

BALOK PRECAST SEGMENTAL DENGAN SISTIM SAMBUNGAN BONED NONPRESTRESSED

A.Rudi Hermawan dan Eka S.M.

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta Kampus Baru UI, Depok

Abstrak

Pada penelitian sambungan (*boned nonprestressed*) 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 tidak lebih baik, hal itu dibuktikan pada kurva hubungan lendutan-beban rata-rata antara benda uji 1,2,3 dengan benda uji 4,5,6. Dari kurva yang ada diketahui bahwa rata-rata benda uji balok *precast* 1,2,3 menghasilkan beban maksimal 22,7 KN pada lendutan 6 mm sedangkan pada kurva rata-rata benda uji balok konvensional 4,5,6 menghasilkan beban maksimal 32,7 KN.

Kata Kunci : *Prestressed, precast, boned nonprestressed, concrete*

PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya perkembangan dalam dunia kontruksi bangunan, tidak jarang banyak ditemukan penyimpangan-penyimpangan dalam pelaksanaan sambungan lewatan pada tulangan balok. Hal itu sangatlah berbahaya terhadap keselamatan penghuni dari suatu bangunan karena dapat terjadi keruntuhan fatal bangunan tersebut. Untuk itu sangatlah perlu kiranya dilakukan suatu bentuk penelitian sambungan lewatan pada elemen balok.. Penelitian dan penemuan dalam bidang pelaksanaan dan struktur banyak dijumpai di Jurnal ACI (*American Concrete Institute*) ataupun Jurnal PCI (*Precast / prestressed Concrete Institute*). Salah satu bagian yang terpenting dalam struktur bangunan adalah kemudahan pelaksanaan kontruksi bangunan dengan sistim sambungan pada elemen balok atau kolom dalam stuktur bangunan. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Jay E Ochs dan M.R.Ehsani⁽⁸⁾ 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 kontruksi bangunan. Namun faktor terpenting yang harus dihasilkan dari semua penelitian

adalah kekuatan dan daktilitas (*strength and ductility*).

Disini peneliti telah mengadakan penelitian balok sederhana pada daerah momen lapangan maximum dengan sistim *boned nonprestressed* yaitu sistim sambungan dengan *grouting nonshrinkage* yang dilokasikan di daerah momen lapangan maximum pada balok sederhana. Diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini akan dihasilkan suatu bentuk kemudahan dalam pelaksanaan kontruksi bangunan yang tidak meninggalkan kekuatan dari balok tersebut.

Sambungan Boned Nonprestressed Pada Balok Precast

Tension Bonded nonprestressed

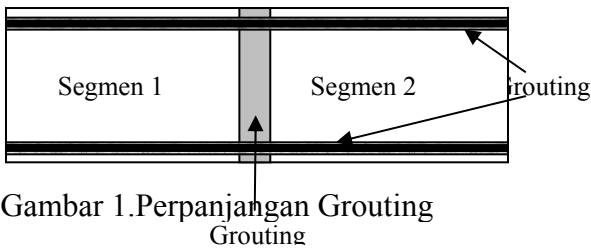
Hal yang sangat menentukan kekuatan lentur dari balok *precast* segmental sistim *bonded nonprestressed* adalah pada sistim ikatan (*bonded*) antara beton dan tulangan. Untuk itu ACI dan SKNI telah mengatur untuk panjang daerah ikatan (*bonded*) antara beton dan tulangan yaitu

$$L_d = \left(\frac{18 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot d_b}{25 \cdot \sqrt{f_c'}} \right) > 300 \text{ mm}$$

Dimana :

- \square = Reinforcement location factor
- $\square \square$ Coating factor
- $\square \square$ Lighthweigth aggregate concrete factor

db = Nominal diameter tulangan
 fc' = Mutu beton (MPa)



Gambar 1. Perpanjangan Grouting

Compression Bonded nonprestressed

Besarnya gaya yang terjadi pada daerah *compression bonded nonprestressed* tidak sama dibandingkan dengan kasus pada *tension bonded nonprestressed*. Dimana gaya yang terjadi pada *tension bonded nonprestressed* akan lebih besar dibandingkan dengan *compression bonded nonprestressed*. Perpanjangan tulangan *bonded nonprestressed* pada daerah *compression bonded nonprestressed* dapat diambil sebesar:

