

## ANALISIS SAMBUNGAN BALOK PRECAST SEDERHANA DENGAN SISTIM DOUBLE LAPSPICES MIDDLE WET JOINT DI MOMEN MAKSIMUM

A.RUDI HERMAWAN<sup>1</sup>, EKA SM<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Politeknik Negeri Jakarta,  
arudihermawan@gmail.com

### ABSTRACT

*This research about connection of precast simple beam with double lapslices middle wet joint system have finished with comparing of flexure strength between precast beam with connection at meddle span (middle wet joint) and conventional beam. Performance of flexure strength of precast beam with connection at meddle span (middle wet joint) is better than conventioanal beam, can be proved to curve of deflection – load between conventional beam (1 and 2) with precast beam with connection at meddle span (middle wet joint 1 and 2). Base on that curve, can be known that precast beam with connection at meddle span (middle wet joint 1) have deflection 10 mm at 151,8 kn and precast beam with connection at meddle span (middle wet joint 2) have deflection 16 mm at 169,2 kn and conventional beam 1 have deflection 47 mm at 145,5 kn and conventional beam 2 have deflection 40 mm at 144,7 kn*

*Keynote : prestressed, precast, boned nonprestressed, concrete*

### ABSTRAK

Pada penelitian sambungan balok precast sederhana dengan sistim double lapslices middle wet joint pada balok precast ini telah dihasilkan suatu perbandingan kekuatan lentur antara balok precast yang disambung di tengah bentang (middle wet joint) dengan balok konvensional. Dari hasil yang ada terlihat bahwa performa balok precast yang disambung di tengah bentang dengan sistim middle wet joint dibandingkan dengan balok konvensional adalah lebih baik, hal itu dibuktikan pada kurva hubungan lendutan-beban antara benda uji konvensional 1 dan benda uji konvensional 2 dengan benda uji precast 1 dan benda uji precast 2. Dari kurva yang ada diketahui bahwa benda uji balok precast 1 mempunyai lendutan 10 mm pada beban 151,8 kn dan benda uji precast 2 mempunyai lendutan 16 mm pada beban 169,2 kn sedangkan pada benda uji konvensional 1 mempunyai lendutan 47 mm pada beban 145,5 kn dan benda uji 2 mempunyai lendutan 40 mm pada beban 144,7.kn

Kata kunci : prestressed, precast, boned nonprestressed, concrete

### PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya perkembangan dalam dunia konstruksi bangunan, sangatlah perlu kiranya diadakan suatu bentuk inovasi di bidang konstruksi tersebut. Penelitian terdahulu telah banyak memberikan kemudahan-kemudahan dalam pelaksanaan konstruksi bangunan, bahkan sampai dapat meminimalkan biaya konstruksi. Penelitian dan penemuan dalam bidang pelaksanaan dan bidang struktur banyak dijumpai di Jurnal ACI (American Concrete Institute ) ataupun Jurnal PCI (Precast/ prestressed Concrete Institute ). Salah satu bagian yang terpenting dalam struktur bangunan precast adalah kemudahan dalam pelaksanaan konstruksi bangunan

(erection) dengan menggunakan sambungan (joint) pada elemen balok atau kolom dalam stuktur bangunan. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Jay E Ochs dan M.R.Ehsani mengenai sistim sambungan pada daerah momen tumpuan maximum pada balok precast dengan menggunakan pelat siku sebagai material sambungannya. Dengan adanya penelitian tersebut jelas sekali akan mempermudah dan meminimalkan biaya dalam pelaksanaan konstruksi bangunan. Namun faktor terpenting yang harus diperhatikan dari semua penelitian adalah factor kekuatan dan daktilitas elemen struktur (strength and ductility).

