

STUDI EKSPERIMEN SAMBUNGAN BALOK MODEL TAKIK TERHADAP PERILAKU JOINT INTERIOR PRACETAK AKIBAT BEBAN SIKLIK

Masdiana 1^{*}, Herman Parung 2², HM.Wihardi Tjaronge 3³, dan Rudy Djamaluddin 4⁴

¹Mahasiswa Program Doktor, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

²Profesor, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

³Profesor, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

⁴Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

Jalan Poros Malino Km. 7, Sungguminasa, Provinsi Sulawesi-Selatan

*Email: masdiana.unhalu@gmail.com

Abstrak

Indonesia adalah salah satu negara yang terletak diantara 3 lempeng besar yang ada di dunia. Hal ini menyebabkan Indonesia adalah negara yang sangat rentan terhadap kejadian gempa. Pada saat terjadi gempa maka bagian yang paling besar mengalami gaya geser pada konstruksi gedung adalah pada daerah joint balok kolom. Daerah ini sangat vital karena apabila terjadi sendi plastis di daerah kritis joint balok kolom maka akan mengakibatkan kegagalan struktur. Tujuan dari penelitian adalah menganalisa perilaku joint balok kolom beton pracetak dan sambungan balok di daerah kritis, menganalisa daktilitas pada joint balok kolom pracetak dan membuat model sambungan balok beton pracetak dan menggunakan model pengujian dengan beban siklik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi eksperimental dengan menggunakan 4(empat) buah joint interior yaitu 1(satu) buah joint balok-kolom konvensional dan 3(tiga) joint balok-kolom precast. Penelitian ini direncanakan dengan analisa gempa, melakukan pengujian di laboratorium dan menganalisis data sehingga diperoleh daktilitas, disipasi energi, histeresis loop, displacement controlled cycle. Membuat suatu model sambungan pada balok interior di daerah rawan gempa

Kata kunci : Joint Interior, beban siklik, model takik, sambungan balok

PENDAHULUAN

Pada umumnya gedung yang ada di Indonesia menggunakan beton. Beton memiliki kelebihan yang lebih banyak dibandingkan bahan bangunan yang lainnya. Selain bahan bakunya mudah diperoleh, kekuatan dan daktilitas yang tinggi juga perawatannya sangat mudah. Kelemahan penggunaan beton adalah konstruksi tidak dapat langsung dilakukan pembebanan sehingga menyebabkan tertundanya pekerjaan yang lain setelah selesai pengecoran dan menghasilkan sampah bekisting yang banyak. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui dan membuktikan kekuatan dari beton precast. Precast adalah beton yang dicetak ditempat lain dan disambung di lokasi bangunan. Oleh karena itu maka perlu pengawasan khusus pada daerah-daerah sambungan pada sambungan pada balok kolom dan pelat. Pada daerah tersebut perlu perhatian khusus karena diharapkan pada daerah tersebut gaya-gaya yang bekerja harus dapat terdistribusi dengan baik dan meminimalkan terjadinya kegagalan struktur.

Indonesia adalah negara yang rawan terhadap gempa bumi tektonik dan gempa bumi vulkanik, terlebih setelah Indonesia mengalami gempa dan tsunami di Banda Aceh yang mengakibatkan korban materi dan korban jiwa yang banyak. Pada bangunan gaya gempa juga sangat diperhitungkan karena gempa dapat menyebabkan suatu beban siklik (cyclic loading). Telah banyak dilakukan penelitian untuk memperbaiki dan meminimalisir kegagalan struktur bangunan. Pada saat terjadi gempa maka bagian yang paling besar mengalami gaya geser pada konstruksi gedung adalah pada daerah joint balok kolom. Daerah ini sangat vital karena apabila terjadi sendi plastis di daerah kritis joint balok kolom maka akan mengakibatkan kegagalan struktur. Berdasarkan hal tersebut, maka penulis tertarik untuk meneliti perilaku joint balok kolom beton pracetak akibat sambungan balok di daerah kritis bila diberi uji beban siklik.

