

STUDI PERBANDINGAN SAMBUNGAN BALOK $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ BENTANG DAN UTUH PADA SAAT PENGECORAN TERHADAP KEKUATAN BALOK BETON

Prihantono

Abstract

*Comparative Study of Concrete Beams Connection with Construction Joints $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$
Distance and Whole In At Casting Of Strength Concrete Beams ;
Drs.Prihantono., ST.,M.Eng.*

Tests carried out on three types of press beam, namely:

1 intact beams are casted

*2 beams are casted with middle span with angle connection termination / connection 90°
(2 pieces)*

*3 The beams are casted with connections at $\frac{1}{4}$ span at an angle of termination / splicing
 45° (2 pieces)*

*The third beam measuring 15 cm x 25 cm x 240 cm with K225 concrete quality, for
tensile and compressive reinforcement using quality reinforcement with U 24 ϕ 12 mm,
also for use stirrup U24 ϕ 6-200 mm. Loading on the beam will be given in stages at 2
points within each $\frac{1}{3}$ spans. Imposition discontinued until the beam was destroyed
(broken) or if the beam is not broken then loading up to the maximum capability of
hydraulic jacks.*

*Based on the ability to carry the load (P) of all the beams have the ability to
withstand the same maximum load is 2207.5 kg. Based on the pattern of cracked beam
construction joint $\frac{1}{2}$ better than the beam construction joint $\frac{1}{4}$., Intact beam is better than
both,*

Keywords: $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, Expand.

<p><i>Drs.Prihantono, ST, M.Eng Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 13220 email : prihantono2007@yahoo.co.id</i></p>
--

PENDAHULUAN

Pengecoran pada suatu proyek bangunan gedung dilakukan secara bertahap lantai per lantai sampai selesai ditingkat paling atas (dari pondasi/ sloof sampai dengan lantai atap). Pada suatu pengecoran bertingkat biasanya sudah harus dicor lebih dahulu kolomnya baru beberapa hari kemudian setelah pembuatan bekisting dan pemasangan tulangan balok dan plat lantai selesai dilanjutkan dengan pengecoran balok dan plat lantai. Pada saat pengecoran balok dan plat lantai ini ada yang dapat diselesaikan dalam 1 hari ada juga yang baru dapat diselesaikan lebih dari 1 hari.

Pengecoran balok dan plat lantai dengan volume sedikit (kecil) mungkin dapat diselesaikan dalam waktu satu hari, tetapi apabila pengecoran balok dan plat lantai itu dalam jumlah yang besar sekali (volume banyak) ditambah dengan faktor cuaca, peralatan dan kondisi lapangan tidak memungkinkan sehingga pengecoran harus berhenti sebelum selesai satu lantai. Oleh karena pengecoran harus berhenti dan tidak dapat diselesaikan pada hari itu juga, maka diperlukan pengaturan dimana tempat-tempat penghentian / penyambungan pengecoran dapat dilakukan terutama pada balok beton bertulang.

Biasanya dalam suatu proyek pelaksanaan pembangunan gedung seorang Penanggung jawab kontraktor pelaksana untuk melakukan penghentian / penyambungan pengecoran suatu balok harus meminta petunjuk atau persetujuan pada penanggung jawab struktur dari Konsultan Pengawas atau konsultan Manajemen Konstruksi.

Dalam hal letak penghentian pengecoran ini beberapa Pelaksana atau Ahli mempunyai berbagai pendapat yang berbeda dan masing-masing mempunyai alasan sendiri-sendiri, tetapi cara penghentian pengecoran yang paling sering dan umum serta praktis dilaksanakan di lapangan ada 2 pendapat yang berbeda, yaitu

1. Penghentian pengecoran pada $\frac{1}{4}$ panjang bentang balok dengan sudut kemiringan penghentian 45°
2. Penghentian pengecoran pada $\frac{1}{2}$ panjang bentang balok dengan sudut kemiringan penghentian 90°

Kedua pendapat tersebut diatas mempunyai landasan teori sebagai berikut :

Pendapat pertama " Sambungan pada $\frac{1}{4}$ bentang " landasan teorinya adalah bahwa momen pada $\frac{1}{4}$ bentang relatif kecil sekali sedangkan pada tengah bentang cukup besar oleh karena itu penghentian / penyambungan pengecoran ditempatkan pada $\frac{1}{4}$ bentang dengan sudut

penghentian 45° dengan memperhatikan geser. Dengan pengertian geser pada $\frac{1}{4}$ bentang cukup besar sekali dibandingkan ditengah bentang.

