materi yang relevan dengan penelitian ini. Pada tahap ini dilakukan analisa teoritis terhadap komponen struktur yang akan diteliti. Analisa yang dilakukan utamanya untuk mengetahui perilaku, kestabilan struktur dan model sambungan balok-kolom pracetak tipe plat. Analisa teoritis ini akan menggunakan parameter-parameter yang relevan untuk memprediksi perilaku tersebut.

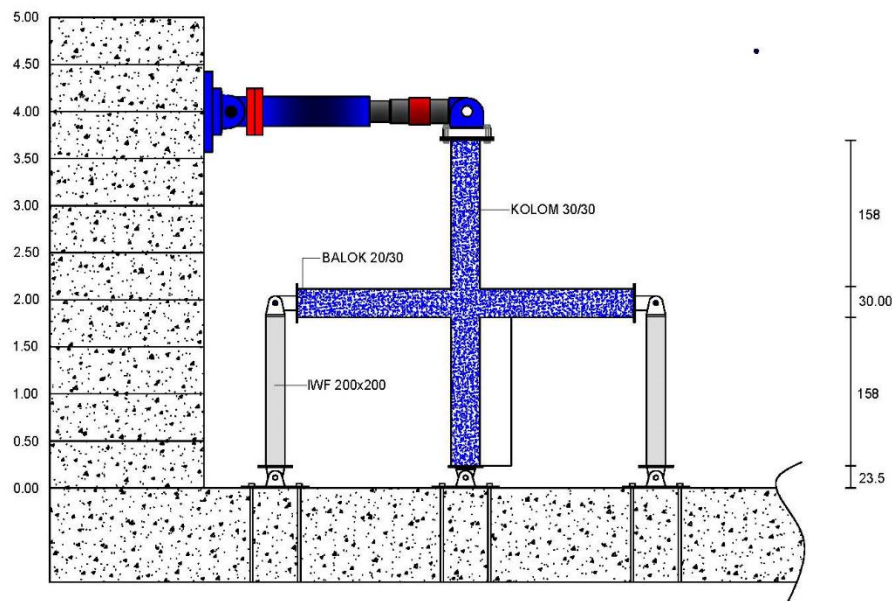
Analisa awal (*preliminary analysis*) ini berguna untuk merencanakan penelitian secara detail serta memprediksi hasil yang akan diperoleh pada saat eksperimental nanti. Analisa awal ini bersifat sementara karena nantinya pada saat eksperimental akan timbul faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi asumsi pada saat awal, misalnya, ukuran penampang, bentuk sambungan, ketebalan sambungan plat, ukuran diameter baut, dan atau berubahnya mutu beton (mutu beton target tidak sama dengan mutu beton eksperimental) demikian juga dengan mutu bajanya.

- Tahap kedua : eksperimental laboratorium

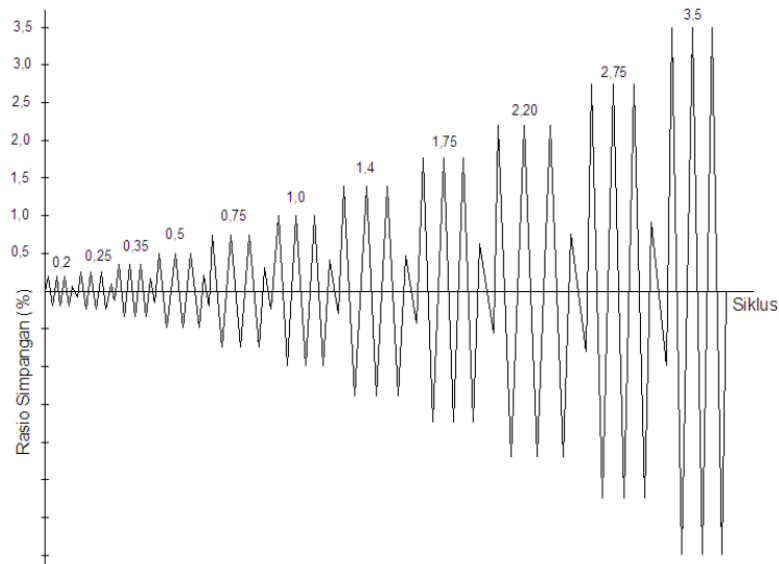
Tahapan ini meliputi desain sambungan plat (lihat Gambar 3), bentuk penataan benda uji (lihat Gambar 4), dan pola pembebanan (lihat Gambar 5).