$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot db}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} \right) > 200mm^{(2,3)}$$

Dimana:

f_y = Tegangan leleh tulangan (Mpa)
 db = Nominal diameter tulangan
 fc' = Mutu beton (MPa)

Pada penelitian sambungan *bonded nonprestressed* 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/cm²
- *Flexural Strength* 58,6 Kg/cm²

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 :

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \rho_{b1} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{bmax} = 0,75 \rho_b$$

$$A_s \min = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} b \cdot d$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

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

Dimana :

ρ_b = rasio tulangan dalam kondisi balance

ρ = rasio 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 :

$$V_n \geq V_u \quad V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

V_n = geser nominal

V_u = faktor geser

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

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

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 ⁽²⁾ :

$$A_v = \frac{1}{3 \cdot f_y} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot s$$

Dimana :

s = jarak tulangan geser

Untuk desain tulangan geser ACI memberikan rumusan sebagai berikut:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} < \frac{1}{4} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Analisa Perpanjangan Tulangan Ld

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

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

- Reinforce Location factor = 1
- Coating factor = 1
- lightweight concrete factor = 1

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

$$L_d = 0,07 \cdot f_y \cdot d_b \text{ untu } f_y \text{ sebesar } 420 \text{ Mpa atau kurang atau } 300 \text{ mm}$$

Defleksi

Tinjauan terhadap defleksi sangatlah diperlukan. Hal ini untuk menunjukkan tingkat kemampuan struktur dalam menahan lentur yang terjadi pada balok dimana hal itu berhubungan dengan kekakuan dari struktur tersebut. ACI 318-02⁽²⁾ 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 pelat lantai sebagai berikut:

Tabel 2.1.

Elemen	Simpl y Suppo rt	Minimum Tebal , h		
		One End Contin.	Both End Contin.	Cantilever
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 ⁽²⁾.

Untuk perhitungan dalam metoda ini dapat dilakukan sebagai berikut :⁽⁵⁾

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

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

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

E_c

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$\delta_D = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad \delta_L = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

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

δ_D = Defleksi oleh beban merata

δ_L = Defleksi oleh beban hidup

Tujuan dari penelitian ini adalah

- a. Untuk mengetahui kuat lentur balok precast dengan sistim sambungan boned nonprestressed lalu membandingkannya dengan kuat lentur sistim konvensional

- b. Untuk mengetahui defleksi balok precast dengan sistim sambungan boned nonprestressed lalu membandingkannya dengan defleksi sistim konvensional

Manfaat yang sangat berkaitan adalah untuk menambah pengetahuan dan teknologi dalam sistim sambungan, selain bagi para akademis maupun bagi para pelaku konstruksi di Indonesia.

Bagi para konstruktor bangunan di Indonesia, untuk saat ini dituntut untuk dapat memberikan pelayanan yang sangat memuaskan bagi para pelanggannya dan itu menjadi suatu motto para kontraktor di Indonesia bahkan di Dunia. Untuk itu agar tercapainya maksud tersebut di atas, maka kontraktor saat ini harus dapat mendesain bangunan selain membangunnya atau dalam istilah lain adalah design and built. Untuk itu, hasil dari penelitian di sini dapat membantu para kontraktor dan para konsultan untuk mendesain elemen balok precast pada sambungan di tengah.

Sasaran yang dianggap strategis adalah para akademis dan para konstruktor struktur. Bagi para akademis, penelitian ini dapat dijadikan pengetahuan tambahan dalam mata kuliah Kontruksi Beton ataupun mata kuliah Teknologi Kontruksi. Sedangkan bagi para pelaku konstruksi, seperti sudah dijelaskan di muka, penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam pelaksanaan konstruksi khususnya struktur beton agar tidak terjadi kesalahan dalam penyambungan tulangan pada balok sederhana sistim konvensional dan precast.