Pendapat kedua “ Sambungan pada $\frac{1}{2}$ bentang” landasan teorinya adalah bahwa walaupun momen pada tengah bentang maximum tetapi hal ini sudah dipikul oleh tulangan tarik, sedangkan geser pada $\frac{1}{2}$ bentang sangat kecil sekali sehingga tidak perlu diwaspadai .

Kedua pendapat tersebut diatas telah penulis terapkan pada beberapa proyek pembangunan gedung dan hasilnya sampai sekarang alhamdulillah bangunan-bangunan tersebut tidak terjadi retak-retak pada sambungan tersebut, tetapi disini tidak terlihat mana type sambungan yang lebih kuat . Pendapat kedua telah diterapkan pada proyek- proyek bantuan Jepang (dimana konsultan dan kontraktornya juga Jepang) yang dilaksanakan hampir diseluruh wilayah Indonesia selama 3 phase dari tahun 1985 sampai dengan 1988, juga tidak terjadi ada keretakan pada sambungan-sambungan tersebut.

Dari hal-hal yang telah diuraikan diatas maka penulis mengangkat masalah ini sebagai bahan untuk Penelitian dalam rangka pengembangan ilmu sebagai tenaga pengajar pada Universitas Negeri Jakarta.berjudul “Studi perbandingan sambungan balok beton $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ bentang dan utuh pada saat pengecoran terhadap kekuatan balok beton.”

Dari uraian latar belakang di atas, timbul berbagai permasalahan, yang dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Diantara kedua sistim penghentian pengecoran tersebut diatas yang manakah yang paling kuat memikul beban ?
- 2 Bagaimanakah kekuatan kedua sistim penghentian pengecoran pada balok tersebut diatas jika dibandingkan dengan sistim pengecoran balok tanpa penghentian ?
- 3 Bagaimanakah pola retak dari balok yang dicor utuh, dicor dengan penghentian $\frac{1}{4}$ dan dicor dengan penghentian $\frac{1}{2}$ bentang ?

Batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

- 1 Bentuk benda uji balok segi empat , dimensi balok 15 cm x 25 cm x 290 cm sebanyak 5 buah, 1 buah dicor utuh , 2 buah dicor dengan penghentian $\frac{1}{4}$ bentang (satu balok dicor 1 hari kemudian dan satu lagi 2 hari kemudian) dan 2 buah lagi dengan penghentian $\frac{1}{2}$ bentang (satu balok dicor 1 hari kemudian dan 1 lagi 2 hari kemudian).
- 2 Mutu beton K-225 , mutu besi U 24.

- 3 Pengujian beban terhadap balok beton untuk mengetahui : besar beban yang bekerja pada balok, besar lendutan yang terjadi pada balok dan pola retakan yang terjadi pada balok.
4. Pengujian beban sampai hancur total (beban sampai maksimum)

Permasalahan yang disampaikan dalam penulisan ini adalah:

- 1 Balok manakah yang lebih kuat dalam memikul beban, balok dengan sistim pengecoran pada sambungan $\frac{1}{4}$ atau pada sambungan $\frac{1}{2}$ bentang atau keduanya sama kuat ?.
- 2 Bagaimanakah kedua balok dengan sistim penghentian balok tersebut diatas jika dibandingkan terhadap balok dengan sistim pengecoran tanpa sambungan (utuh) ? .

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan informasi tentang sistim penghentian pengecoran yang paling efektif diantara sistim penghentian $\frac{1}{4}$ bentang atau $\frac{1}{2}$ bentang pada saat pengecoran terhadap kekuatan balok beton. Selain itu juga untuk mengetahui kekuatan kedua sistim itu jika dibandingkan dengan balok utuh (tanpa sambungan). Informasi ini akan sangat berguna bagi dunia industri bidang konstruksi terutama para pelaksana lapangan dan menambah pengetahuan bagi dosen dan mahasiswa teknik sipil.

