

# ANALISIS PERILAKU BALOK BETON PRACETAK DENGAN *WET JOINT* YANG MENERIMA LENTURAN

Vera A. Noorhidana<sup>1</sup>

## ABSTRACT

*The purpose of this study is to analyze behavior of wet joint precast concrete beam and compare with behavior of monolithic concrete beam experimentally. Three reinforced concrete beams (150mmx250mmx2100mm) were tested. The variable of study is the kind of steel bar connection in wet joint, they are: precast-beam using hook steel joint (BP1), precast-beam using welding steel joint (BP2), and monolithic beam (BM). Compressive strength of concrete is 45 MPa. The beams were simply supported on 1800mm clear span, and subjected to at two points load were located 600mm from the supports. The results were load-deflection curve, toughness, and crack pattern. The maximum load of BP1 is smaller than BM as about 2,751 %, besides BP2 bigger than BM as about 27,447 %. Toughness of three-beams are similar same. The beams were experienced flexural failure. Hook steel joint and welding steel joint could transferred load into precast element to the others one very well.*

*Key word: Precast concrete beam, wet joint, maximum load, toughness, crack*

## ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku balok beton pracetak sambungan basah (wet joint) dan membandingkannya dengan perilaku balok beton monolit secara eksperimental. Benda uji berupa 3 balok beton bertulang (150mmx250mmx2100mm). Variabelnya adalah jenis sambungan tulangan pada wet joint-nya, yaitu: balok pracetak dengan tulangan lewatan yang ujungnya dibengkokkan (BP1), balok pracetak dengan tulangan lewatan yang dilas (BP2), balok monolit tanpa sambungan (BM). Kuat tekan beton 45 MPa. Balok ditumpu sendi-rol dengan jarak 1800mm, kemudian diberi 2 beban terpusat pada jarak 600mm masing-masing dari tumpuan. Hasil pengujian berupa analisis grafik hubungan beban-lendutan, toughness, dan pola retak. Beban maksimum yang dapat dipikul BP1 hampir sama dengan BM (selisih 2,751%), sedangkan beban maksimum BP2 lebih besar dibandingkan BM (selisih 27,447%). Nilai toughness ketiga balok tersebut hampir sama. Ketiga balok tersebut mengalami kehancuran lentur. Kesimpulannya, kedua jenis sambungan itu dapat menyalurkan beban antar elemen pracetak dengan baik.*

*Kata kunci: balok beton pracetak, sambungan basah, beban maksimum, toughness, retak*

---

<sup>1</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Lampung

## 1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan beton sebagai konstruksi bangunan telah lama dikenal dan digunakan di berbagai negara. Disamping memiliki kuat tekan yang tinggi, beton juga memiliki ketahanan tinggi terhadap kebakaran, memiliki sifat tahan lama, *finishing* yang mudah, juga mudah dibuat dan dibentuk menurut keperluannya.

Struktur beton pracetak adalah suatu struktur beton dimana komponen dari struktur tersebut dicetak atau dibuat terlebih dahulu (prafabrikasi) kemudian dirakit atau disusun sehingga terbentuk suatu struktur yang utuh. Dalam segi waktu, mutu, dan biaya, beton pracetak lebih praktis dibandingkan beton konvensional. Bagian yang rawan dari struktur pracetak adalah pada bagian sambungan (*joint*) yang menghubungkan elemen pracetak yang satu dengan elemen pracetak lainnya. Dalam sistem beton pracetak dikenal dua jenis sambungan, yaitu sambungan basah (*wet joint*) dan sambungan kering (*dry joint*). Untuk *wet joint* (*in-situ concrete joint*), struktur yang terbentuk lebih monolit, toleransi dimensi lebih tinggi bila dibandingkan dengan *dry joint*, tetapi membutuhkan *setting time* beton cukup lama yang berpengaruh pada waktu pelaksanaan konstruksi. Pada *dry joint*, struktur yang terbentuk kurang monolit, setelah proses instalasi sambungan segera dapat berfungsi sehingga mempercepat waktu pelaksanaan konstruksi, kelemahannya: toleransi dimensi rendah sehingga membutuhkan akurasi yang tinggi selama proses produksi dan pemasangan (Noorhidana, 2001).