METODE PENELITIAN

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

- Cetakan Kubus
- Mesin Molen
- Dialgate
- Universal Testing Machine (UTM)
- Dan lain-lain



Gambar 4.1 *Universal Testing Machine*
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Mutu beton K 300
- Besi beton diameter 10 mm dan 8 mm, Multiplek 12 mm



Gambar 4.2 Balok setelah di cor



Gambar 4.3 Benda Uji kubus Beton

Prototype Benda Uji

Prototype dari benda uji adalah berbentuk balok dengan panjang 120 cm, lebar 12 cm dan tinggi balok 15 cm. Benda uji ini akan didesain dengan menggunakan tulangan berdiameter 10 mm untuk tulangan lenturnya dan diameter 8 mm untuk tulangan gesernya. Untuk mutu beton adalah K300. Jumlah benda uji yang akan dilakukan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

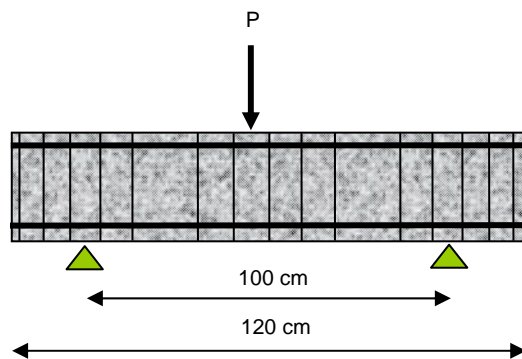
Tabel 4.1 : Jumlah Benda Uji

No	Benda Uji	Jumlah	Tul. Utama	Sengkang
1	Benda Uji 1 (Boned nonprestressed)	3 buah	2 D 10	d 8
2	Benda Uji 2 (Normal)	3 buah	2 D 10	d 8

Benda uji nomor 1 adalah benda uji balok precast yang akan dilakukan penyambungan dengan sistim boned nonprestressed joint. Sedangkan Benda uji nomor 2 adalah benda uji balok konvensional tanpa sambungan (normal), di mana balok ini sebagai pembandingan dalam menentukan kekuatan dan defleksi balok benda uji nomor 1.

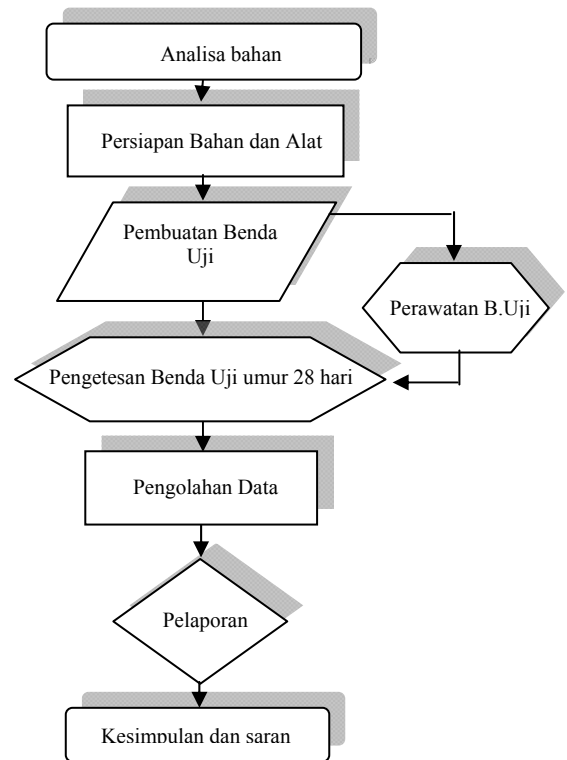
Metoda Pengujian

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



Langkah Kerja

Langkah kerja yang dilakukan adalah seperti diagram dibawah ini.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil dari pengetesan adalah sebagai berikut:

Tabel 5.1 Hasil test pembebanan pada balok precast

No	Benda Uji Precast						Rata-rata	
	Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Len d	Bbn
	Len d	Bbn	Len d	Bbn	Len d	Bbn		
mm	KN	mm	KN	mm	KN	mm	KN	
1	0	0	0	0	0	0	0	0,0
2	1	10	1	9	1	8	1	9,0
3	2	15	2	15	2	14	2	14,7
4	3	17	3	20	3	19	3	18,7
5	4	18	4	22	4	21	4	20,3
6	5	19	5	23	5	23	5	21,7
7	6	20	6	24	6	24	6	22,7