Dari latar belakang tersebut dirumuskan masalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana daktilitas pada joint balok kolom pracetak?
- 2) Bagaimana perilaku joint balok kolom jika sambungan balok model takik jika diuji beban siklik?
- 3) Bagaimana pola retak joint balok kolom pracetak?

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan referensi mengenai perilaku joint balok kolom pracetak jika menerima beban siklik.
2. Dapat mengembangkan minat tentang pengaruh sambungan balok terhadap perilaku joint balok kolom.
3. Mengembangkan permodelan sambungan balok

Join Precast

Beton pracetak atau precast concrete adalah elemen bangunan yang menggunakan beton bertulang atau tidak bertulang, tidak dicor di tempat elemen tersebut dipasang. Setelah elemen tersebut selesai lalu dirangkai menjadi suatu struktur yang utuh di lokasi.

Masalah utama yang sering dialami precast adalah bagaimana mendesain sambungan di joint, balok dan kolom sehingga mampu mendekati seperti sambungan pada beton konvensional. Syarat perencanaan sambungan pada precast yang harus dipenuhi (Elliott, 2002) antara lain :

1. Sambungan bertranslasi dalam batas tertentu pada titik kumpul umumnya terjadi deformasi geser yang signifikan dan timbulnya celah.
2. Sambungan mampu menahan beban sesuai perencanaan baik sebagai sistem secara keseluruhan maupun sebagai individual members.
3. Sambungan memiliki kekuatan dan kekakuan yang cukup agar mampu berperilaku stabil dalam menahan beban.
4. Adanya penyimpangan baik dalam hal pemasangan maupun ukuran masing-masing elemen precast dengan batas toleransi 3mm pada sambungan pada joint.

Menurut NEHRP (Hawkins, 2000), sistem sambungan pracetak terbagi dalam 2 (dua) kategori yaitu Sambungan Kuat (*Strong Connection*) dan Sambungan Daktil (*Ductile Connection*). Joint dalam suatu struktur dapat dibedakan dari letak titik kumpulnya yaitu : Joint Luar (*Eksterior Joint*) dan Joint Dalam (*Interior Joint*). Penelitian yang dilakukan Widodo (2007), pada joint dalam struktur statis tak tentu memegang peranan penting dalam pengengkangan sehingga tidak terjadi kebebasan rotasi pada balok. Pengengkangan terjadi apabila joint balok-kolom merupakan satu kesatuan yang monolit dan kaku. Kekakuan joint diperlukan agar redistribusi *unbalance moment* pada analisis struktur dapat dilakukan. Paulay, T. Priestley, M.J.N (1992), menjelaskan bahwa joint balok-kolom merupakan daerah kritis yang dapat merespon inelastis untuk menahan gempa. Joint akan bekerja sebagai gaya geser horizontal dan vertikal serta memiliki nilai beberapa kali balok dan kolom yang bersebelahan.

Disipasi Energi

Disipasi energi adalah kemampuan struktur dalam menyerap energi melalui proses leleh pada daerah sendi plastis. Dalam merencanakan suatu struktur gedung tahan gempa bersifat daktil di daerah sendi plastis sehingga diharapkan terjadinya deformasi plastis sebelum keruntuhan. Jika struktur diberi beban siklik (*cyclic loading*) maka energi yang diserap dalam satu siklus pembebanan adalah jumlah dari energi yang diserap saat menerima beban tarik dan beban tekan. Total energi terdisipasi selama pembebanan berlangsung merupakan luas daerah (*hysteresis loop*) beban (p) dan lendutan (Δ). faktor-faktor yang mempengaruhi disipasi energi adalah kuat tekan, dimensi penampang dan riwayat pembebanan.