METODA

Uji Terhadap Beton

Beton adalah bahan yang dihasilkan dari pencampuran antara semen portlan atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan lain, yang selanjutnya akan mengeras dalam cetakan sesuai bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan. Agregat beton boleh berupa kerikil, batu pecah, sisa-sisa bahan tambang, agregat ringan buatan, pasir atau bahan sejenis lainnya.

Uji terhadap beton ada 2 macam yaitu uji beton segar dan Uji beton padat.

Uji terhadap beton beton segar diperlukan untuk mendapatkan beton dengan mutu yang baik dan mudah dikerjakan, untuk itu akan dilakukan percobaan : (1) berat isi (uji kepadatan) , (2) work ability (slump).

Uji terhadap beton keras meliputi : 1) uji kuat tekan, 2) uji kuat lentur, 3) uji kuat geser.

Uji Kuat Tekan.

Untuk mendapatkan kuat tekan rencana dibuat terlebih dahulu benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, untuk ini akan dibuat sebanyak 12 benda uji untuk diuji pada umur 7 hari dan 28 hari, kemudian akan dibuat lagi sebanyak 16 benda uji yang dibuat pada saat pembuatan /pengecoran 3 buah balok uji , dimana enam benda uji tersebut akan diuji pada umur 28 hari.

Uji kuat tekan dilaksanakan dengan alat Crushing Test, bertempat di Laboratorium Beton Universitas Indonesia.

Uji Kuat Lentur.

Dalam menganalisa beton bertulang yang diberi beban lentur, anggapan anggapan dasar yang dipergunakan metode tegangan kerja (Dipohusodo Istimawan, 1994) adalah :

- (1) Bidang penampang rata saat sebelum terjadi lenturan akan tetap rata setelah mengalami lenturan, berarti distribusi regangan sebanding atau linear.
- (2) Bagi bahan baja maupun beton diberlakukan sepenuhnya hukum Hooke , dimana nilai tegangan sebanding linear dengan nilai regangannya.
- (3) Beton tidak diperhitungkan menahan gaya tarik, sehingga seluruhnya dibebankan pada tulangan tarik.
- (4) Batang tulangan baja terlekat sempurna dengan beton, sehingga tidak terjadi penggelinciran.

Untuk dapat menahan momen-momen lentur yang bekerja pada balok maka balok harus mempunyai kekakuan yang cukup, sehingga balok tidak mengalami perubahan bentuk.Lendutan pada balok amat berhubungan dengan momen inersia dimana momen inersia lebih banyak ditentukan oleh tinggi penampang.Oleh karenanya amatlah wajar jika ledutan pada balok selalu dihubungkan dengan kelangsingan.

Lendutan yang terjadi pada balok berbanding lurus dengan beban yang bekerja dan berbanding terbalik dengan modulus elastis beton serta momen inersia gross balok.

Bila beban yang bekerja pada beton ditambah terus, maka tegangan tarik yang bekerja pada serat tarik beton akan melampaui kuat tarik beton dan ini akan mengakibatkan timbulnya retakan di daerah tarik balok beton dan retakan tersebut akan terus menyebar keatas. Pada saat beton tidak mampu lagi meneruskan gaya tarik maka seluruh gaya tarik yang bekerja akan diterima oleh tualangan tarik. Pada kondisi ini akan terjadi perubahan inersia yang semula inersia gross berubah menjadi inersia efektif, yang nilainya dipengaruhi oleh tulangan yang ada.

Lendutan yang diijinkan untuk elemen structural yang menompang elemen non structural lainnya berkisar $L/240$ (dalam inchi), L adalah panjang balok. Jumlah tulangan tarik yang terlalu banyak akan mengakibatkan kenaikan tinggi x terhadap sumbu netral penampang balok, sehingga retak yang terjadi pada daerah tarik akan lebih cepat terjadi

Uji Kuat Geser.

Uji ini dilaksanakan pada balok yang sama dan alat yang sama pada saat pangujian kuat lentur. Jadi pada saat yang sama juga diperhatikan keretakan akibat geser bekerja pada balok.