Tabel 5.2 hasil test pembebanan pada balok konvensional

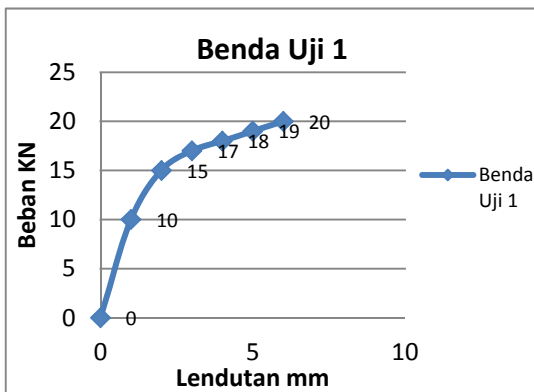
No	Benda Uji Konvensional						Rata-rata	
	Benda Uji 4		Benda Uji 5		Benda Uji 6		Len d	Bbn
	Len d	Bbn	Len d	Bbn	Len d	Bbn		
mm	KN	mm	KN	mm	KN	mm	KN	
1	0	0	0	0	0	0	0	0,0
2	1	9	1	8	1	8	1	8,3
3	2	16	2	15	2	16	2	15,7
4	3	23	3	23	3	22	3	22,7
5	4	27	4	29	4	26	4	27,3
6	5	30	5	34	5	30	5	31,3
7	6	31	6	35	6	32	6	32,7

Sedangkan hasil pengujian benda uji kubus 15 x 15 adalah sebagai berikut:

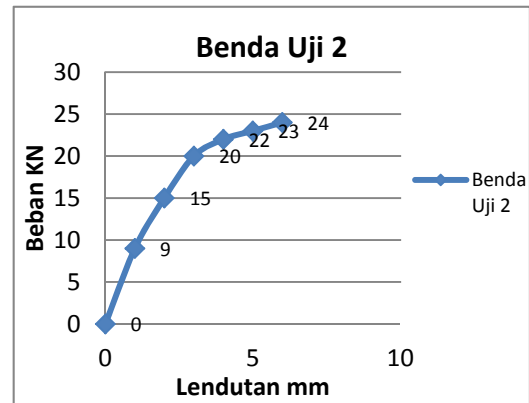
Tabel 5.3 Hasil test kuat tekan kubus 15 x15

No	Tgl Test	Tgl Cor	Brt	Bbn	Ac	Kuat Tekan	Ket.
			Kg	Kg	Cm2	Kg/cm ²	
1	3-9-10	06/08/2009	8,03	76000	225	338	Konven.
			7,92	68500	225	304	
2	5-9-10	08/08/2009	8,14	75000	225	333	Precast
			8,12	75450	225	335	

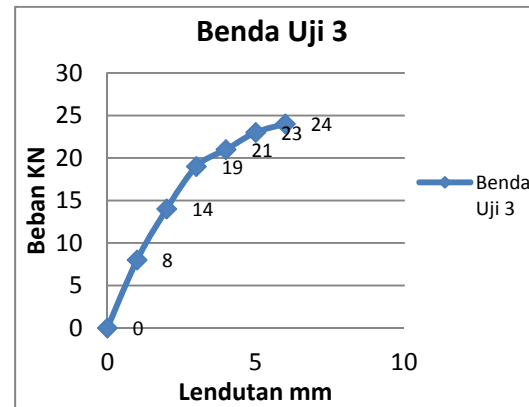
Bentuk grafik adalah sebagai berikut :



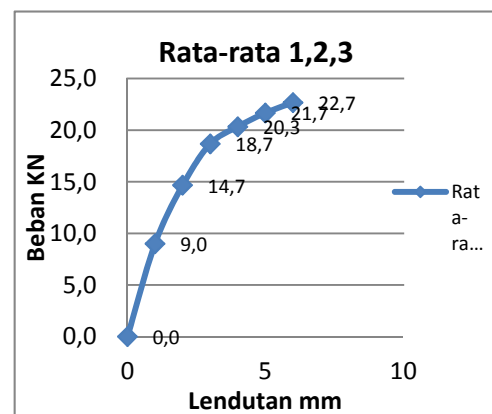
Gambar 5.1 Kurva lendutan vs beban Hasil benda uji 1



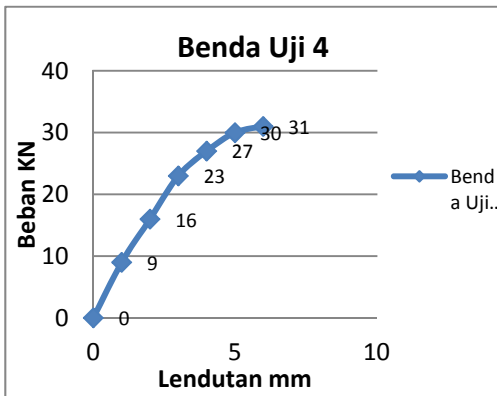
Gambar 5.2. Kurva lendutan vs beban Hasil benda uji 2