Daktilitas

Daktilitas adalah kemampuan struktur atau komponen struktur untuk mengalami deformasi inelastis bolak-balik berulang setelah leleh pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan

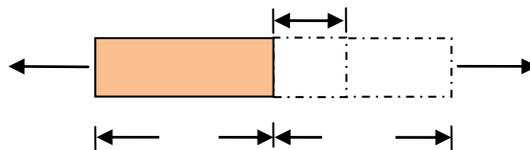
kekakuan yang cukup untuk mendukung bebannya, sehingga struktur tetap berdiri walaupun sudah retak/rusak dan diambang keruntuhan.

Faktor daktilitas struktur gedung μ adalah rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan (δ_m) dengan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama (δ_y). Pada kondisi elastik penuh nilai $\mu = 1,0$. Tingkat daktilitas struktur dipengaruhi oleh pola retak atau sendi plastis. Suatu struktur bangunan diharapkan sendi-sendi plastis terjadi di ujung-ujung balok dan bukan pada kolom dan dinding yang memikulnya. Menurut Paulay & Priestley (1992) daktilitas terbagi dalam :

- Daktilitas regangan** (strain ductility) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu_\epsilon = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_y} \tag{1}$$

seperti terlihat pada gambar di bawah in

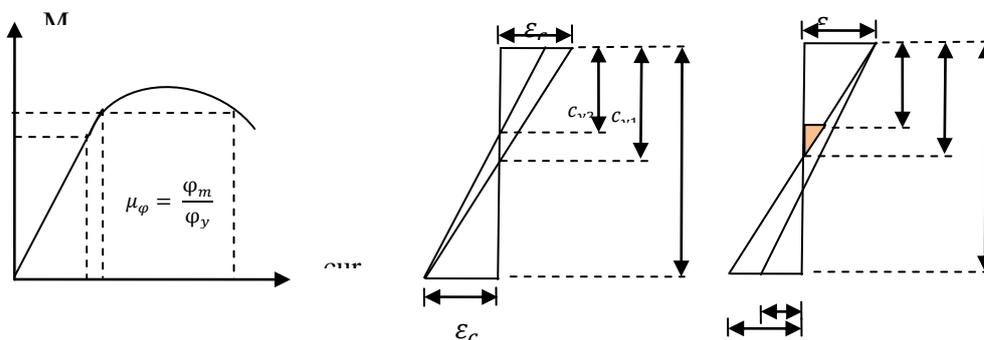


Gambar 1. Daktilitas regangan

- Daktilitas kelengkungan** (*curvature ductility*), dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu_\phi = \frac{\phi_u}{\phi_y} \tag{2}$$

Dimana ϕ = sudut kelengkungan (putaran sudut per unit panjang)



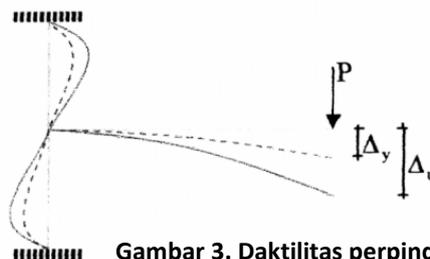
(a) Momen curvature relationship (b) first-yield curvature (c) ultimate curvature

Gambar 2. Daktilitas kelengkungan

- Daktilitas perpindahan** (*displacement ductility*) adalah perbandingan antara perpindahan struktur maksimum pada arah lateral terhadap perpindahan struktur saat leleh.

$$\mu_\Delta = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \tag{3}$$

Seperti terlihat pada gambar berikut :



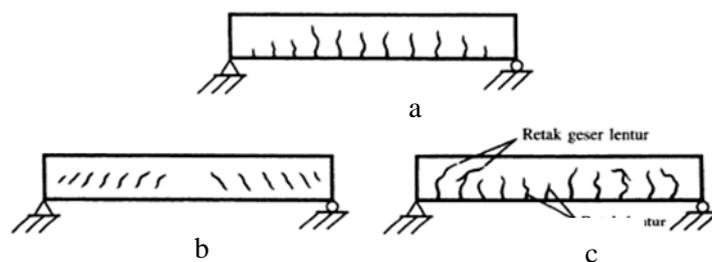
Gambar 3. Daktilitas perpindahan

Pola Retak

Retak merupakan adalah terjadinya pemisahan antara massa beton yang relatif panjang dengan yang sempit. Secara visual retak nampak seperti garis yang tak beraturan. Retak yang terjadi setelah beton mengeras salah satunya adalah retak struktural. Retak ini terjadi karena adanya pembebanan yang mengakibatkan timbulnya tegangan lentur, tegangan geser dan tegangan tarik.