Geser pada Balok Beton Bertulang.

Keruntuhan balok akibat geser terjadi sangat tiba-tiba tanpa adanya peringatan terlebih dahulu dan retak diagonalnya lebih lebar dibanding retak lenturnya. Kelemahan geser berkembang dari kelemahan yang ditimbulkan oleh suatu retak momen, kombinasi ini mengakibatkan perlunya menjaga agar tegangan- tegangan geser tetap rendah atau menambah sengkang-sengkang.

Sengkang harus dapat menahan tarik ketika retak diagonal memotongnya dan sengkang ini mengatur serta membatasi proses peretakan, memperlambat kegagalan balok. Peraturan mengharuskan untuk selalu menyediakan penulangan geser minimum pada semua bagian struktur beton yang mengalami lenturan.

Lentur Pada Balok Beton Bertulang.

Dalam menganalisa beton bertulang yang diberi beban lentur, anggapan anggapan dasar yang dipergunakan metode tegangan kerja (Dipohusodo Istimawan, 1994) adalah :

- (1) Bidang penampang rata saat sebelum terjadi lenturan akan tetap rata setelah mengalami lenturan, berarti distribusi regangan sebanding atau linear.
- (2) Bagi bahan baja maupun beton diberlakukan sepenuhnya hukum Hooke, dimana nilai tegangan sebanding linear dengan nilai regangannya.
- (3) Beton tidak diperhitungkan menahan gaya tarik, sehingga seluruhnya dibebankan pada tulangan tarik.
- (4) Batang tulangan baja terlekat sempurna dengan beton, sehingga tidak terjadi penggelinciran.

Lendutan Pada Balok Beton Bertulang.

Untuk dapat menahan momen-momen lentur yang bekerja pada balok maka balok harus mempunyai kekakuan yang cukup, sehingga balok tidak mengalami perubahan bentuk. Lendutan pada balok amat berhubungan dengan momen inersia dimana momen inersia lebih banyak ditentukan oleh tinggi penampang. Oleh karenanya amatlah wajar jika lendutan pada balok selalu dihubungkan dengan kelangsingan.

Lendutan yang terjadi pada balok berbanding lurus dengan beban yang bekerja dan berbanding terbalik dengan modulus elastis beton serta momen inersia gross balok.

Bila beban yang bekerja pada beton ditambah terus, maka tegangan tarik yang bekerja pada serat tarik beton akan melampaui kuat tarik beton dan ini akan mengakibatkan timbulnya retakan didaerah tarik balok beton dan retakan tersebut akan terus menyebar keatas. Pada saat beton tidak mampu lagi meneruskan gaya tarik maka seluruh gaya tarik yang bekerja akan diterima oleh tulangan tarik. Pada kondisi ini akan terjadi perubahan inersia yang semula inersia gross berubah menjadi inersia efektif, yang nilainya dipengaruhi oleh tulangan yang ada.

Lendutan yang diijinkan untuk elemen structural yang menompang elemen non structural lainnya berkisar $L/240$ (dalam inchi), L adalah panjang balok. Jumlah tulangan tarik yang terlalu banyak akan mengakibatkan kenaikan tinggi x terhadap sumbu netral penampang balok, sehingga retak yang terjadi pada daerah tarik akan lebih cepat terjadi

Retakan pada Balok Beton Bertulang.

Sehubungan dengan kecilnya kuat tarik beton, maka retakan dianggap terjadi pada beban kerja oleh karena itu retakan akan terjadi pada daerah tarik dianggap suatu hal yang wajar, tetapi bila retakan terjadi pada daerah sepanjang konstruksi merupakan suatu hal yang harus diperhitungkan.

Pada retak yang terlalu lebar merupakan hal yang tidak sedap dipandang mata disamping itu retak pada konstruksi beton akan mengakibatkan membuat tulangan menjadi berkarat. Pertambahan karat akan menjadikan pertambahan volume tulangan yang akan mendesak beton, sehingga selimut beton akan terdesak yang mengakibatkan selimut beton jadi pecah.

