Jurnal KONSTRUKSI : teKNik, infraSTRUKtur, dan Salns
Program Pascasarjana UMI

Vol. 01, No. 12 Tahun 2022
E-ISSN: 2963-5217

Studi Eksperimental Pola Perpindahan Menggunakan Pelat Baja pada Balok Sambungan Pracetak akibat Beban Bolak

Muhammad Syarif Burhanuddin [1*], Andi Baso Gunawan[2]

1*) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar, Muhammad.syarif@umi.ac.id
2) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar, a.baso.gunawan@umi.ac.id

Abstract

The beam-column relationship is a critical area when there is excessive loading due to alternating loads, which if not properly anticipated will result in the collapse of the structure as a whole. In the implementation of monolithic construction, proper installation of reinforcement by the provisions in the concrete construction planning standards (SNI), will prevent structural failure in the beam-column connection area. For precast construction, construction failure will usually occur in beam-column joints. This study aims to analyze the displacement patterns of plate-type precast beam-column connections due to alternating loads. This experimental study was conducted to obtain the (load – displacement) curve of the structural model. column beams due to alternating loads. This research was conducted on two types of plate joints. Loading was carried out by displacement control based on predetermined loading cycles until the column beams failed or reached the ultimate displacement.

Keywords: Beam Column, Experimental Study, Joint, Plate Connection,

Abstrak

Hubungan balok – kolom merupakan daerah yang sangat kritis saat terjadi pembebanan berlebih akibat beban bolak-balik, yang jika tidak diantisipasi dengan baik akan mengakibatkan keruntuhan pada struktur secara keseluruhan. Dalam pelaksanaan konstruksi secara monolit, pemasangan tulangan yang baik sesuai ketentuan yang ada dalam standar perencanaan konstruksi beton (SNI), akan mencegah kegagalan struktur pada daerah sambungan balok-kolom. Untuk konstruksi pracetak (precast), kegagalan konstruksi biasanya akan terjadi pada sambungan balok kolom.Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola perpindahan dari hubungan balok kolom pracetak tipe plat akibat beban bolak balik.Kajian eksperimental ini dilakukan untuk mendapatkan kurva (beban – perpindahan dari model struktur balok kolom akibat beban bolak balik. Penelitian ini dilakukan pada dua tipe sambungan plat. Pemberian beban dilakukan dengan displacement control berdasaran siklus pembebanan yang telah ditetapkan sebelumnya, sampai balok kolom mengalami keruntuhan atau mencapai perpindahan ultimit.

Kata Kunci: Balok Kolom, Joint, Sambungan Plat, Studi Eksperimental

1. PENDAHULUAN

Gempa yang terjadi di Indonesia banyak bangunan yang mengalami kerusakan dan bahkan mengalami keruntuhan. Hal ini disebabkan karena elemen kolom pada struktur portal beton bertulang tidak kuat memikul beban gempa. Menurut ACI (American Concrete Institute) ada dua tipe hubungan balok kolom yaitu tipe 1 untuk pembebanan statis, yaitu kekuatan menjadi kriteria utama dan tidak diharapkan suatu deformasi yang berarti, dan tipe 2 adalah perencanaan pembebanan gempa atau diutamakan kekuatan lebih besar pada daerah inelastis.

Sambungan adalah bagian yang sangat penting dalam mendesain struktur tahan gempa, keruntuhan bangunan akibat gempa di lihat dari kualitas sambungannya. Agar bangunan memiliki performa yang baik dan tahan gempa maka harus mengikuti syarat sambungan balok kolom. Idealnya, ada sambungan balok kolom pada beton pracetak tahan gempa yang

dapat mengurangi resiko gempa. Tujuan dari penelitian sebagai berikut: mengetahui analisis hubungan balok kolom pracetak tipe plat akibat beban bolak balik.

2. TINJAUAN TEORI

A. Beton Pracetak

Beton pracetak adalah teknologi konstruksi struktur beton komponen penyusun yang dicetak , terkadang komponen-komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu, dan selanjutnya dipasang di lokasi , dengan demikian sistem pracetak ini akan berbeda dengan konstruksi monolit terutama pada aspek perencanaan yang tergantung atau ditentukan pula oleh metode pelaksanaan dari pabrikasi, pernyataan dan pemasangannya serta ditentukan pula oleh teknis perilaku sistem pracetak dalam hal cara penyambungan antar komponen joint (abduh, 2007).