Pada dasarnya ada tiga jenis keretakan pada balok, Gilbert (1990) :

1. Retak lentur (*flexural crack*) Gambar 4 (a)
2. Retak geser pada bagian balok (*web shear crack*) Gambar 4 (b)
3. Retak geser-lentur (*flexural shear crack*) Gambar 4 (c)



Gambar 4. Jenis Retakan Pada Beton

Apabila struktur dibebani dengan suatu beban yang menimbulkan momen lentur yang besarnya masih lebih kecil dari momen retak maka tegangan yang timbul masih lebih kecil dari modulus of rupture beton $f_r = 0,70 \sqrt{f'_c}$ ($7,5 \sqrt{f'_c}$ psi). Apabila beban ditambah sehingga tegangan tarik mencapai f_r , maka retak kecil akan terjadi. Apabila tegangan tarik sudah lebih besar dari f_r , maka penampang akan retak.

Ada tiga kasus yang dipertimbangkan dalam masalah retak yaitu :

- a) Ketika tegangan tarik $f_t < f_r$, maka penampang dipertimbangkan untuk tidak terjadi retak. Untuk kasus ini $I_g = 1/12 b \cdot h^3$
- b) Ketika tegangan tarik $f_t = f_r$, maka retak mulai timbul. Momen yang timbul disebut momen retak dan dihitung sebagai berikut :

$$M_{cr} = f_r \frac{I_g}{c}, \text{ dimana } c = h/2 \quad (4)$$

- c) Apabila momen yang bekerja sudah lebih besar dari momen retak, maka retak penampang sudah meluas. Untuk perhitungan digunakan momen inersia retak (I_{cr}), transformasi balok beton yang tertekan dan transformasi dari tulangan $n \cdot A_s$.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan bersifat kuantitatif dan berbentuk penelitian eksperimental. 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.