Disini peneliti akan mencoba untuk mengadakan penelitian yang akan

menghasilkan suatu kemudahan dalam sistim erection tanpa mengurangi kekuatan dan daktilitas elemen struktur yaitu penelitian balok precast sederhana pada daerah momen lapangan maximum dengan sistim double lapsplices yaitu sistim sambungan lewatan yang dilokasikan di daerah momen lapangan maximum pada balok precast sederhana dengan sambungan basah ( wet joint ) dimana akan dilakukan analisis mengenai kekuatan (Strength) dari elemen balok tersebut. Pada sambungan tersebut akan dilakukan grouting dengan percampuran antara bahan grouting nonshrinkage (tidak susut) dengan coarse aggregate (agregat kasar). Percampuran tersebut akan dilakukan dengan prosentase agregat kasar 50% berat Sika Grout 215. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya. Diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini akan dihasilkan suatu bentuk kemudahan dalam pelaksanaan kontruksi bangunan (erection) yang tidak meninggalkan kekuatan (strength) dan daktilitas dari balok tersebut.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Tension Splices**

Kerusakan pada beton ( splitting ) yang berbahaya pada sambungan sistim splices adalah pada daerah ujung-ujung dari sambungan tulangan tersebut<sup>(2,3,4)</sup>. Untuk menghindari hal tersebut, tulangan horizontal pada sengkang bagian bawah akan memberikan kekuatan terhadap gaya-gaya yang terjadi oleh geser, tarik diagonal.

Stock telah melakukan penelitian dan menyatakan bahwa gaya transfer terbesar berada pada daerah ujung-ujung sambungan splices tersebut.

ACI (American Concrete Institute) memberikan syarat-syarat untuk sambungan splices.

### **Compresion Splices**

Besarnya gaya yang terjadi pada daerah compression splices tidak sama dibandingkan dengan kasus pada tension splices. Dimana gaya yang terjadi pada tension splices akan lebih besar dibandingkan dengan compression splices. Perpanjangan tulangan splices pada daerah compression splices dapat diambil sebesar  $l_d$  atau  $0,07.f_y.d_b$  untuk  $f_y$  420 Mpa atau kurang<sup>(2,3,4)</sup>.

Pada penelitian sambungan welded embedded middle dry joint ini akan ditinjau mengenai :

Analisa balok lentur dengan tinjauan single reinforce, analisa geser, analisa perpanjangan tulangan tarik dan tekan.

### **Grouting**

Grouting pada balok precast dengan sistim bonded nonprestressed memegang peranan sangat penting dalam menciptakan kekuatan lentur dan geser. Ikatan antara beton dan tulangan disini sangat dipengaruhi oleh jenis bahan grouting tersebut. Begitu pula dengan bahan ikatan antara beton lama dan beton baru.

Peneliti rencana akan menggunakan bahan untuk grouting produksi SIKA yaitu SikGrout 215 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Compressive Strength 712 Kg/cm<sup>2</sup>

Flexural Strength 58,6 Kg/cm<sup>2</sup>

### **Analisa Balok Lentur dengan Tinjauan Single Reinforce**

Dalam analisa ini peneliti menginginkan adanya suatu bentuk keruntuhan yang bersifat tension failure yaitu di mana tulangan akan lebih dulu leleh dibandingkan dengan betonnya.

ACI 318-95M memberikan rumusan sederhana sebagai berikut:

Kondisi Balance :

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho = \frac{A_s}{b.d} < \rho_b \quad \rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

$$A_s \min = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y} b.w.d \quad a = \frac{A_s.f_y}{0,85.f_c'.b}$$

$$M_n = A_s.f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

Dimana :

$\rho_b$  = ratio tulangan dalam kondisi balance

$\rho$  = ratio tulangan yang ada

### Analisa Geser Pada Balok

Pada elemen balok, gaya geser adalah hal yang sangat penting untuk terjadinya suatu integritas struktur. Beban –beban luar pada balok sebahagian akan ditransfer ke beton ( $V_c$ ) dan sebahagian lagi akan ditransfer ke tulangan geser ( $V_s$ ).

Rumusan untuk geser secara umum adalah :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

$\phi V_n$  = geser nominal

$V_u$  = faktor geser

Untuk elemen yang menahan geser dan lentur ACI memberikan rumusan sebagai berikut :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b.w.d$$

Jarak untuk tulangan geser tidak boleh lebih dari  $\frac{1}{2} d$ , di mana  $d$  adalah jarak lengan dari serat atas beton tertekan ke sentral dari tulangan tertarik.