B. Join Precast

Masalah utama yang sering di alami 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 :

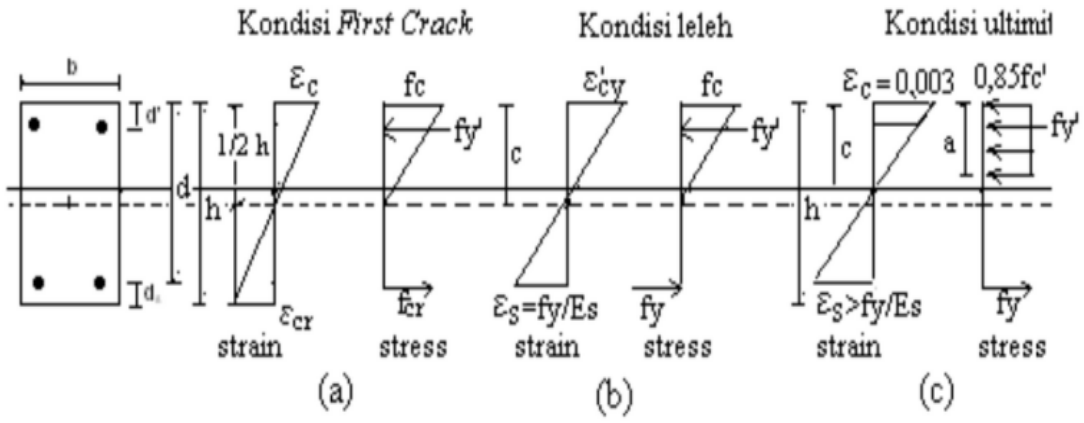
1. Sambungan bertranslasi dalam batas tertentu pada titik kumpul umumnya terjadi deformasi geser yang signifikan dan timbulnya celah.
2. Sambungan mampu menahan beban sesuai perencanaan baik sebagai sistem secara keseluruhan maupun sebagai individual members.
3. Sambungan memiliki kekuatan dan kekakuan 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 Daktail (*Dactile Connection*). Joint dalam suatu struktur dapat dibedakan dari letak titik kumpulnya yaitu : Join Luar (*Eksterior Joint*) dan Joint Dalam (*Interior Joint*).

Menurut 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.

C. Momen Inersia

Analisis plastis untuk penampang beton bertulang dapat digunakan untuk menentukan sudut kelengkungan (*curvature*) dan momen penampang pada kondisi *first crack,* leleh dan ultimitnya seperti terlihat dalam gambar 1.dibawahini :

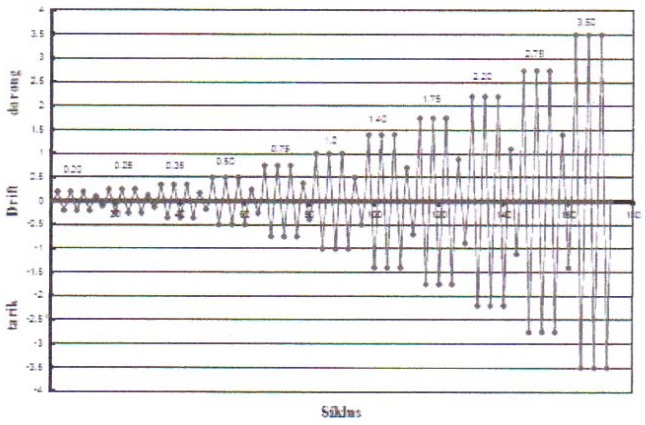


Gambar 1 Distribusi tegangan pada tampang beton bertulang

Gambar 1.a menggambarkan kondisi saat retak pertama. Diasumsikan garis netral terletak pada titik berat penampang beton, dan tegangan tarik beton terluar telah mencapai tegangan tarik maksimum beton (f_{cr}).