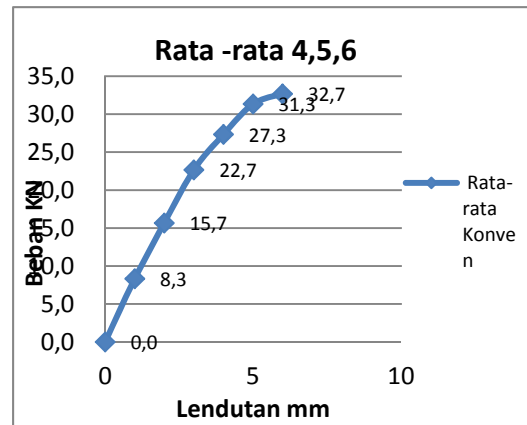
Gambar 5.3 Kurva lendutan vs beban Hasil benda uji 3



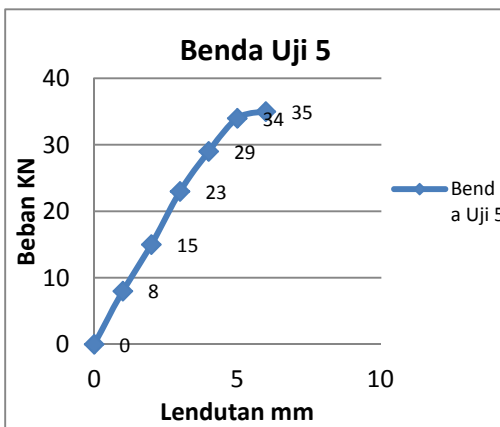
Gambar 5.4 Kurva lendutan vs beban Hasil benda uji rata-rata precast



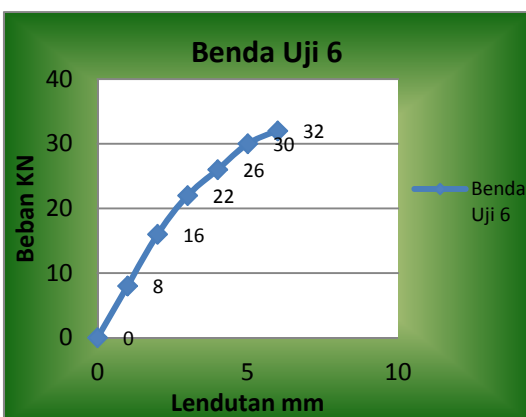
Gambar 5.5 Kurva lendutan vs beban Hasil benda uji 4



Gambar 5.8 Kurva lendutan vs beban Hasil benda uji rata-rata konvensional



Gambar 5.6 Kurva lendutan vs beban Hasil benda uji 5



Gambar 5.7 Kurva lendutan vs beban Hasil benda uji 6

Dari hasil yang telah diperlihatkan pada tabel 5.1 dan tabel 5.2 di atas menunjukkan suatu penampilan atau performa dari balok *precast* yang disambung di tengah bentang dengan sistem *bonded non prestressed* adalah tidak lebih baik dibandingkan dengan balok konvensional. Hal itu diperlihatkan dengan pencapaian beban maksimal yang dicapai oleh masing-masing benda uji pada lendutan yang sama.

Pada benda uji 1 yaitu benda uji balok *precast* dengan sambungan sistem *bonded non prestressed*, beban maksimal yang dicapai pada lendutan sebesar 6 mm adalah sebesar 20 KN. Pada benda uji 2 yaitu benda uji balok *precast* dengan sambungan sistem *bonded non prestressed*, beban maksimal yang dicapai pada lendutan sebesar 6 mm adalah sebesar 24 KN. Pada benda uji 3 yaitu benda uji balok *precast* dengan sambungan sistem *bonded non prestressed*, beban maksimal yang dicapai pada lendutan sebesar 6 mm adalah sebesar 24 KN. Sedangkan pada benda uji rata-rata dari ketiga benda uji balok *precast* dengan sambungan sistem *bonded non prestressed*, beban maksimal yang dicapai pada lendutan sebesar 6 mm adalah sebesar 22,7 KN