Luas tulangan geser minimum adalah sebagai berikut <sup>(2)</sup>:

$$A_v = \frac{1}{3.f_y} \sqrt{f_c'} b.w.s$$

Dimana :

$s$  = jarak tulangan geser

Untu desain tulangan geser ACI memberikan rumusan sebagai berikut:

$$V_s = \frac{A_v.f_y.d}{s} < \frac{1}{4} \sqrt{f_c'} b.w.d$$

### Analisa Perpanjangan Tulangan Ld

Untuk perpanjangan tulangan Ld pada daerah tarik, ACI memberikan rumusan sebagai berikut :

$$L_d = \frac{12.f_y.\alpha.\beta.\lambda.db}{25\sqrt{f_c'}} \geq 12 \text{ in}$$

$\alpha$  = Reinforce Location factor = 1

$\beta$  = Coating factor = 1

$\lambda$  = lighthweight concrete factor = 1

Untuk perpanjangan tulangan Ld pada daerah tekan ACI memberikan rumusan sebagai berikut :

$L_d = 0,07.f_y.db$  untu  $f_y$  sebesar 420 Mpa atau kurang atau 300 mm

Defleksi

Tinjauan terhadap defleksi sangatlah diperlukan. Hal ini untuk menunjukan tingkat kemampuan struktur dalam menahan lentur yang terjadi pada balok dimana hal itu berhubungan dengan kekakuan dari struktur tersebut.ACI 318-02<sup>(2)</sup> mempunyai dua metoda yaitu

a. Metoda Limiting Span/Thickness Ratios

Untuk balok-balok dan pelat lantai satu arah, syarat deflection dapat dianggap sesuai bila memenuhi ketentuan tebal atau tinggi minimum dari balok atau oelat lantai sebagai berikut:

Tabel 2.1.

Elemen	Minimum Tebal , h			
	Simply Support	One End Contin	Both End Contin	Cantile ver
Solid OneWay Slab	L/20	L/24	L/28	L/10
Beams Or Ribbed oneway slab	L/16	L/18,5	L/21	L/8

b. Metoda Limiting Computed Deflections

Untuk balok-balok dan pelat lantai satu arah, syarat deflection dapat dianggap sesuai bila melalui perhitungan dan hasil perhitungan itu akan dibatasi oleh kondisi-kondisi yang telah ditetapkan ACI ( American Concrete Institute ) yaitu  $L/360$  <sup>(2)</sup>.

Untuk perhitungan dalam metoda ini dapat dilakukan sebagai berikut : <sup>(5)</sup>

$$I_g = \frac{1}{12} b \cdot h^3 \quad I_{cr} = \frac{1}{3} b \cdot x^3$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} \quad M_{cr} = f_r \cdot \frac{I_g}{y_t}$$

$$I_e = \left( \frac{M_{cr}}{M_{max}} \right)^3 \cdot I_g + \left[ 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_{max}} \right)^3 \right] \cdot I_{cr}$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} \quad \delta_D = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$\delta_L = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

Di mana :

$I_g$  = Momen Inersia penampang

$I_{cr}$  = Momen Inersia Penampang Retak

$f_r$  = Modulus Rupture

$M_{cr}$  = Momen Retak

$I_e$  = Momen Inersia Penampang Efektif

$E_c$  = Modulus Elastisitas Beton

$\delta_D$  = Defleksi oleh beban merata

$\delta_L$  = Defleksi oleh beban hidup

**TUJUAN PENELITIAN**

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah

Untuk menentukan kekuatan pada balok *precast* tersebut dengan sambungan sistim *double lapslices middle wet joint* dengan *grouting* percampuran antara bahan *nonshrinkage* dan *coarse aggregate*

Untuk menentukan defleksi balok *precast* tersebut dengan sambungan sistim *double lapslices middle wet joint* dengan *grouting* percampuran antara bahan *nonshrinkage* dan *coarse aggregate*

**METODE PENELITIAN**

**Tempat Penelitian dan Alat Yang Digunakan**

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Kontruksi dan Bahan Politeknik Negeri Jakarta, dengan menggunakan alat – alat sebagai berikut:

- Cetakan silinder
- Cetakan Balok
- Mesin Molen
- Slump Test
- Universal Testing Machine (UTM )

**Bahan-Bahan Yang Digunakan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Mutu beton K 400
- Besi beton diameter 13 mm
- Besi beton diameter 8 mm

**Prototype Benda Uji**

Prototype dari benda uji adalah benda uji berbentuk balok dengan panjang 150 cm, lebar 17 cm dan tinggi balok 30 cm. Benda uji ini akan didesain dengan menggunakan tulangan berdiameter 13 mm untuk tulangan lenturnya dan diameter 8 mm untuk tulangan gesernya. Untuk mutu beton digunakan mutu beton rencana adalah K400. Jumlah benda uji yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 : Jumlah Benda Uji

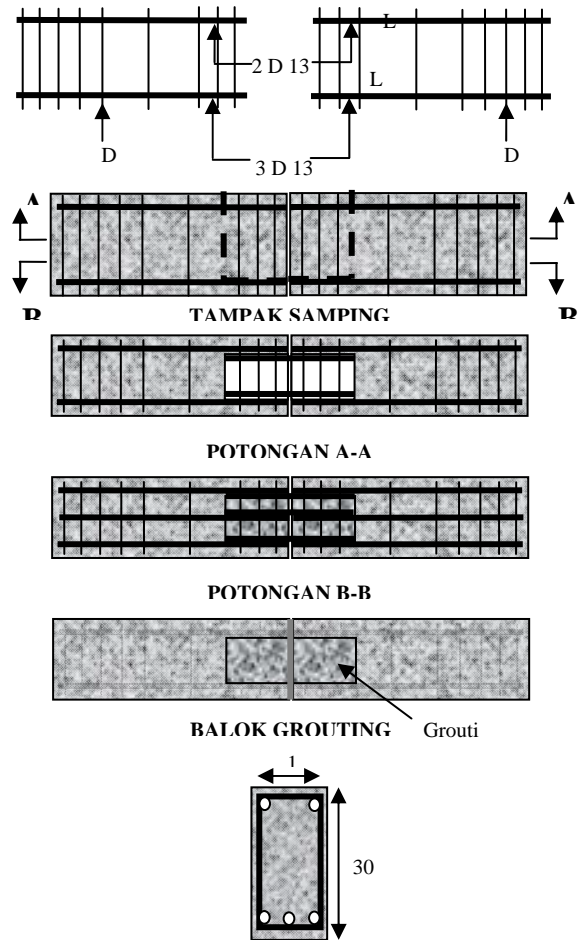
	Benda Uji	Jumh	Tul. Utama	Seng kang
1	Benda Uji 1 dan 2 (Konvensional)	2 buah	3 D 13	d 8
2	Benda Uji 3 dan 4 (Precast)	2 buah	3 D 13	d 8

Tabel 4.2: Camp Agregat Kasar Thp Sika Grout 215

No	Campuran	Prosen berat Agregat terhadap berat SIKA Grout 215
1	Campuran	50%

Benda uji nomor 3 dan 4 adalah benda uji balok precast yang akan dilakukan penyambungan dengan sistim *double lapsplices middle wet joint* dengan *grouting* percampuran antara bahan *nonshrinkage* dengan agregat kasar. Sedangkan benda uji nomor 1 dan 2 adalah benda uji balok konvensional, di mana balok ini sebagai pembanding dalam menentukan kekuatan dan defleksi balok benda uji nomor 3 dan 4.

Untuk lebih jelasnya mengenai pembesian, penyambungan, pengecoran dan penggroutingnya dapat dilihat gambar prototype balok sebagai berikut:

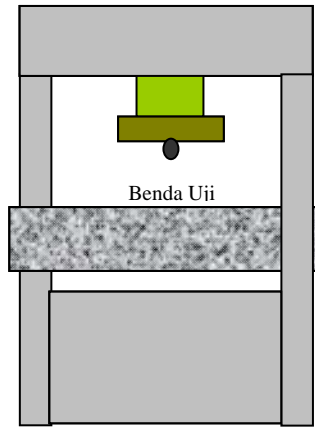


Gbr 4.1 : Prototype Benda Uji

**Metode Pengujian**

Untuk metoda pengujian ini mengacu pada peraturan ASTM C78-02, peneliti akan menggunakan alat UTM ( Universal Testing Machine ) dengan kondisi seperti gambar dibawah ini.