Penelitian ini mengembangkan sistem *wet joint* yang diterapkan pada balok pracetak. Dua balok pracetak disambung dengan yang menggunakan sambungan tulangan lewatan yang ujungnya dibengkokkan (dikait) dan tulangan lewatan yang dilas. Balok ini kemudian diberi 2 beban terpusat pada jarak masing-masing  $\frac{1}{3}$  bentang. Sambungan tersebut diletakkan di tengah bentang balok, sehingga sambungan itu menderita lenturan (momen) maksimum.

Penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Menganalisis perilaku balok beton pracetak *wet joint* dengan sambungan tulangan lewatan yang ujungnya dibengkokkan (dikait) dan tulangan lewatan yang dilas, dan membandingkan perilakunya dengan perilaku balok beton monolit, dilihat dari beban, lendutan, ketahanan lentur (*toughness*), pola retak, dan model keruntuhan.
- b. Membuktikan rumusan panjang penyaluran tulangan SKSNI T15-1991-03 Pasal 3.5.2, dapat digunakan untuk menentukan panjang *wet joint* pada balok pracetak.
- c. Membuktikan rumusan SKSNI T15-1991-03 Pasal 3.5.14 dapat digunakan untuk menentukan panjang las pada sambungan balok pracetak.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran (*development length*) adalah panjang penanaman yang digunakan untuk mengembangkan tegangan leleh dalam tulangan. SKSNI T15-1991-03



Pasal 3.5.2 memberikan nilai panjang penyaluran dasar ( $l_{db}$ ) untuk tulangan tarik tergantung dari diameter baja tulangan, mutu beton, dan mutu baja. Untuk batang deform  $d''$  36 mm yang terbebani tarik didapat dengan rumus:

$$l_d = 0,02 \frac{A_b \cdot f_y}{\sqrt{f'_c}} \dots\dots\dots (1)$$

dengan syarat  $l_{db} \geq 0,06d_b f_y$  atau 300mm

dengan:

- $l_{db}$  = Panjang penyaluran dasar (mm)
- $f_y$  = Tegangan leleh baja (MPa)
- $A_b$  = luas penampang batang tulangan (mm<sup>2</sup>)
- $f'_c$  = kuat tekan beton (MPa)

Untuk tulangan berulir, diameter nominalnya tidak dapat dihitung secara langsung dengan jangka sorong seperti pada tulangan polos, perhitungan untuk mendapatkan diameter nominal menggunakan persamaan berikut (Murdock & Brook, 1999):

$$A_b = \frac{m}{0,00785L} \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

- $A_b$  = luas penampang tulangan (mm<sup>2</sup>)
- $m$  = massa tulangan (kg)
- $L$  = panjang tulangan

## 2.2. Sambungan Tulangan Baja

SKSNI T15-1991-03 Pasal 3.5.15 memberikan nilai panjang sambungan lewatan tidak kurang dari 300 mm. SKSNI T15-1991-03 Pasal 3.5.14 memberikan bahwa suatu sambungan las mampu mengembangkan kuat tarik leleh paling tidak 125% dari kuat tarik leleh batang  $f_y$  yang ditentukan.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Bahan dan Konstruksi yang dibagi menjadi lima tahap, yaitu: pengujian bahan-bahan dasar beton, rencana campuran, pembuatan benda uji, pengujian benda uji, dan analisis hasil.

Tabel 1. Hasil uji Fisik Agregat

No	Pengujian agregat	Agregat halus	Standar ASTM
1	Kadar air Agregat Halus (%)	0,216	0 - 1
2	Kadar air Agregat Kasar (%)	1,21	0 - 3
3	Berat Jenis SSD Agregat Halus	2,65	2,5 - 2,7
4	Berat Jenis SSD Agregat Kasar	2,7	2,5 - 2,7
5	Kadar Lumpur Agregat Halus (%)	2	< 5 %
6	Kadar Organik Agregat Halus	Baik (No.2)	Coklat Muda
7	Modulus Kehalusan Agregat Halus	2,68	2,3 - 3,1
8	Modulus Kehalusan Agregat Halus	6,84	6 - 8