Gambar 3. Detail Sambungan Balok-Kolom Tipe Plat



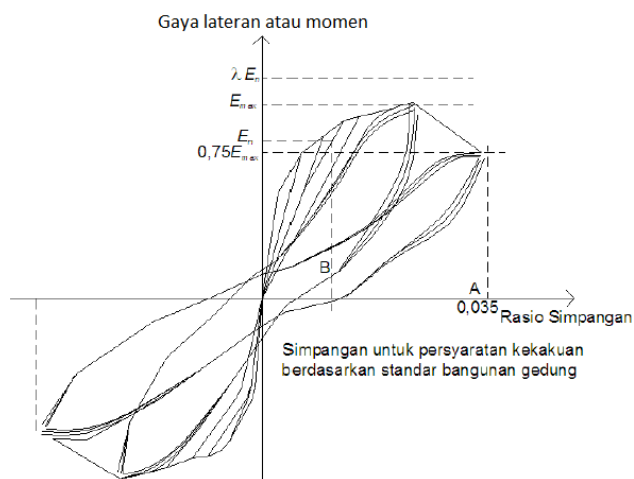
Gambar 4. Penataan Benda Uji



Gambar 5. Pola Pembebanan

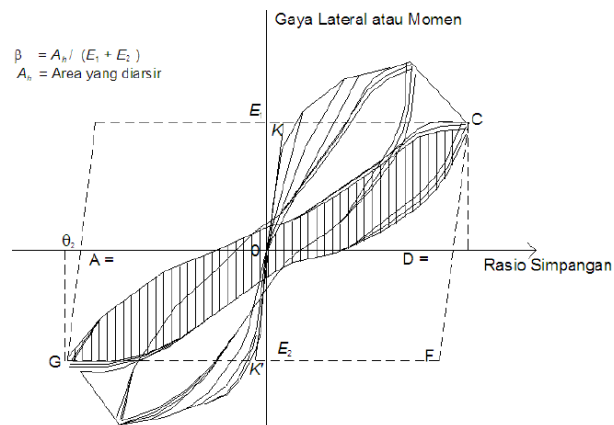
Benda uji dikatakan berkinerja memuaskan bilamana semua kriteria berikut ini dipenuhi di kedua arah responnya (Hawkins and Ghosh, 2000) (Nurjaman dkk. 2011):

- 1) Benda uji harus mencapai tahanan lateral minimum sebesar E_n sebelum rasio simpangannya 2% melebihi nilai yang konsisten dengan batasan rasio simpangan yang diijinkan peraturan gempa yang berlaku, seperti ilustrasi pada Gambar 3.4.
- 2) Tahanan lateral maksimum $E_{maksimum}$ yang tercatat pada pengujian tidak boleh melebihi nilai λE_n , dimana λ adalah faktor kuat-lebih kolom uji yang disyaratkan;
- 3) Untuk beban bolak balik pada level simpangan maksimum yang harus dicapai sebagai acuan untuk penerimaan hasil uji, dimana nilainya tidak boleh kurang dari 0,035, karakteristik siklus penuh ketiga pada level simpangan tersebut harus memenuhi, sebagai berikut :
 - a) Gaya puncak pada arah beban yang diberikan tidak boleh kurang daripada 0,75 $E_{maksimum}$ pada arah beban yang sama (lihat Gambar 6.);



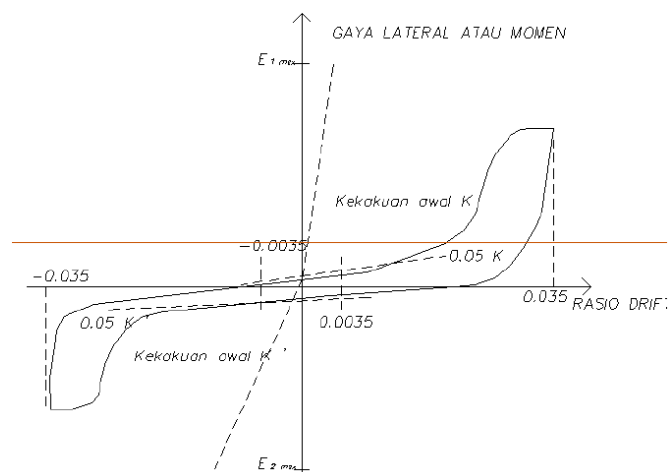
Gambar 6. Kriteria Kekuatan

- b) Disipasi energi relatif tidak boleh kurang daripada 1/8 seperti ilustrasi Gambar 7. dibawah ini;



Gambar 7. Kriteria energi disipasi relatif

- c) Kekakuan sekan garis yang menghubungkan titik rasio simpangan $-0,0035$ ke rasio simpangan $+0,0035$ harus tidak kurang dari $0,05$ kali kekakuan awal, seperti ilustrasi Gambar 8. dibawah ini.