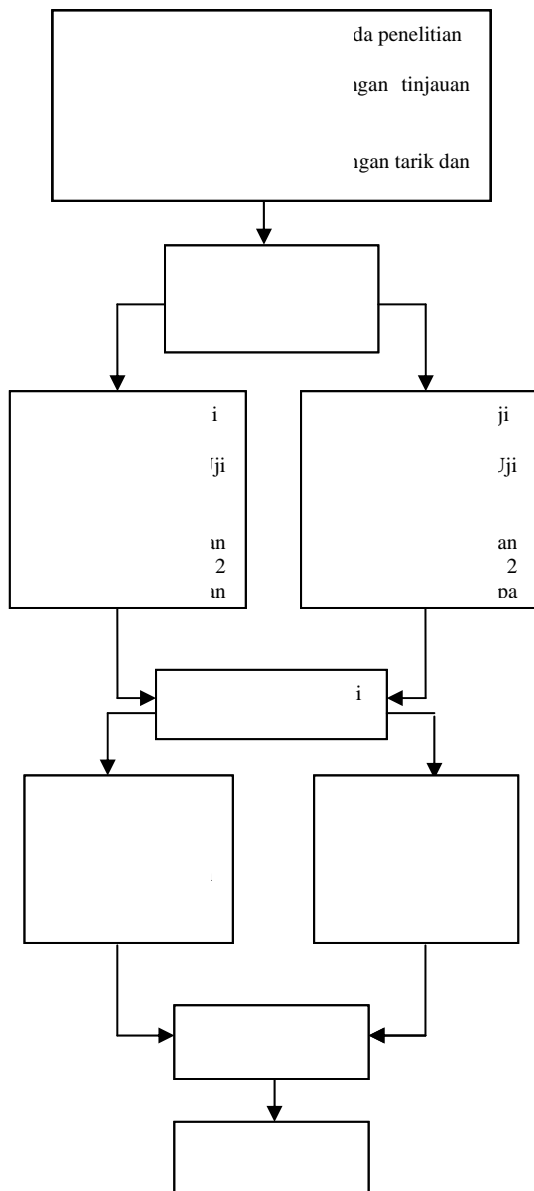
Untuk melihat sketsa pengujian pada alat UTM dapat dilihat gambar dibawah ini.



Gbr 4.3. Sketsa Pengujian

**Langkah Kerja**

Langkah kerja yang dilakukan adalah seperti diagram dibawah ini



**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Uji Silinder**

Adapun hasil dari pengetestan umur 28 hari adalah sebagai berikut:

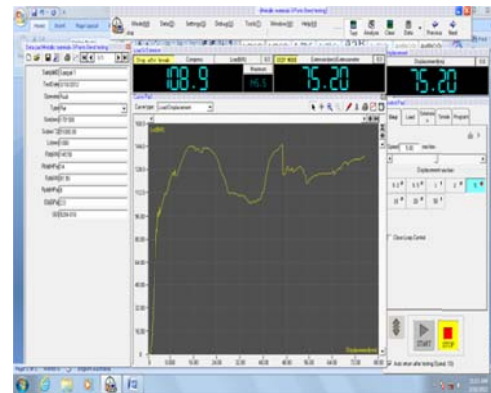
Tabel 5.1 Hasil Uji Test Silinder

No	Benda Uji	fc'	Rata2 fc'	Ec
		Mpa	Mpa	Mpa
1	Kon.1A	45,29	46,71	32.121,72
2	Kon.1B	48,12		
3	Kon.2A	50,96	48,41	32.700,53
4	Kon 2B	45,86		
5	Pre.3A	50,39	47,84	32.508,74
6	Pre.3B	45,29		
7	Pre.4A	47,56	49,68	33.128,01
8	Pre.4B	51,80		
9	Grouting	52,65	52,65	34.104,62