D. Kriteria Kehandalan Sistem Struktur

Kehandalan sambungan komponen precast dapat diukur dengan menguji pembebanan statik bolak balik. Hysteresis loop antara perpindahan dan beban akan menjadi dasar untuk memperoleh parameter seperti kekakuan, beban ultimit, reduksi titik kumpul, daktalitas dan disipasi energi. Standar yang digunakan SNI tentang "Metode Pengujian dan Parameter Tahan Gempa Konstruksi Beton Pracetak dan Prategang untuk Bangunan Gedung".



Gambar 2 Displacement controlled cycles

Beberapa hal yang diatur dalam Standar ACI T1.1-01 antara lain :

1. Pengujian dilakukan secara bertahap berdasarkan displacement controlled ditandai dengan kenaikan Drift Rasio ≤ 0,035.
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 < drift rasio sebelumnya < 1,50.

4. Untuk drift rasio ≥ 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

E. Analisa gempa

Indonesia adalah negara tropis yang terletak di tengah-tengah dunia yang dilalui oleh patahan dan sebagian merupakan daerah yang masih muda dan merupakan negara yang paling banyak mengalami bencana alam gempa yang mengakibatkan korban baik jiwa maupun materi. Gempa adalah adanya aktifitas magma yang terjadi sebelum gunung api meletus, sesar-sesar lokal yang masih aktif serta tanah yang gembur dengan kandungan air tanah yang cukup tinggi telah mengimplikasikan getaran.

Berdasarkan hal tersebut maka di Indonesia diterapkan suatu *Peraturan Tata Cara Perencanaan Bangunan Gedung Tahan Gempa*. Tujuan dari perencanaan bangunan tahan gempa adalah :

1. Mengurangi korban akibat runtuhnya gedung akibat gempa
2. Membatasi kerusakan gedung
3. Memberi rasa aman kepada penghuni bila terjadi gempa
4. Mempertahankan tingkat layan suatu gedung.

Dalam SNI 03-1726-2002 membagi Indonesia menjadi 6(enam) wilayah gempa dan menetukan respon spekrtum masing-masing wilayah gempa. Hal dapat dilihat gambar Respon Spektrum Gempa Rencana.

Respon spektrum dapat dibagi 2(dua) bagian yaitu : Spektrum elastic dan Spektrum inelastic Nilai yang mempengaruhi suatu spektrum adalah periode getar, ratio redaman, tingkat daktalitas dan jenis tanah.

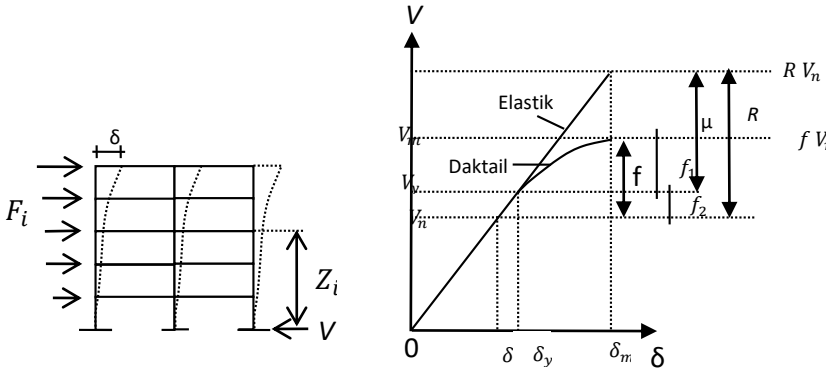
Pada gambar respon spektrum gempa rencana adalah merupakan grafik hubungan faktor respon gempa dinyatakan dalam percepatan grafitasi (C) dengan waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik (T) pada berbagai kondisi tanah.

Maka faktor respon gempa ditentukan sebagai berikut :

Pada saat T ≤ T_c detik, maka $C = A_m$ (1)

Pada saat T > T_c detik, maka $C = \frac{A_r}{T}$ dimana $A_r = A_m\ (T_c)$ (2)

Nilai T_c adalah waktu getar alami sudut untuk tanah keras = 0,5 detik, tanah sedang = 0,6 detik dan tanah lunak = 1 detik dapat dilihat tabel spektrum respon gempa rencana.