Gambar 8. Kriteria kekakuan

- Tahap ketiga : penulisan laporan
Perilaku yang didapatkan dari hasil eksperimen akan dibandingkan dengan hasil analisa awal, kajian dan pembahasan terhadap hasil-hasil tersebut, selanjutnya akan ditarik kesimpulan serta saran-saran yang berguna untuk diterapkan, atau merekomendasikan hal-hal yang mungkin akan penting untuk diteliti selanjutnya.

HASIL YANG DIHARAPKAN

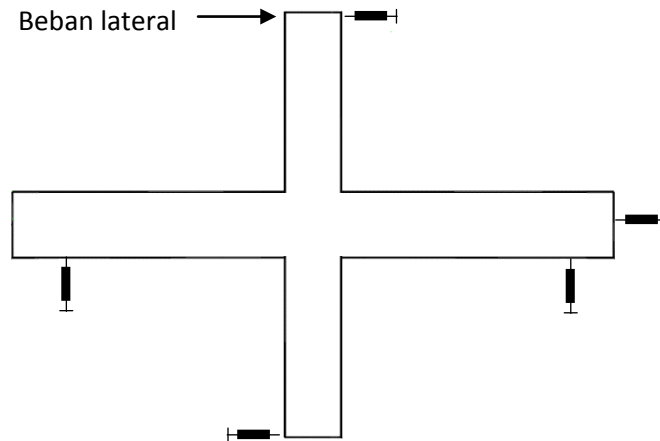
Hasil yang diharapkan pada pengujian balok-kolom menggunakan sambungan plat, sebagai berikut:

Pengamatan pola retak

Pengamatan pola retak bertujuan untuk mengetahui perkembangan retak yang terjadi pada benda uji secara kontinu dari awal sampai dengan akhir pembebanan pengujian. Pengamatan ini dilakukan dengan pembuatan sket pada benda uji.

Hubungan beban dan perpindahan

Pengujian beban bolak-balik, dilakukan dengan 2 metode, yaitu : metode *load control* dan metode *displacement control*. *Load control* adalah pengujian berdasarkan kontrol terhadap beban. Sedangkan *displacement control* adalah pengujian berdasarkan kontrol terhadap perpindahan (*displacement*).



Gambar 9. Pengukuran Perpindahan

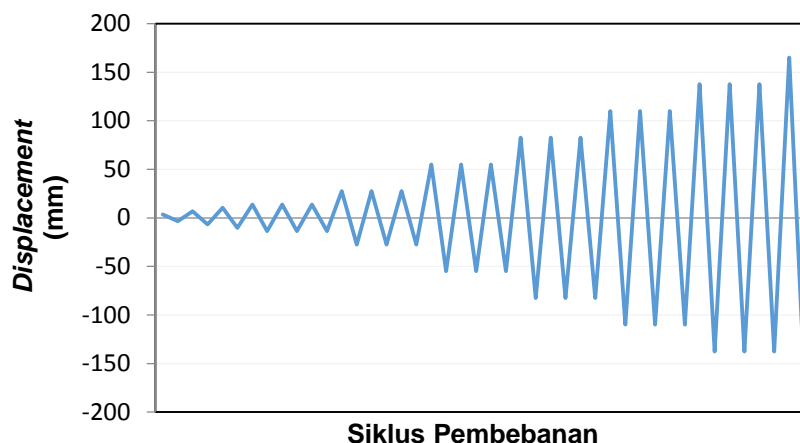
Pada metode *displacement control*, pola pembebanan dimulai dari *displacement* terkecil secara bertahap sampai dengan *displacement* terbesar yang bisa dicapai. Metode pengujian yang digunakan berdasarkan NEHRP 2009. Seperti ilustrasi Gambar 5. diatas.

Pada tahap pembebanan awal diperoleh perkiraan besar lendutan yang mengakibatkan tulangan tarik mulai leleh δ_1 , pada tingkat daktalitas 1, yaitu $1/0.75$ dari rata-rata perpindahan lateral positif dan negatif yang diukur pada puncak dua siklus pertama.

Tahap berikutnya menerapkan tahap pembebanan tingkat daktalitas 2 dan 4 (masing-masing 2 siklus) dengan menggunakan acuan perpindahan pada pembebanan awal sebagai kontrol, sistem ini dinamakan sistem *displacement control*.