Lebar retak yang diijinkan tergantung pada bagian-bagian Konstruksi terlindungi atau tidak terlindungi terhadap udara luar. (Nawy, E.G 1990).

- Untuk bagian Konstruksi yang tidak terlindungi secara normal = 0.3 mm
- Untuk bagian Konstruksi yang sangat jarang tidak terlindungi, (misal air laut, atau air dari areal berpadang dan dengan abrasi) = 0.004 x selimut beton.

Untuk memperkecil retakan usaha-usaha yang harus dilakukan adalah :

- Jarak antar tulangan dan tebal selimut beton harus memenuhi persyaratan, untuk menghindari retak split.
- Perbedaan tulangan terbesar dan terkecil tidak melebihi 45 %.

Penghentian atau Sambungan pada Balok Beton Bertulang.

Secara umum dapat diterima bahwa lokasi dari sambungan pada balok-balok dan pelat harus diadakan pada tempat-tempat yang mengalami geseran minimum yang terjadi pada tengah-tengah bentang atau pada tengah-tengah sepertiganya. Bagian Konstruksi yang terbentuk oleh sambungan Konstruksi serta dibuat dengan permukaan yang kasar, dapat berlaku sebagai bagian Konstruksi yang dicor secara monolitik, pengujian yang diadakan terhadap balok dengan sambungan Konstruksi pada daerah yang tinggi gaya gesernya dan lenturan yang rendah, menghasilkan karakteristik beban/ pelenturan dan momen ultimate yang semacam dengan pengujian terhadap balok monolitik, bila permukaan sambungannya dikasarkan terlebih dahulu. juga didapatkan bahwa mode keruntuhannya sama. Dari sini disimpulkan bahwa pertautan melintang dari permukaan yang dikasarkan cukup untuk mencegah balok runtuh pada sambungannya.

Usaha-usaha yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas sambungan adalah sebagai berikut :

- a). Hindari sambungan yang rumit terutama besi-besinya.
- b). Bersihkan sambungan dari kotoran: kayu, sisa-sisa kawat dan lain-lain dengan menggunakan magnet, kompresor .
- c). Buat permukaan sambungan menjadi kasar. Buatlah hal ini ketika beton mencapai $\frac{1}{2}$ kering atau lebih kurang 4 jam setelah pengecoran dan harus diingat jangan sampai mengenai besinya.
- d). Ada dua pendapat,

Pendapat pertama menyebutkan buat permukaan kering dan bersih (tanpa adukan), menurut Brook, K.M & Murdock, L.J (1991) dalam riset yang diadakan dilaboratorium bahwa ikatan yang paling kuat bilamana permukaanya kering (tanpa adukan).

Pendapat kedua menyebutkan permukaan beton yang sudah dibuat kasar dibersihkan lalu diberi adukan yang kemudian dicor dan dipadatkan dengan baik sampai ke adukannya.

- e). Pemasangan pada bagian sambungan harus benar-benar diperhatikan. Penggunaan mesin penggetar atau vibrator yang sampai mengenai tulangan (besi) karena akan mengganggu proses pengikatan antara besi dengan beton dan juga jangan sampai terjadi bleeding (naiknya air semen ke permukaan).

Kekuatan beton terhadap tarik amat kecil sekali jika dibandingkan dengan tekannya oleh karena itu sebagian besar beban yang bekerja pada balok dipikul oleh tulangan. Pada suatu balok sederhana atau balok menerus yang menerima beban vertikal, pada titik-titik ditengah bentang dimana momen maximum gaya geser akan minimum. Dan sebaliknya pada titik ditumpuan atau dekat tumpuan ($\pm \frac{1}{4}$ bentang) momen minimum gaya gesernya akan maximum.

Balok beton dengan sistim pengecoran tanpa sambungan mempunyai daya pikul beban lebih besar dibandingkan dengan daya pikul beban balok beton dengan sistim sambungan pada $\frac{1}{4}$ bentang dan $\frac{1}{2}$ bentang. Balok beton dengan sistim sambungan pada $\frac{1}{2}$ bentang mempunyai daya pikul beban lebih besar dibandingkan dengan daya pikul beban balok beton dengan sistim sambungan pada $\frac{1}{4}$ bentang.