Tabel 2. Benda uji balok

No	Ukuran Balok (mm)	$L_d$ (mm)	Jenis Sambungan Tulangan	Jumlah
1.	BM (150×250×2100)	400	Tanpa sambungan (monolit)	1
2.	BP1 (150×250×2100)	400	Lewatan, ujung dibengkokkan (dikait)	1
3.	BP2 (150×250×2100)	400	Lewatan (menggunakan las)	1

Bahan susun beton untuk pembuatan benda uji berasal dari bahan lokal, yaitu pasir dari Gunung Sugih (Lampung Tengah), split (dengan ukuran maksimum 19 mm berasal dari Tanjungan (Lampung Selatan), dan semen portland tipe I merk Tiga Roda. Material tersebut terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan sesuai standar ASTM (*American Society For Testing and Materials*), hasilnya terlihat pada Tabel 1. Perencanaan komposisi campuran pada penelitian ini menggunakan metode ACI 211. 4R-93 (*American Concrete Institute*) dengan nilai kuat tekan rencana ( $f_c$ ) 45 MPa.

Jumlah benda uji ditampilkan pada Tabel 2. panjang sambungan basah (*wet joint*) pada balok pracetak diperoleh dari persamaan 1, sehingga didapat  $L_d=400$ mm. Sedangkan panjang las untuk BP2 ditentukan berdasarkan SK SNI T15-1991-03 Pasal 3.5.14 dan Pasal 3.5.15. Detail benda uji balok beton monolit dan balok-beton pracetak dapat dilihat pada Gambar 1.

Tahapan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

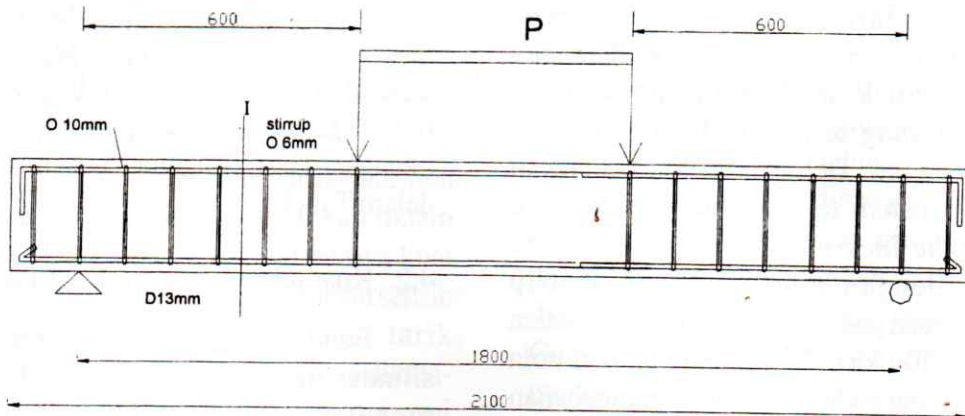
1. Bahan-bahan susun beton, berdasarkan rencana campuran (45 MPa), dicampur dan diaduk menjadi satu dalam *concrete mixer*.
2. Adukan beton tersebut diukur nilai

slumpnya, nilai tersebut dicatat dan ditabelkan, kemudian adukan dituangkan ke dalam cetakan balok monolit, cetakan balok pracetak, cetakan silinder (15cm×30cm) untuk pengujian kuat tekan beton, dan cetakan balok (10×10×40cm) untuk pengujian tarik lentur beton. Kemudian dipadatkan dengan memukul dinding cetakan secara perlahan dengan palu karet dan meng-getarkannya dengan vibrator.

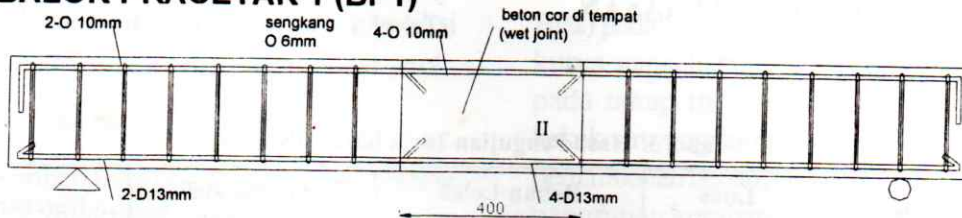
3. Benda uji dibuka dari cetakan setelah berumur 3 hari, kemudian dilakukan perawatan dengan cara menutupi dengan karung basah atau merendamkan dalam air (ASTM C 31-91).
4. Setelah balok pracetak tersebut berumur 21 hari, penyambungan dilakukan dengan *in-situ concrete* pada BP1 dan BP2.
5. Pengujian dilakukan setelah *in-situ concrete* pada balok pracetak tersebut berumur 28 hari.