Rata rata kuat tekan dari 8 benda uji silinder adalah 48,16 Mpa

Untuk hasil uji yield strength dari tulangan didapat fy 360 Mpa

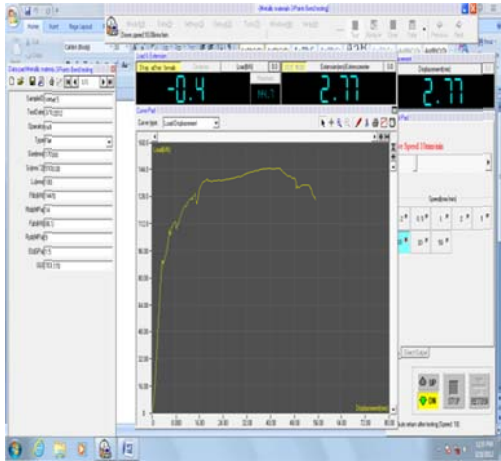
Hasil Uji Lentur Benda Uji Konvensional dan Precast



Gambar.5.1 Grafik Pembebanan B.Uji Konvensional 1



Gambar.5.2 Keruntuhan B.Uji Konvensional 1



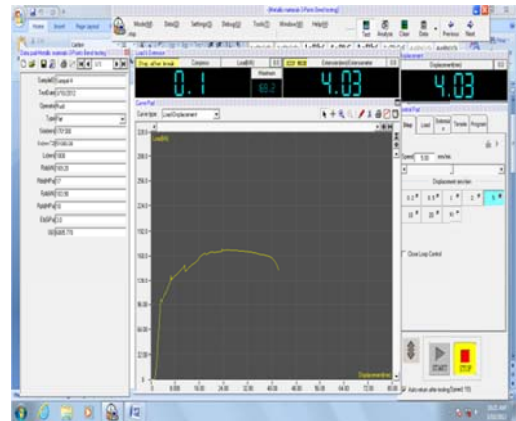
Gambar.5.3 Grafik Pembebanan B.Uji Konvensional 2



Gambar.5.6 Keruntuhan B.Uji Precast 1



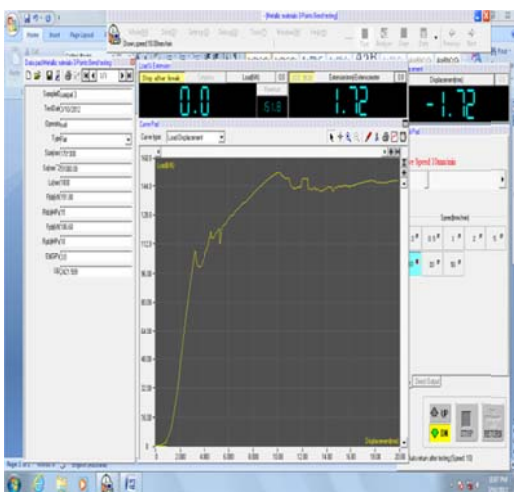
Gambar.5.4 Keruntuhan B.Uji Konvensional 2



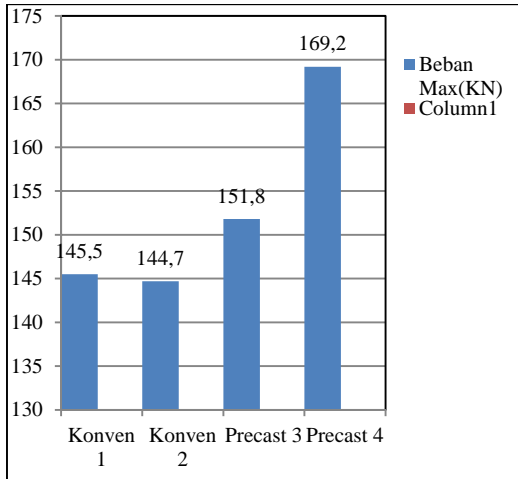
Gambar.5.7 Grafik Pembebanan B.Uji Precastl 2