Tujuan yang hendak dicapai dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- 1 Untuk mengetahui balok dengan sistim penghentian pengecoran manakah yang paling kuat dalam memikul beban diantara dua sistim tersebut diatas.
- 2 Untuk mengetahui kekuatan balok balok dari dua sistim tersebut diatas dalam memikul beban jika dibandingkan terhadap balok dengan sistim pengecoran tanpa penghentian/ sambungan.
3. Memberi gambaran kepada pelaksana/ pengawas bangunan dan mahasiswa Teknik Sipil, tentang penghentian pengecoran untuk dikembangkan lebih lanjut.

Bahan Penelitian

Bahan baku yang dipakai untuk pembuatan penelitian ini adalah : Semen type I Tiga Roda (Indocement), pasir alam dan split asal : Ex. Bandung . Jabar, Air PAM sumber : Lab. Beton FTUI Depok, tulangan tarik : $U_{24} \rightarrow 3 \text{ } \emptyset 12 \text{ mm}$, tulangan tekan : $U_{24} \rightarrow 2 \text{ } \emptyset 12 \text{ mm}$, tulangan beugel : $U_{24} \rightarrow \emptyset 6 - 20 \text{ mm}$.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini untuk melaksanakan uji kuat lentur ini maka akan dibuat tiga macam balok ukuran : 150 x 250 x 2900 mm dengan mutu beton K175, mutu besi/ tulangan U24 dengan diameter sengkang 6 mm, untuk tulangan tarik 3 ↓ 12, yang masing-masing cara pengecoran berbeda-beda, yaitu :

Balok kesatu : balok utuh, balok dengan cara pengecoran sekaligus (tanpa penghentian).

Sebanyak 1 buah.

Balok kedua : Balok dengan sambungan ditengah (jumlah balok ada 2 buah). Balok dengan cara ini mula- mula dicor setengah panjang balok dengan sudut penghentian dibuat vertikal , kemudian setelah 24 jam (1hari) untuk yang satu dan untuk yang satu lagi setelah 48 jam (2 hari) pengecoran dilanjutkan kembali sampai selesai, sebelum dilanjutkan sambungan akan dibersihkan terlebih dahulu dan permukaan sambungan dibuat kasar lalu disiram air semen.

Balok ketiga : Balok dengan sambungan pada $\frac{1}{4}$ bentang (jumlah balok 2 buah), balok dengan cara ini mula-mula dicor sepanjang $\frac{1}{4}$ bentang dengan sudut penghentian 45° , kemudian setelah 24 jam (1 hari) untuk balok yang satulagi setelah 48 jam (2 hari) sambungan dibersihkan termasuk besinya dan permukaan sambungan dibuat kasar lalu disiram air semen kemudian dilanjutkan pengecor- annya sampai selesai. Sebagai catatan pengecoran dari ketiga balok tersebut akan dibuat dalam satu adukan, sehingga didapat mutu beton yang sama.

Pengujian dari balok ini akan dilakukan dengan beban terpusat (P) pada dua titik, yang akan diberikan secara bertahap makin meningkat bebannya sampai pada beban maksimum yang dapat diberikan oleh jack hidrolik atau sampai balok mengalami patah / retak akibat beban lentur. Jarak antara 2 perletakan adalah 2400 mm, sedangkan sisa panjang balok sepanjang 250 untuk perletakan, jarak antara beban P adalah $\frac{1}{3}$ dari jarak perletakan.

Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi 2 kelompok :

a. Alat untuk pembuatan beton : Molen (Edward beton & CO.Ltd- Creteangle Multy Flow Mixer), Vibrator untuk lab, ember cangkul, sendok semen

b. Alat untuk pengujian bahan-bahan beton dan balok beton:

- Uji tekan beton : Merk ELE 2000 Kn
- Saringan : Standar ASTM
- Oven : Merk Heraus type T-60
- Pengaus Batu : Merk Philip Harris.

- Timbangan : Merk ELE max 25 kg
- Kerucut Abram.
- Vibrator untuk lab.
- Magnus frame lengkap dengan jack hidraulik + 3 buah dial untuk lendutan.