Gambar 3 Diagram beban simpangan (diagram V-δ) struktur gedung

Pada **Gambar 3** di atas berlaku hubungan sebagai berikut:

$$V_n = \frac{V_y}{f_1} = \frac{V_e}{R} \quad (3)$$

Bila respons dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal V maka syarat yang harus dipenuhi adalah V ≥ 0,8 V_1 dimana V_1 adalah gaya geser dasar nominal sebagai respon ragam yang pertama terhadap pengaruh gempa rencana menurut persamaan:

$$V_1 = \frac{C_1(I)W_t}{R} \quad (4)$$

Dimana

C_1 = Faktor respon gempa yang diperoleh spektrum respon gempa rencana dalam waktu getar alami pertama T_1

I = Faktor keutamaan menurut

W_t = Berat total gedung

R = Faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung

3. METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *studi eksperimental* dengan menggunakan 1(satu) buah join balok kolom konvensional dan 2(dua) joit balok kolom precast menggunakan variasi model plat untuk sambungan balok.

B. Waktu dan Lokasi Penelitian

Rencana penelitian Laboratorium Struktur Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin. Berdasarkan materi penelitian, penelitian ini akan dilaksakan selama 6(enam) bulan dengan lingkup kegiatan mulai tahap persiapan, pengumpulan data, analisis data dengan tahapan kegiatan sebagaimana terlihat pada tabel jadwal pelaksanaan ini.

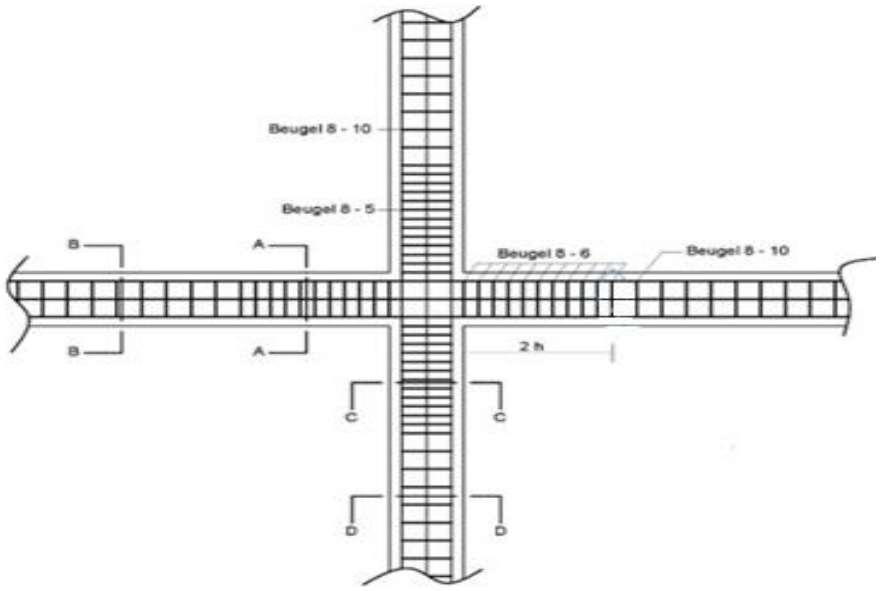
C. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Horisontal Jack. Supporter, Hidrolik Power Supply, Personal Komputer, Data Logger dan Straun Gauge.