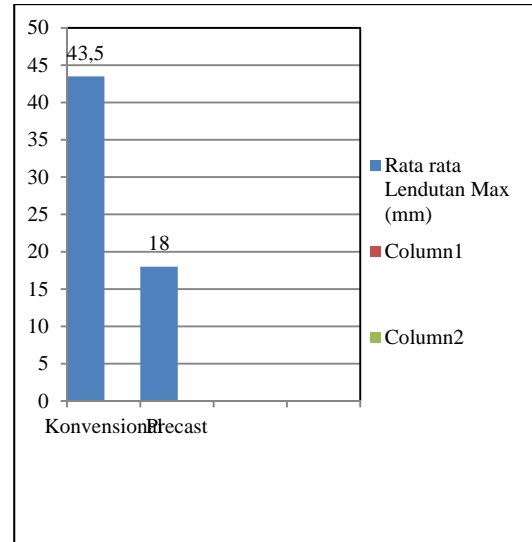
Gambar.5.8 Keruntuhan B.Uji Precastl 2



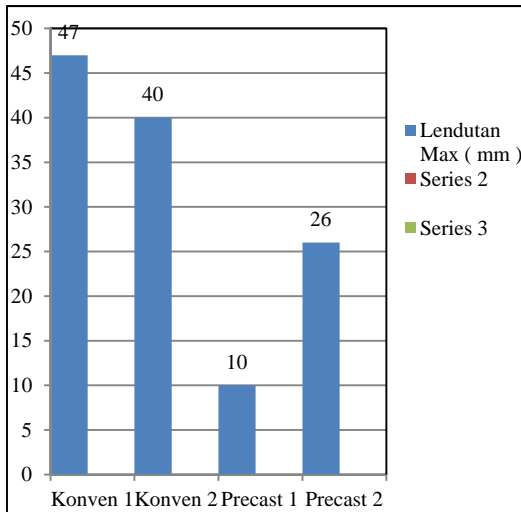
Gambar.5.5 Grafik Pembebanan B.Uji Precastl 1



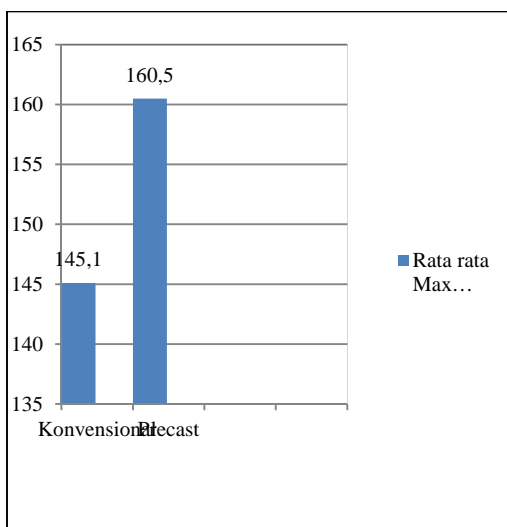
Gambar.5.9 Grafik Pembebanan B.Uji Konvensional dan Precastl



Gambar.5.12 Grafik Rata rata Lendutan Max B.Uji Konvensional dan Precastl



Gbr.5.10 Grafik Lendutan B.Uji Konvensional dan Precastl



Gbr.5.11 Grafik Rata Beban max B.Uji Konvensional dan Precastl

### Pembahasan

Peneliti akan membahas hasil penelitian satu persatu dimulai dari benda uji balok konvensional kemudian tahap selanjutnya ke benda uji balok precast. Pembahasan mengenai performa yang dihasilkan oleh kedua sistem balok tersebut, mulai dari masing-masing balok kemudian performa balok secara keseluruhan.

#### Benda uji balok konvensional 1

Dari hasil pembebanan yang dihasilkan, terlihat performa balok yang tidak stabil setelah leleh awal tercapai. Awal leleh terjadi pada saat pembebanan lebih kurang 96 KN. Setelah awal leleh tercapai, performa balok tidak stabil sampai mencapai regangan maksimal beton pada saat pembebanan maksimal tercapai sebesar 145,5 KN.

Displacement yang terjadi pada saat awal leleh adalah 4 mm, dan pada saat beban maksimal tercapai lendutan maksimal adalah 47 mm.