Pengujian kuat tekan beton digunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) yang mengacu pada ASTM C 39. Pengujian dilakukan dengan meletakkan silinder beton tegak pada plat bawah, kemudian dilakukan pembebanan. Beban maksimum dicatat pada saat beton mengalami pecah dan data dari hasil pengujian kuat tekan beton ini

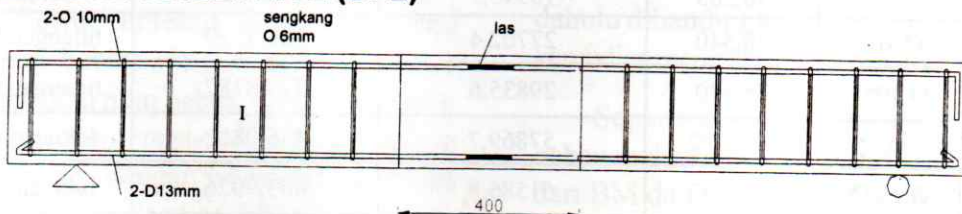
## BALOK MONOLIT (BM)



## BALOK PRACETAK 1 (BP1)



## BALOK PRACETAK 2 (BP2)



Gambar 1. Detail benda uji balok beton bertulang

kemudian ditabelkan. Kuat tekan beton diperoleh dengan membagi beban dengan luas.

Pengujian kuat lentur beton digunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) yang mengacu pada ASTM C 78, yaitu dengan meletakkan balok beton di atas dua tumpuan dengan jarak 300 mm kemudian balok tersebut diberi beban terpusat yang masing-masing  $\frac{1}{2} P$  dengan jarak  $\frac{1}{3}$  bentang dari tumpuan. Beban maksimum dicatat pada

saat beton mengalami pecah. Kuat tarik lentur diperoleh dari persamaan:

$$f_t = \frac{Pl}{bd^2} \dots\dots\dots (3)$$

Pengujian pada balok beton bertulang monolit dan pracetak dilakukan dengan alat *Hidraulic Jack* yang diberi alat tambahan yaitu *Loading Girder* yang cukup kuat dan kaku. Balok beton tersebut diletakkan pada tumpuan sendi dan rol yang berjarak 1800 mm. Dua beban vertikal ditempatkan sime-



tris pada balok dengan jarak masing-masing 600 mm dari tumpuan. *Dial gauge* ditempatkan pada sisi bawah di tengah bentang balok untuk mengukur lendutan vertikal yang terjadi pada setiap tahap pembebanan. Beban vertikal diberikan dengan sistem tekanan hidrolis dari alat *hydraulic jack* melalui *proving ring* ke balok dengan interval beban 4 strip (pembacaan pada *proving ring*, 4 strip setara dengan 300 kg). Nilai lendutan dan pola retak dicatat pada setiap tahap pembebanan sampai benda uji runtuh.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Tegangan Leleh Baja Tulangan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan leleh ( $f_y$ ) dan tegangan maksimum ( $f_u$ ) baja tulangan. Tegangan leleh diperoleh dengan membandingkan antara beban terhadap luas penampang baja tulangan. Hasil pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 3.

##### 4.2. Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Beton

Benda uji yang dibuat adalah 6 buah silinder untuk balok monolit dan balok pracetak, dan 4 buah silinder untuk sambungan balok pracetak. Hasil pengujiannya dirataratakan, dimasukkan dalam Tabel 4. Dari tabel tersebut terlihat bahwa kuat tekan hasil pengujian memenuhi kuat

Tabel 3. Hasil Pengujian Tarik Baja Tulangan

No.	Jenis	Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban Leleh (N)	Tegangan Leleh (N/mm <sup>2</sup> )	Keterangan
1	Ø 8*	50,265	18946,7	376,9327	Sengkang
2	Ø 10*	78.540	27702,4	352,7179	tulangan tekan
3	Ø 10**	78.540	29835,6	379,8787	tulangan tekan
4	Ø 13*	132.732	57869,7	435,9882	tulangan tarik
5	Ø 13**	132.732	61586,8	463,9926	tulangan tarik

##### Keterangan :

\* Tulangan yang diuji adalah monolit atau tanpa sambungan.