Beban diberikan sebesar 75%P pada kondisi tekan sampai diperoleh lendutan Δ_{tekan1} , selanjutnya *unloading* sampai kondisi beban tarik diperoleh Δ_{tarik1} , hal ini dikerjakan sampai diperoleh Δ_{tekan2} dan Δ_{tarik2} pada siklus ke dua pembebanan, hingga masing-masing kondisi pembebanan diperoleh $\Delta_{rata-rata}$

Tahapan siklus dan interval ditambahkan berdasarkan keperluan. Siklus pengujian untuk sambungan balok kolom monolit dapat diilustrasikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Pola Siklus Pembebanan Balok-Kolom Monolit

Disipasi energi

Disipasi energi adalah kemampuan suatu struktur untuk memancarkan energi melalui proses leleh didaerah sendi plastis. Proses leleh akan terjadi dengan baik apabila sendi plastis mempunyai sifat daktail sehingga deformasi yang cukup panjang dapat terbentuk sebelum keruntuhan.

Besarnya disipasi energi akibat beban bolak balik adalah berupa luas daerah putaran histeristik (*hysteristic loop*) dari kurva hubungan beban dan perpindahan.

Besarnya nilai disipasi energi tergantung dari kuat tekan beton, dimensi penampang balok-kolom, rasio tulangan tarik dan tekan, dimensi tulangan geser, riwayat pembebanan, slip yang terjadi antara tulangan dan beton, dan kekuatan longitudinal yang tgelah mengalami pembebanan bolak balik sebelumnya.

KESIMPULAN

Dari hasil yang diharapkan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa teknologi beton pracetak ini tampil sebagai salah satu solusi untuk mendapatkan efesiensi yang tinggi, menggantikan sistem konvensional. Efesiensi pada sistem pracetak ini tentu tidak berlaku umum dan tanpa kendala tergantung kasus yang dihadapi, tetapi secara umum dapat dikatakan bahwa sistem ini efektif jika diterapkan pada jenis pekerjaan yang sifatnya massal dan berulang. Jadi sistem pracetak pada hubungan elemen struktur harus dirancang sedemikian rupa sehingga memiliki perilaku yang dikehendaki.

Efisiensi struktur beton pracetak berpengaruh pada perilaku sistem penyambungan termasuk hubungan balok-kolom. Hubungan tersebut akan menyalurkan gaya yang dipikul suatu bagian struktur kebagian yang lain sehingga seluruh konstruksi akan memikul perlakuan gaya luar sesuai dengan perilaku elemen masing-masing. Maka konstruksi sambungan tersebut akan terjadi suatu perilaku yang cukup kompleks. Sehingga beton pracetak yang digabungkan bermacam tipe sambungan harus daktail terhadap beban lateral maupun vertikal dengan beton cor ditempat yang kontinuitas dan merupakan bagian dari struktur.

DAFTAR RUJUKAN

- Suherman, J. (2011). *Penggunaan Block Set Connection (BSC) pada Sambungan Elemen Beton Pracetak*. Jurnal Teknologi dan Kejuruan. V.34. No.2. September. pp. 217-226. UNM. Malang.
- H.N. Nurjaman dkk. (2011). *Standar Nasional Indonesia Tentang Metode Uji dan Kriteria Penerimaan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Beton Bertulang Pracetak Untuk Bangunan Gedung*. Seminar Nasional. HAKI. Jakarta.
- NEHRP. (2009). *Recommended Seismic Provisions for New Building and Other Structures*.USA.
- ACI Committee 318. (2008). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. ACI, Detroit.
- Costa, JLD. (2003). *Reinforced Concrete Under Large Seismic Action*. Report BYG-DTUR-076. ISSN 87-7877-139-0. Technical University of Denmark.
- IS 19320:1993. (2002). *Indian Standard Ductile Detailing of Reinforced Concrete Structures Subjected to Seismic Forces - Code of Practice*. Bureau of Indian Standards. New Delhi.
- Hawkins, N.M., and Ghosh, S.K. (2000). *Proposed revisions to 1997 NEHRP Recommended Provision for Seismic Regulation for Precast Concrete Structures Part 2 - Seismic Force Resisting Systems*. PCI Jornal. pp. 36-44.
- ATC40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. Report November No. 96-01 SSC. Applied Technology Council. California Seismic Safety Commission. California
- Warnes, C. E., (1992). *Precast Concrete Connection Details for All Seismic Zones*. Concrete International, V. 14. No. 11, Nov., pp. 36-44.