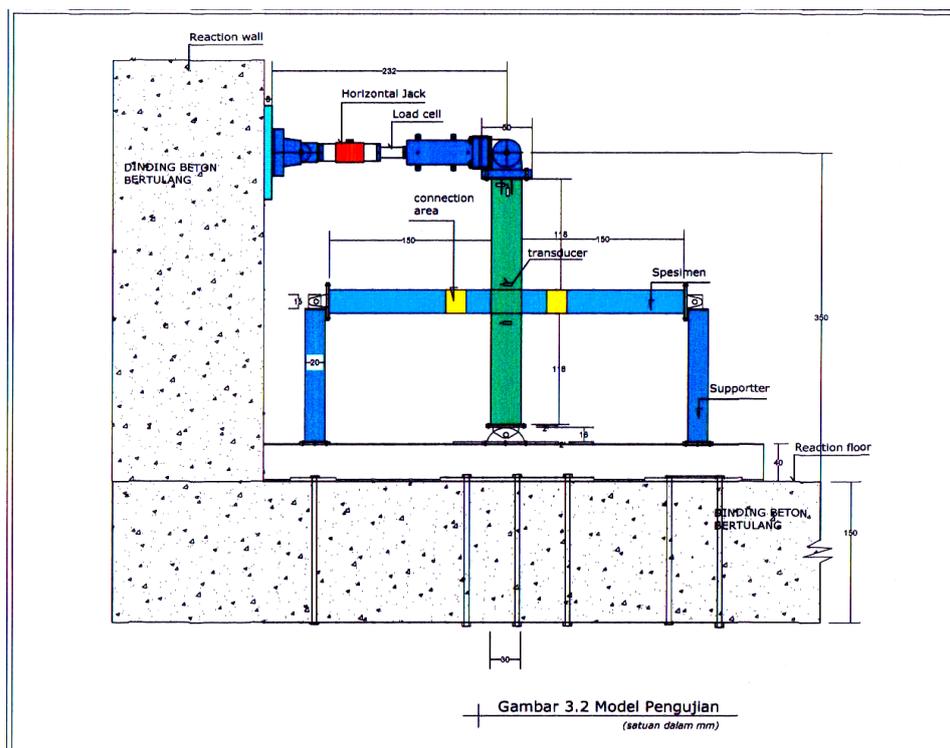
- **Tahap pertama : Pra Design**

Tahapan awal yang telah kami lakukan adalah dengan melakukan perencanaan design dengan memvalidasi data design sambungan balok model takik dengan menggunakan program

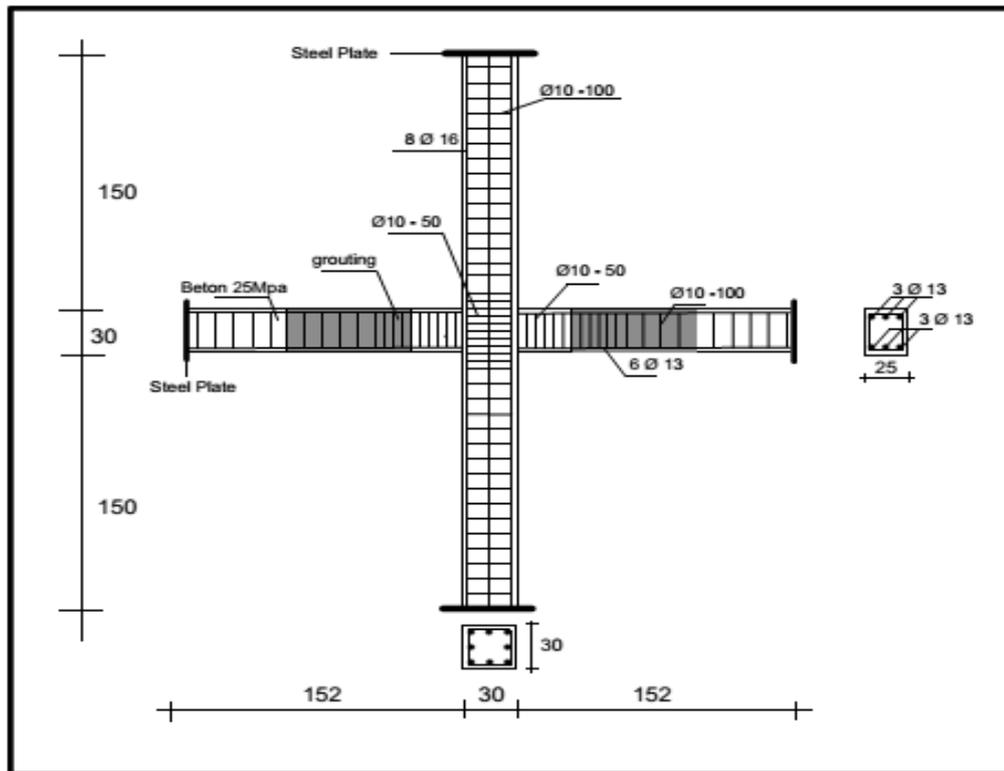
dengan menggunakan perencanaan secara teoritis. Analisa teoritis ini akan menggunakan parameter-parameter yang relevan untuk memprediksi perilaku tersebut. Setelah diperoleh hasil analisa teoritis sambungan model takik yang diinginkan barulah kami melakukan pra eksperimen sambungan balok dengan skala full. Hasil yang kami peroleh akan kami gunakan sebagai data awal perencanaan joint yang menggunakan sambungan balok takik. Analisa data penelitian awal hanya sebagai acuan awal karena pada saat eksperimen akan timbul faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi asumsi pada saat awal, misalnya pada saat pengerjaan, pengecoran, workability.