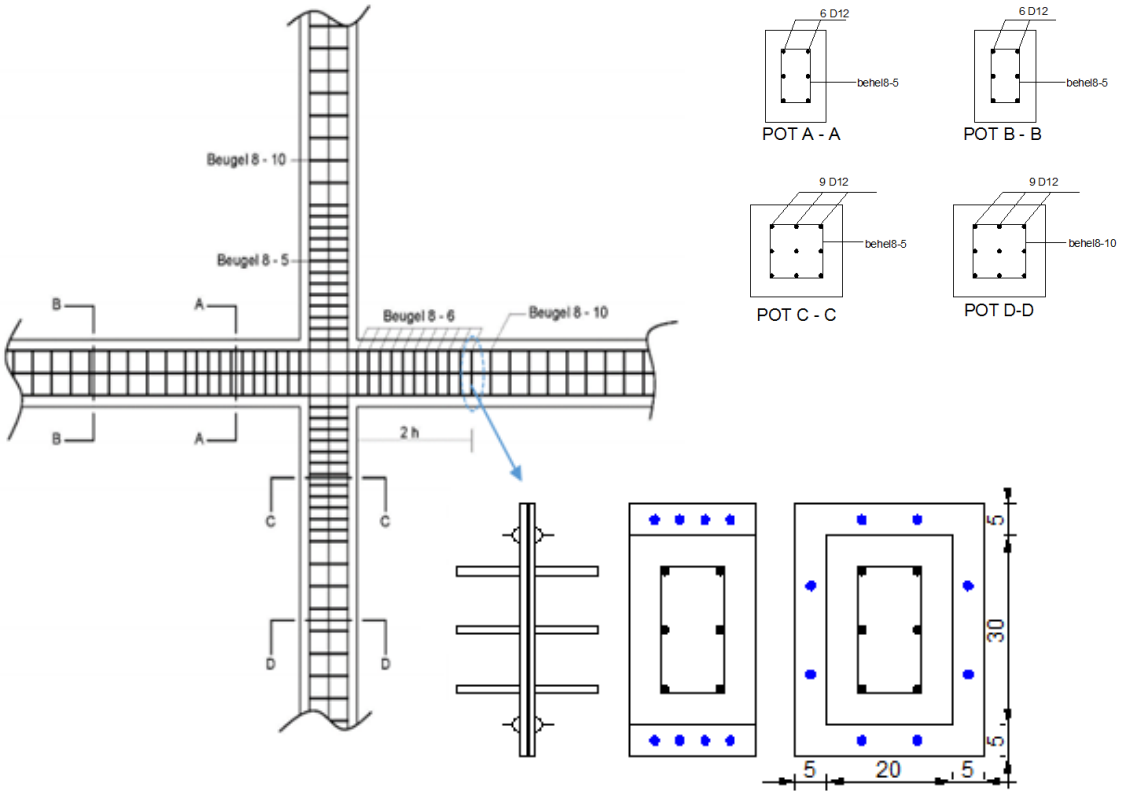
D. Analisis Data

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

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4 Desain penulangan join Balok-Kolom Monolit

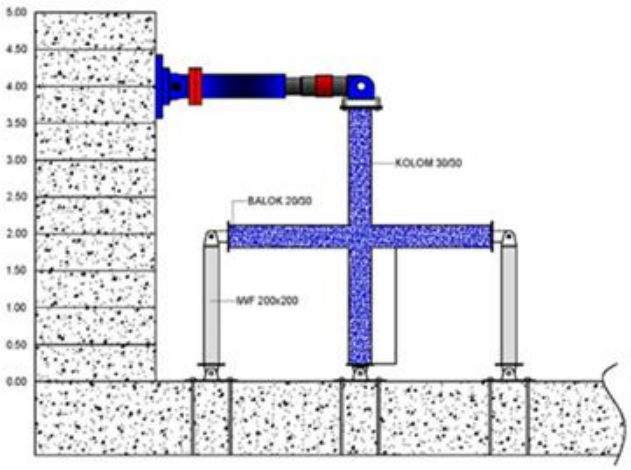


Gambar 5 Detail Sambungan Balok-Kolom Tipe Plat

Tabel 1 Sampel Beton Normal dan Beton Grouting

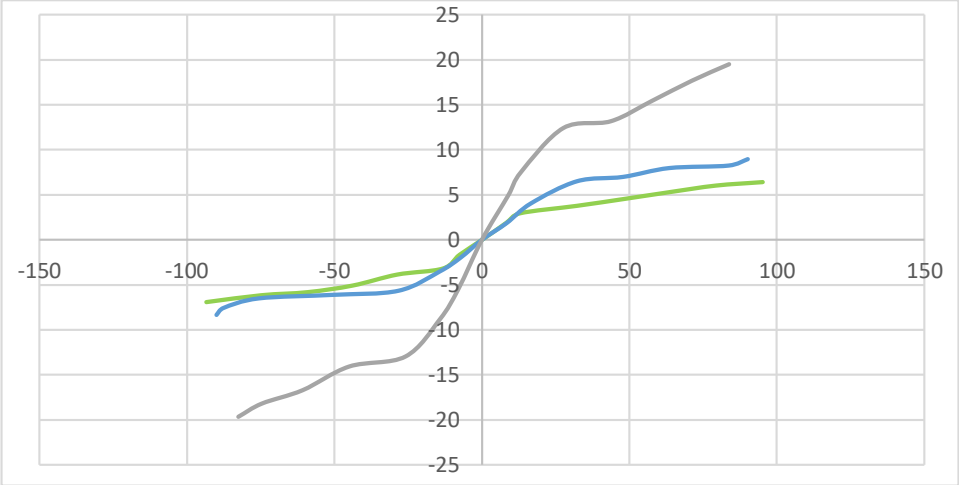
No	Type	Balok Grouting	Tulangan
1	BN		Tul. Utama D12, Tul.Geser D8
2	BSP 1	Tulangan dan Campuran beton Grouting	Tul. Utama D12, Tul.Geser D8, plat 1
3	BSP 2	Tulangan dan Campuranbeton Grouting	Tul. Utama D12, Tul.Geser D8, plat 2