\*\* Tulangan yang diuji adalah dengan sambungan las lewatan.

Tabel 4. Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur Beton

No.	Jenis	Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban Leleh (N)	Tegangan Leleh (N/mm <sup>2</sup> )	Keterangan
1	Ø 8*	50,265	18946,7	376,9327	Sengkang
2	Ø 10*	78.540	27702,4	352,7179	tulangan tekan
3	Ø 10**	78.540	29835,6	379,8787	tulangan tekan
4	Ø 13*	132.732	57869,7	435,9882	tulangan tarik
5	Ø 13**	132.732	61586,8	463,9926	tulangan tarik



tekan beton rencana yaitu 45 MPa.

Nilai beban ultimit pada pengujian lentur disubstitusikan ke dalam Persamaan (3) kemudian hasilnya dirata-ratakan. Menurut SK SNI-T-15-1991-03, kuat tarik beton teoritis  $f_r=0,7$ . Nilai kuat tarik rata-rata dan kuat tarik teoritis dimasukkan dalam Tabel 4. Dari Tabel 4 terlihat bahwa kuat tarik (BM, BP1, dan BP2) mempunyai selisih yang sangat kecil dengan kuat tarik sambungan pracetak, sehingga bisa dikatakan sama. Kuat tarik teoritis mempunyai nilai yang mirip dengan kuat tarik pengujian, yang membuktikan bahwa rumusan  $f_r=0,7$  dapat digunakan untuk memprediksi kuat tarik beton.

#### 4.3. Perilaku Balok Beton Bertulang

Pembebanan balok beton monolit dan pracetak dilakukan secara bertahap (tiap 4 strip pada bacaan *proving ring*) sampai balok beton tersebut tidak dapat lagi menahan beban yang diberikan. Untuk mendapatkan nilai beban, nilai yang terdapat pada *proving ring* tersebut disubstitusikan ke persamaan dengan  $y$  adalah nilai beban dalam satuan kg, dan  $x$  adalah nilai strip pada *proving ring*.

Untuk mengetahui besarnya nilai lendutan digunakan alat *Dial Gauge*, dimana

kedua *Dial Gauge* diletakkan di bawah beban terpusat yang berjarak  $1/3 L$  dari tumpuan dan yang satu lagi di tengah bentang. Pengukuran nilai lendutan yaitu dengan mencatat perubahan nilai yang terdapat pada tiap *Dial Gauge* di tiap tahap pembebanan. Kemudian data hasil lendutan yang diperoleh dari ketiga *Dial Gauge* tadi dirata-ratakan, dan dibuat grafik hubungan antara beban dan lendutan seperti yang terlihat pada Gambar 2. Pola retak dari balok beton monolit dan balok pracetak dapat dilihat pada Gambar 3.