- **Tahap kedua : Pengujian Laboratorium**

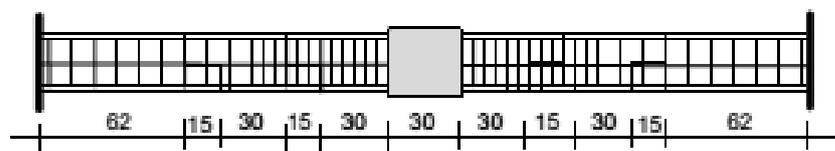
Tahap kedua adalah melakukan pengujian perencanaan secara teoritis. Hal ini dilakukan agar pada saat pengujian telah diperoleh data awal yang diperlukan untuk menguji suatu sample agar hasil yang diperoleh lebih maksimal.



Gambar 5. Model Pengujian



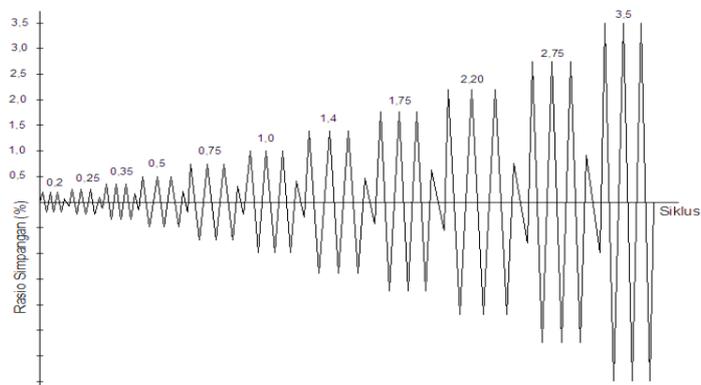
Gambar.6 Benda Uji



Gambar 7. Tampak Atas Sambungan balok Model Takik

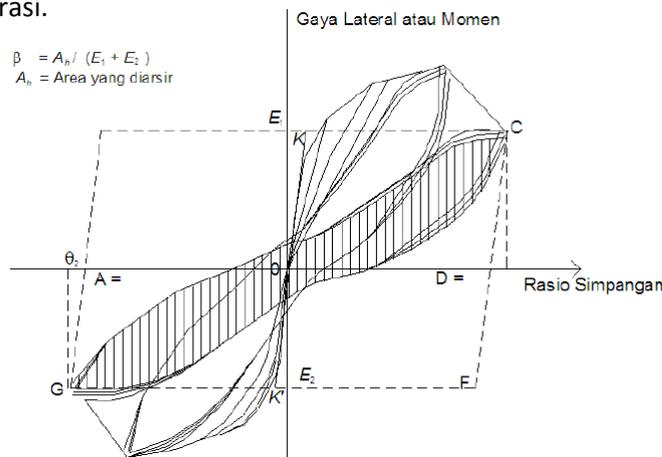
Beberapa hal yang harus diperhatikan pada saat pengujian antara lain diatur dalam Standar ACI T1.1-01 antara lain :

1. Pengujian dilakukan secara bertahap berdasarkan displacement controlled ditandai dengan kenaikan Drift Rasio $\leq 0,035$.



Gambar 8. Pola Pembebanan

2. Pada setiap drift rasio ditetapkan tiga siklus beban bolak balik seperti terlihat pada gambar 2.20 Dan idealnya terjadi respon elastik linear pada drift rasio awal.
3. Untuk drift rasio $> 0,035$, ditetapkan $1,25 < \text{drift rasio sebelumnya} < 1,50$.
4. Untuk drift rasio $\geq 0,035$ harus memenuhi beberapa kriteria beban puncak untuk arah tekan dan tarik minimum 75% dari beban puncak seluruh drift rasio dan disipasi energi minimal 0.125 karakteristik siklus penuh ketiga pada level simpangan tersebut harus memenuhi, sebagai berikut :
 - a) Gaya puncak pada arah beban yang diberikan tidak boleh kurang daripada $0,75 E_{\text{maksimum}}$ pada arah beban yang sama;
 - b) Disipasi energi relatif tidak boleh kurang daripada $1/8$ seperti ilustrasi Gambar dibawah ini;
 - c) Kekakuan sekan garis yang menghubungkan titik rasio simpangan $-0,0035$ ke rasio simpangan $+0,0035$ harus tidak kurang dari $0,05$ kalikekakuan awal, seperti ilustrasi.