1. Tahap Persiapan; Tahap ini meliputi kajian pustaka menegenai teori dasar dari penelitian terdahulu yang berkaitan, persiapan alat danbahan, serta perhitungan *mix design* campuran untuk mutu beton yang direncanakan.
2. Tahap Pembuatan Benda Uji dibaagi menjadi 2 bagian, yaitu :
   a. Benda uji silinder untuk pengujian material beton Total benda uji silinder yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6 sampel dengan uraian sebagai beriku:
      - 3 buah benda uji untuk pengujian kuat tekan beton normal.
      - 3 buah benda uji untuk pengujian kuat tekan beton grouting.
   b. Benda uji sambungan balok kolom. Pembuatan benda uji sambungan balok kolom terdiri atas 2 tahap yaitu :
      - Pengecoran pada bagian balok dan kolom kecuali pada bagian join. Mutu beton rencana adalah f'*c* 25 Mpa
   c. Pengecoran join dengan metode *grouting* menggunakan *sikagrout* 215 *(new*). Komposisi semen : air : *screening* = 6,25 : 1 : 1,
3. Pengujian yang dilakukan terdiri dari:
   a. Uji fisik material beton, pengujian ini berupa pengujian kuat tekan dengan benda uji silinder, dan pengujian modulus elastisitas.
   b. Uji fisik material baja, pengujian ini meliputi pengujian kuat tarik baja tulangan polos dan baja tulangan ulir yang akan dipakai sebagai tulangan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan leleh baja tulangan.
   c. Uji fisik sambungan balok kolom, pengujian ini meliputi pengujian untuk struktur pracetak dan monolit dengan skala penuh. Pengujian dilakukan setelah beton berumur lebih dari 28 hari.
4. Pembebanan. Pengujian yang dilakukan sesuai dengan pembebanan, yang diberikan adalah beban siklik lateral (mewakili beban gempa) dilihat pada **Gambar 6** berikut ini.



Gambar 6 Bentuk Pengujian Balok Tipe Plat

Gafik Hubungan Beban dan Perpindahan (P-Δ) dapat dilihat pada **Gambar 7** berikut



Gambar 7 Hubungan beban dan Perpindahan

5. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pola perpindahan pada penelitian eksperimental yang dilakukan pada join balok kolom pracetak sambungan pada sampel beton normal beban maksimumnya adalah 19,515 dan -19,635, sampel beton pracetak menggunakan plat 1 beban maksimumnya adalah 6,435 dan – 6,915 sedangkan pada sampel beton pracetak menggunakan plat 2 beban maksimum adalah 8,925 dan -8,325

B. Saran

Beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Masih perlunya pengujian sistem sambungan plat selanjutnya agar diperoleh hasil yang lebih akurat dan menjamin akan keandalan sambungan plat.
2. Mengingat semakin kompleksnya permasalahan struktur yang terjadi sekarang ini maka perlu adanya pemecahan masalah dengan cepat serta mempertimbangkan aspek waktu dan biaya untuk itu agar penelitian serupa bisa dikembangkan lagi.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada mahasiswa Universitas Hasanuddin Makassar yang telah membantu dalam penelitian kami yang telah banyak membantu sehingga penelitian dapat terlaksana dengan sukses.