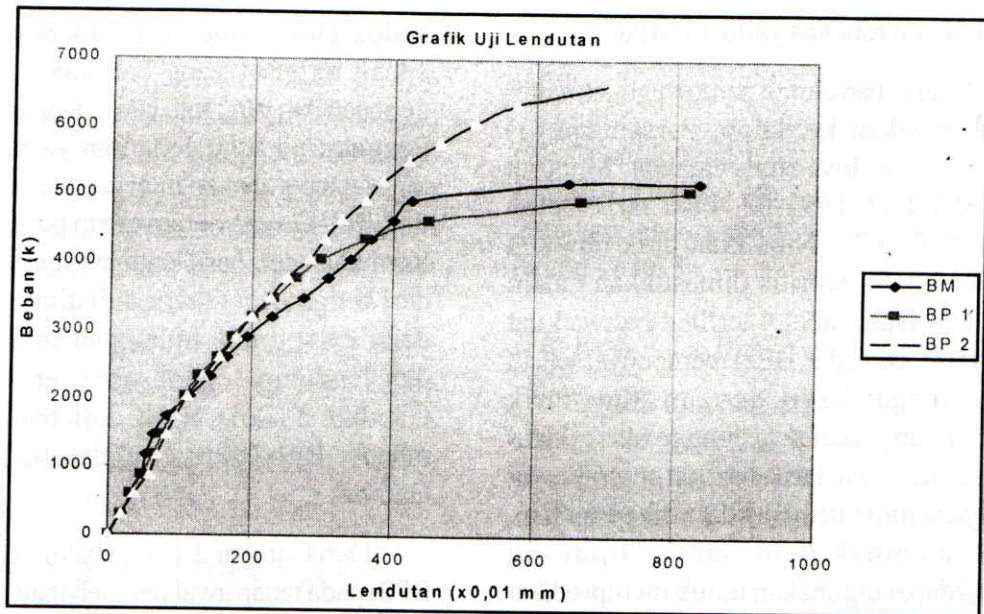
Dari Gambar 2, ketiga balok (BM, BP1, BP2) pada tahap awal pembebanan memiliki kurva yang berimpit, yang menunjukkan pada tahap itu ketiga balok mempunyai kekakuan yang hampir sama. Seiring dengan penambahan beban, BM dan BP1 mengalami penurunan kemiringan kurva (yang berarti juga penurunan kekakuan balok) lebih dahulu dibandingkan dengan BP2, sampai kemudian mengalami keruntuhan.

Seperti yang terlihat pada Tabel 5, beban maksimum BP1 lebih kecil 2,751% dari BM dan beban maksimum BP2 lebih besar 27,447% dari BM. Beban maksimum BP1 yang lebih kecil dari BM bisa dipahami mengingat pada sambungan BP1 tulangan utamanya (tulangan lenturnya) terputus (tidak

Tabel 5. Beban maksimum, lendutan maksimum, dan *toughness* balok beton bertulang

No.	Jenis Beton	Beban Maksimum (kg)	Selisih Beban Maks Terhadap BM (%)	Lendutan Maksimum (mm)	Ketahanan Lentur ( <i>Toughness</i> ) (kgmm)	Selisih Nilai <i>Toughness</i> Terhadap BM (%)
1	BM	5203,014	-	8,343	33598,666	-
2	BP1	5059,843	- 2,751%	8,205	32997,107	- 1,790%
3	BP2	6631,118	+ 27,447%	7,078	30975,636	- 7,806%





Gambar 2. Grafik Hubungan Beban dan Lendutan

menerus) antara komponen pracetak yang satu dengan yang lain. Namun demikian selisih tersebut cukup kecil. Bisa dikatakan BM dan BP1 mempunyai kurva hubungan beban-lendutan yang sama dilihat dari beban maksimum dan lendutan maksimum (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa sambungan lewatan dengan ujung yang dibengkokkan, dengan panjang lewatan mengikuti persamaan panjang penyaluran tulangan yang tercantum dalam SKSNI T15-1991-03 Pasal 3.5.2 dapat digunakan untuk menentukan panjang sambungan *wet joint* antara balok pracetak.

Hal yang berbeda terjadi pada BP2. BP2 memiliki tulangan utama yang dilas satu sama lain pada daerah sambungan. Pengelasan tulangan utama ini membuat seolah-olah tulangan ini menerus dari ujung kiri ke ujung kanan balok menyerupai benda uji balok yang monolit (BM). Akibat pengelasan timbul tegangan residu negatif

(tegangan residu tekan) pada baja tulangan yang menyebabkan meningkatnya tegangan leleh tarik dari baja yang dilas dibandingkan dengan baja tanpa las. Hal ini telah dibuktikan dari uji tarik baja tulangan seperti terlihat pada Tabel 3. Keadaan ini sedikit banyak berpengaruh terhadap perilaku kurva beban-lendutan BP2. Dari Gambar 2 dan Tabel 5 terlihat bahwa BP2 memiliki beban maksimum yang lebih tinggi 27,447% dari BM, yang disebabkan oleh meningkatnya tegangan leleh tulangan lenturnya akibat pengelasan. Dapat dikatakan, penyambungan tulangan dengan las pada tengah bentang atau pada momen maksimum tersebut cukup mampu memberikan kekakuan dan kenaikan beban yang lebih besar pada balok tersebut