Gambar 9. Disipasi energy

- **Tahap Ketiga** : Pengumpulan data dan pelaporan

Perilaku yang diperoleh dari hasil pengujian akan divalidasi 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.

Waktu dan Lokasi Penelitian

Rencana penelitian Laboratorium Struktur Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin. Berdasarkan materi penelitian, penelitian ini akan dilaksanakan selama 12(Dua Belas Bulan) bulan dengan lingkup kegiatan mulai tahap persiapan, pengumpulan data, analisis data dengan tahapan kegiatan sebagaimana terlihat pada tabel jadwal pelaksanaan ini.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Horizontal Jack, Supporter, Hidrolik Power Supply, Personal Komputer, Data Logger dan Strain Gauge for steel dan Strain Gauge for concrete

Analisis Data

Penelitian ini direncanakan dengan analisa gempa, melakukan pengujian di laboratorium dan menganalisis data sehingga diperoleh daktalitas, disipasi energi, histeresis loop, displacement controlled cycle

HASIL YANG DIHARAPKAN

Dari penelitian yang dilakukan diharapkan hasil sebagai berikut :

1. Dapat membuat suatu model sambungan balok pracetak model takik yang aman dan dapat diaplikasikan di daerah rawan gempa.
2. Diperoleh data hubungan anatara beban dan perpindahan joint interior jika balok disambung dengan menggunakan model takik
3. Diperoleh besarnya nilai disipasi energi yang diperoleh.

Daftar Pustaka

- 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.
- G. Tsonos, Alexantros. 2007. *Cyclic Load Behavior of Reinforced Concrete Beam-Column Subassemblaged of Modern Structures*. ACI Struktural Journal, Tittle No.104-S45. August 2007.
- 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.
- Parung,H, Irmawaty, R, Ricko. Mappanyukki, A, Sudirman, 2010, *Study on Behaviour of Precast Beam Colomn Joint Using Steel Plate Connection (JPSP)*. *Proceeding of First Makassar Internasional Confrence on Civil engineering*. March, 2010.
- Ko, Jean-Wen, Lee, Hung-Jen, 2007. *Accentric Reinforced Concere Beam-Column Connection Subjected to Cyclic Loading in Principal Directions*. ACI Struktural Jurnal, August 2007.
- Kim, Jaehong, M.Lafave, James, Song, Junho. 2007 *A New Statistical Approach for Joint Shear Stregth Determination of Beam-Column Connections Subjected to Lateral Earhquake Loading*. *Struktural Engineering and Mechanics*, Volume 27, No.4, 439-456.
- Mardewi Jamal, Parung Herman, HM, Tjaronge Wihardi, Sampebulu Victor. *Behavior of The Precast and Monolith Concrete on Beam-Colomn Joints Under Cyclec Loading*. *Proceedings of yhe 2nd MICCE*. August 2015.
- Moratti,M, Calvi, G.M, Pampanin,S. *Seismic Behavior of Beam-Column Joints Designed for Gravity Loads*. *12th European Confrence on Earthquake Engineering*.
- Supaviriyakit, Teerahot, Pimanmas, Amorn. 2008. *Cyclic Behavior of Non-Seismically Design Interior Reinforced Concrete Beam-Column Conections*. *Songkianakaran .Sci. Technol*. May 2008.
- Uma, S,R, Prasad, Maher,A. *Seismic Behavior of Beam Column Joints in Reinforced Concrete Moment Resisting Frame*. IITK-GSDMA Project on Building Codes, Documen No. ::IITK_GSDMA-EQ31-VI.0.