Pada benda uji yaitu benda uji balok konvensional, beban maksimal yang dicapai pada lendutan sebesar 6 mm adalah sebesar 31 KN. Pada benda uji 2 yaitu benda uji balok konvensional, beban maksimal yang dicapai pada lendutan sebesar 6 mm adalah sebesar

35 KN. Pada benda uji 3 yaitu benda uji balok konvensional, beban maksimal yang dicapai pada lendutan sebesar 6 mm adalah sebesar 32 KN. Sedangkan pada benda uji rata-rata dari ketiga benda uji balok konvensional, beban maksimal yang dicapai pada lendutan sebesar 6 mm adalah sebesar 31,7KN

Dari kedua hasil tersebut di atas bila dibandingkan dari hasil rata-rata pengujian balok *precast* pada benda uji 1, benda uji 2, dan benda uji 3 dengan hasil rata-rata pengujian balok konvensional pada benda uji 4, benda uji 5, dan benda uji 6 menghasilkan beban maksimal yang dicapai pada lendutan yang sama yaitu 6 mm adalah sebesar 22,7 KN pada benda uji *precast* dan 32,7 KN pada benda uji konvensional. Maka dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa benda uji balok konvensional mempunyai performa yang lebih baik dibandingkan dengan balok *precast*.

KESIMPULAN

1. Dari hasil yang dicapai oleh seluruh benda uji dihasilkan bahwa kekuatan atau performa balok *precast* dengan sambungan sistem *bonded nonprestressed* menunjukkan performa yang tidak lebih baik dibandingkan dengan balok konvensional pada lendutan yang sama, hal itu dapat disebabkan oleh beberapa hal antara lain permukaan pipa yang sangat halus sehingga lekatan antara grouting dan permukaan pipa tidak sempurna, yang mengakibatkan slip lekatan tersebut.
2. Lendutan yang dihasilkan oleh balok konvensional menunjukkan lebih kecil dibandingkan dengan lendutan yang dihasilkan oleh balok *precast* dengan sambungan sistem *bonded nonprestressed* pada beban yang sama.

SARAN

1. Bila sistem 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 skala yang lebih besar dan menggunakan strain gauge agar diketahui perubahan yang terjadi baik pada tulangan maupun pada betonnya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bangash M.Y.H (1987), Struktural Details in Concrete, Fourt Edition, Blackwell Scientific Publication
- [2] ACI Committee 318 (2002), Building Code Requirments 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)
- [4] Park, R and Paulay T (1975), Reinforced Concrete Structures, John Wiley and Sons, USA
- [5] Wang, C and Salmon, C.G (1998), Reinforced Concrete Design, Six edition, Addison-Wesley, USA
- [6] Paulay T and Priestley MJN (1992), Seismic Design of Reinforced and Masonry Buildings, John Wiley and Sons, USA
- [7] A. Stepard David and Philip William (1989), Plant-Cast Precast and Prestressed Concrete.
- [8] Ugur Ersoy and Tankut Tugrul (July-August 1993), PCI Jurnal (Precast / Prestressed Concrete Institut)
- [9] Jack.R. Janney, Eivind Hognestad, and Douglas Mc Henry, "Ultimate Flexural Strength of Prestressed and Conventionally Reinforced Concrete Beam", ACI Journal, Proceedings, 52, February 1965, 601-620
- [10] Eivind Hognestad, N.W. Hanson, and Douglas Mc Henry, "Concrete Sress Distribution in Ultimate Strength Design", ACI Journal, Proceedings, 52, December 1955, 455-479

- [11] Hjalmar Grandbolm, "A General Flexural Theory of Reinforced Concrete, New York, Wiley, 1965
- [12] Eivind Hognestad, "Confirmation of Inelastic Stress Distribution in Concrete", Journal of Structure Division, ASCE, 83, Paper No. 1189, No ST2, March 1957
- [13] K.S Rajagopalan and P.M Ferguson, "Exploratory Shear Test Emphasizing Percentage of Longitudinal Steel, ACI Journal, Proceeding, 65, August 1968, 634-638, Disc. 66, 150-154
- [14] Michael N. Palakas, Emmanuel k, Attiogbe, and David Darwin, "Shear Strength of Lightly Reinforced T.Beam" ACI Journal, Proceeding 78, November - December 1981, 447-455