#### 4.4. Ketahanan Lentur (*toughness*) Balok Beton Bertulang

Ketahanan lentur (*toughness*) adalah energi yang diserap terlebih dahulu untuk



energi yang diserap terlebih dahulu untuk memecahkan secara sempurna benda uji. *Toughness* dihitung berdasarkan luas daerah di bawah kurva beban-lendutan. Untuk mempermudah dalam menghitung luas daerah di bawah kurva beban-lendutan, maka kurva beban-lendutan tersebut didekati dengan persamaan *polynomial* yang mewakili persamaan beban-lendutan. Dari persamaan kurva *polynomial* tersebut, kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan, sehingga nilai *toughness* pada balok beton dapat diketahui. Hasil perhitungan *toughness* diberikan dalam Tabel 5.

Seperti yang terlihat pada Tabel 5, nilai *toughness* BP1 lebih kecil 1,79% dan nilai *toughness* BP2 lebih kecil 7,806% terhadap BM. Selisih tersebut tidak begitu signifikan, sehingga nilai *toughness* pada ketiga balok bertulang tersebut dapat dianggap sama.

#### 4.5. Pola Retak Balok Beton Bertulang

Pemeriksaan pola retak dilakukan dengan melihat secara langsung dari sisi balok pada setiap tahap pembebanan berlangsung. Pada saat retak timbul, lebar retak tersebut ditandai dan diukur lebarnya dengan menggunakan mikroskop retak. Pola retak dan urutan retak yang terjadi untuk tiap benda uji balok ditampilkan pada Gambar 3.a, Gambar 3.b, dan Gambar 3.c.

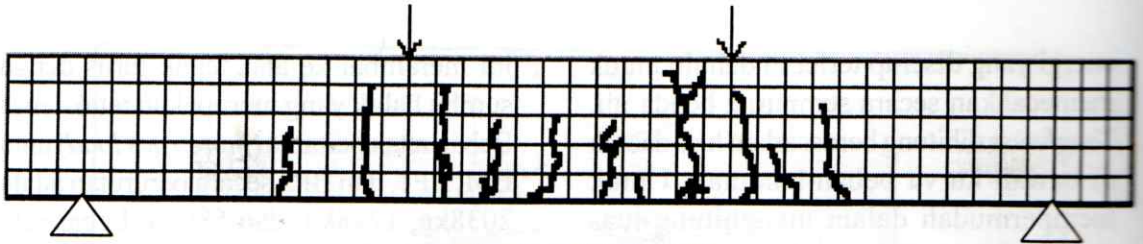
Secara umum retak pertama atau yang telah dikenal dengan istilah *first-crack* terjadi pada daerah 1/3 bentang bagian tengah yang merupakan momen maksimum. Retak

ini merambat ke atas tegak lurus dengan sumbu balok yang merupakan retak lentur. Beban retak pertama (*first-crack load*) untuk BM, BP1, dan BP2 secara berurutan adalah 2038kg, 1748kg, dan 589kg. Lebar retak pertama berkisar 0,04mm, dan terus melebar seiring dengan penambahan beban sampai mencapai sekitar 1,3mm pada saat balok mencapai beban maksimum.

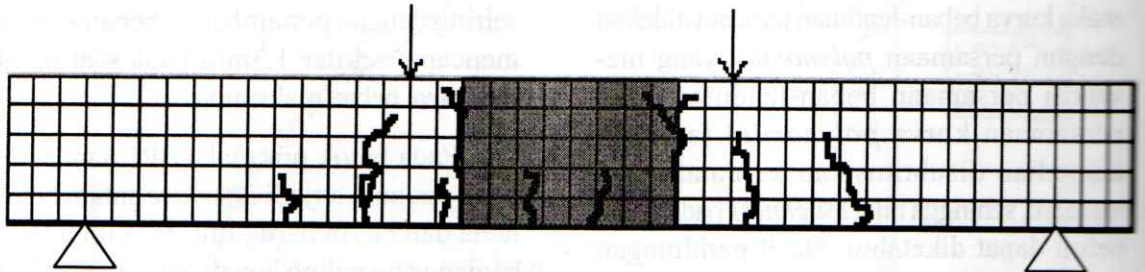
Pada balok pracetak (BP1 dan BP2), retak pertama terjadi *interface* antara beton lama dan beton baru. *Interface* ini adalah bagian yang paling lemah dari keseluruhan balok. Hal ini dikarenakan beton cor di tempat (sambungan) pada proses pengeprasannya mengalami penyusutan. Akibat penyusutan ini menyebabkan timbul pori (celah) antara beton lama dan beton baru. Pori/celah inilah yang menyebabkan retak pertama cenderung terjadi di sini, yang juga menentukan nilai beban retak-pertama.