7. DAFTAR PUSTAKA

ACI 352R-02. (2002). Recommendations for Design of Beam-Column Joint in Monolithic Reinforced Concrete Structure. American Concrete Institute. ACI-ASCE. Committe 352. Detroit

ACI Committee 318. (2008). Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. ACI, Detroit.

Ahmed, S.M. and Gunasekaran, U. (2012) A Parametric Study of R.C. Slab in Beam-Column Connection under Cyclic Loading. New Zealand Society for Earthquake Engineering Inc. (NZSEE). Annual Technical Conference. paper No. 058

BSN. (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03–1726–2012). BSN. Indonesia.

BSN. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03–2847–2013). BSN. Indonesia

ECCS (1986). European Convention for Constructional Steelwork, ECCS Recommended Testing Procedure for Assessing the Behaviour of Structural Steel Elements under Cyclic Loads, Publication No. 45.

Englekirk, R.E. (1990). Seismic Design Consideration for Precast Concrete Multistory Building. PCI Journal. Vol. 35 NO.3. pp.40-51

Englekirk, R.E. (1995). Development and Testing of a Ductile Connector for Assembling Precast Concrete Beam and Column. PCI Journal. Vol. 40 NO.2. pp.36-51

Eurocode 3. (2010). SS EN 1993-1-8:2010 : Design of Steel Structures. Part 1-8 : Design of Joint. Spring Singapure

Farsangi, E.N. (2010). Connections Behavior in Precast Concrete Structures Due to Seismic Loading. Gazi University Journal of Sciences. Vol.23. No.3. p.315. EBSCOhost.

Fattouh, MSF and Waseem, MAE. (2014). Behavior of Flush and Extended End-Plate Beam-To-Column Joint Under Bending and Axial Force. Word Aplied Sciences Journal. Vol. 30. No.6. p.685-695. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2014.30.06.14092.

Federal Emergency management Agency. (2000). Prestandard and commentary for The Seismic Rehabilitation Of Buildings, FEMA 356.

Fernandes, C. et al. (2013). Cyclic Behavior of Substandard Reinforced Concrete Beam-Column Joint with Plaint Bars. ACI Structural Journal. V.110. No.1. January-February. pp. 137-147.

Gilbert, R. I. danMickleborough, N. C. (1990). Design ofPrestressed Concrete. Sydney. Unwin Hyman Ltd

Hawkins, N.M., and Ghosh, S.K. (2000). Propesed revisions to 1997 NEHRP Recommended Provision for Seismic Regulation for Precast Concrete Structures Part 2 - Seismic Force Resisiting Systems. PCI Jornal. pp. 36-44.

J.I. Rastandi dkk. (2011). Studi Kegagalan Struktur Precast Pada Beberapa Bangunan Tingkat Rendah Akibat Gempa Padang 30 September 2009. Seminar Nasional. HAKI. Jakarta

Jafarian, H., and Bargi, K. (2011). Nonlinear Seismic Behavior Evaluation of Ductile Beam-Column Connections in Precast in Concrete. International Journal of Civil & Structural Engineering. V.2. No.2. November. pp.445-453. EBSCOhost.

Lai, L.C. (2012). Evaluation of High Strength Concrete Interior Beam-Column Joints Under Simulated Seismic Loading. PhD Thesis. School of Civil & Environmental Engineering. Nanyang Tecnological University. Singapore.

Lin, Ceng-Ming, and Restrepo, J. (2002). Seismic Behavior and Design of Reinforced Concrete Interior Beam-Column Joint. Bulleting of the New Zealand Society for Earthquake Engineering. Vol.35. No.2

Lu, Xilin., et al. (2012). Seismic Behavior of Interior RC Beam-Column Joint with Additional Bars Under Cyclic Loading. Earthquakes and Structures. ISSN:2092-7614. V.3. No.1. pp. 37-57. Asia Science and Technology Portal. Korea.

Paulay, T., Priestley, M.J.N. 1992. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building. John Wiley & Sons.

Widodo. (2007). Peran Penting Beam Column Joint : Studi Kasus Kerusakan Bangunan Bertingkat Akibat Gempa Yokyakarta 27 Mei 2006. Prosiding Seminar Nasional III, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. ITS. Surabaya.