Dari gambar yang ada terlihat tercapainya crushing beton pada daerah tekan, artinya adanya kerusakan yang terjadi baik pada daerah tekan maupun pada daerah tarik dari balok konvensional tersebut (balance).



### Benda uji balok konvensional 2

Dari hasil pembebanan yang dihasilkan, terlihat performa balok yang lebih stabil dibandingkan dengan balok konvensional 1 setelah leleh awal tercapai. Awal leleh terjadi pada saat pembebanan lebih kurang 92 KN. Setelah awal leleh tercapai, performa balok kurang stabil sampai mencapai regangan maksimal beton pada saat pembebanan maksimal tercapai sebesar 144,7 KN.

Displacement yang terjadi pada saat awal leleh adalah 3 mm, dan pada saat beban maksimal tercapai lendutan maksimal adalah 40 mm.

Dari gambar yang ada terlihat tercapainya sedikit crushing beton pada daerah tekan, artinya adanya kerusakan yang terjadi baik pada daerah tekan maupun pada daerah tarik dari balok konvensional tersebut (balance).

### Benda Uji Balok Precast 1

Dari hasil pembebanan yang dihasilkan, terlihat performa balok yang lebih stabil dibandingkan dengan balok konvensional setelah leleh awal tercapai. Awal leleh terjadi pada saat pembebanan lebih kurang 108 KN. Setelah awal leleh tercapai, performa balok kurang stabil sampai mencapai regangan maksimal beton pada saat pembebanan maksimal tercapai sebesar 151,8 KN.

Displacement yang terjadi pada saat awal leleh adalah 3,5 mm, dan pada saat beban maksimal tercapai lendutan maksimal adalah 10 mm.

Dari gambar yang ada terlihat tidak terjadi crushing beton pada daerah tekan, artinya tidak adanya kerusakan yang terjadi pada daerah tekan akan tetapi kerusakan terjadi pada daerah tarik dari balok precast tersebut ( underreinforce ).

### Benda Uji Balok Precast 2

Dari hasil pembebanan yang dihasilkan, terlihat performa balok yang stabil dibandingkan dengan balok konvensional setelah leleh awal tercapai. Awal leleh terjadi pada saat pembebanan lebih kurang 104 KN. Setelah awal leleh tercapai, performa balok tetap stabil sampai mencapai regangan maksimal beton pada saat pembebanan maksimal tercapai sebesar 169,2 KN.

Displacement yang terjadi pada saat awal leleh adalah 3 mm, dan pada saat beban maksimal tercapai lendutan maksimal adalah 26 mm.

Dari gambar yang ada terlihat tidak terjadi crushing beton pada daerah tekan, artinya tidak adanya kerusakan yang terjadi pada daerah tekan akan tetapi kerusakan terjadi pada daerah tarik dari balok precast tersebut ( underreinforce ).

Dari hasil analisis secara keseluruhan dapat dikatakan performa balok precast lebih baik dibandingkan dengan balok konvensional.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Dari hasil yang dicapai oleh seluruh benda uji dihasilkan bahwa kekuatan atau performa balok *precast* dengan sambungan sistim *double splices middle wet joint* menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan dengan balok konvensional
2. Lendutan yang dihasilkan oleh balok konvensional menunjukkan lebih besar dibandingkan dengan lendutan yang dihasilkan oleh balok *precast* dengan sambungan sistim *double splices middle wet joint*

### Saran

1. Bila sistim sambungan ini digunakan, harap diperhatikan

mengenai umur beton yang dikerjakan, *bonded non prestressed* yang dihitung termasuk tulangan geser dan pelaksanaannya

2. Untuk lebih sempurna agar penelitian ini dilanjutkan dengan menggunakan strain gauge agar diketahui duktilitas dan kurvatur yang terjadi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nadim, M and Akthem ( 2008), **Structural Concrete theory and design**, John Wiley and Sons, USA
- [2] ACI Committee 318 ( 2005 ), **Building Code Requirements for Structure and Commentary**, American Concrete Institute, Detroit
- [3] SK SNI 03 ( 2002 ), **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**, Badan Standardisasi Nasional ( BSN )