Seiring dengan penambahan beban, retak tidak hanya terjadi di 1/3 tengah bentang saja, tetapi juga terjadi di luar itu. Mula-mula retak merambat tegak lurus sumbu balok, kemudian seiring bertambahnya beban retak tersebut merambat miring atau membentuk sudut 45° terhadap sumbu balok. Retak inilah yang disebut retak geser-lentur. Secara teori (Wang & Salmon, 1993), retak geser-lentur terjadi pada balok dengan *a/d* berkisar antara 2,5 sampai dengan 6. Balok pada penelitian ini mempunyai *a/d* sebesar 2,7. Jadi terjadinya retak geser-lentur pada balok dalam penelitian ini sesuai dengan teori.

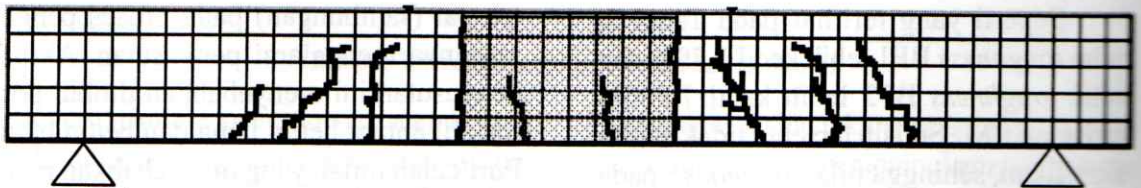




Gambar 3a. Pola Retak BM



Gambar 3b. Pola Retak BP1



Gambar 3c. Pola Retak BP2

## 5. KESIMPULAN

- a. Balok beton pracetak dengan sambungan basah (*wet joint*) dengan sambungan tulangan yang ujungnya dibengkokkan (BP1) dan sambungan tulangan yang dilas satu sama lain (BP2), mempunyai perilaku yang hampir sama dengan balok beton monolit (BM), dilihat dari grafik hubungan beban-lendutan, ketahanan lentur (*toughness*), dan pola retak.
- b. Tipe sambungan basah dengan tulangan lewatan yang dilas maupun tulangan lewatan yang ujungnya dibengkokkan dapat diterapkan dalam konstruksi bangunan.
- c. Rumusan panjang penyaluran tulangan SKSNI T15-1991-03 Pasal 3.5.2,

dapat digunakan untuk menentukan panjang sambungan basah pada balok pracetak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (1991), *SK SNI T-15-1991-03, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum. Yayasan LPMB, Bandung.
- Elliot, K.S. (1996), *Multi Storey Precast Concrete Framed Structures*, Blackwell Science. London U.K
- Murdock, L.J. and K.M. Brook (1990), *Bahan dan Praktek Beton*, Edisi ke-4. Erlangga, Jakarta.
- Noorhidana, V.A. (2001), *Analisis Eksperimental Kolom Pracetak Dry*



*Joint Akibat Beban Siklik Lateral*,  
Tesis Magister. Institut Teknologi  
Bandung.

**Padosbajayo**, (1992), *Bahan Kuliah  
Pengetahuan Dasar Struktur Baja*,  
Yogyakarta

**Anonim**, (1978), *Precast Concrete*

*Connection Details*, Stupre Joint  
Committee, Structural Design Manual.  
Beton-Verlag. Dutch.

**Wang. C.K. and C.G. Salmon** (1993)  
*Disain Beton Bertulang*.  
Diterjemahkan oleh Hariandja. B.  
Erlangga.Jakarta.