Ukuran dan Jumlah Benda Uji

Sebelum dilaksanakan uji balok terlebih dahulu dilaksanakan uji tekan terhadap silinder sebanyak 18 buah silinder (10 buah untuk umur 7 hari dan sisanya 8 buah untuk umur 28 hari).

Uji lendutan Balok

Tabel 3.1 Ukuran balok uji lentur.

NO	ITEM	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	volume
1	Balok utuh	150	250	2900	1
2	Balok Sambungan $\frac{1}{2}$ Bentang (1 hari lanjut cor)	150	250	2900	1
3	Balok Sambungan $\frac{1}{2}$ Bentang (2 hari lanjut cor)	150	250	2900	1
4	Balok Sambungan $\frac{1}{4}$ Bentang (1 hari lanjut cor)	150	250	2900	1
5	Balok Sambungan $\frac{1}{4}$ Bentang (2 hari lanjut cor)	150	250	2900	1
Jumlah					5

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hasil Pengujian Baja.

Dari hasil uji laboratorium baja di FT UI di Depok didapat sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Uji Tulangan

DIAMETER (mm)	JENIS TULANGAN	TEGANGAN (kg/cm ²)			PENGKOLONGAN
		LELEH	MAXIMUM	PUTUS	
11,4	polos	3099,7	4249,6	19998	U ₂₄
5,4	polos	3099,7	3863,6	19318,1	U ₂₄

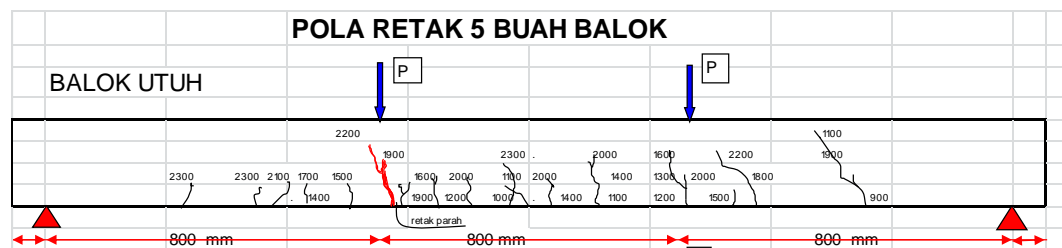
Analisa Hasil Uji Tekan Silinder.

Dari hasil 18 benda uji tekan silinder yang terdiri dari 10 buah berumur 7 hari dan 8 buah berumur 28 hari didapatkan hasil sebagai berikut :

- Berat beton rata-rata = 2276,7 kg / m³.
- Tegangan tekan beton rata-rata = 278,1 kg/cm².
- Mutu beton dari laboratorium = 247,3 kg/cm².

Analisa Pola Retak

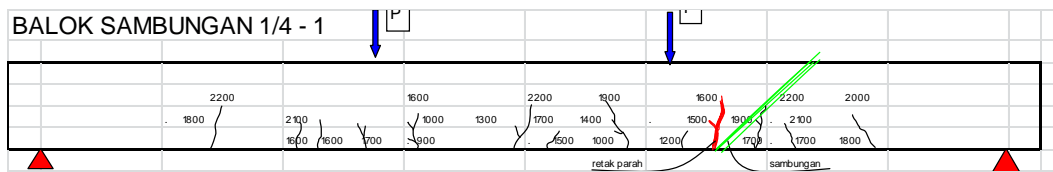
Balok Utuh



Gambar 1. Pola Retak Balok Utuh

- Keretakan awal retak rambut terjadi pada beban 907,47 kg
- Keretakan awal tersebut terletak pada jarak 62,50 cm dari As balok ke kanan dengan ketinggian 9 cm .
- Keretakan tersebut terus berlanjut naik ke atas pada beban 1107,47 kg dan terakhir pada beban 1.907,47 kg (keretakan berhenti), dengan ketinggian total menjadi 22 cm
- Keretakan parah terjadi pada beban awal 1.907,47 kg, dengan ketinggian 12,5 cm keretakan terus naik ke atas sampai beban mencapai 2.207 kg dan dengan ketinggian total menjadi 15,5 cm
- Keretakan parah terjadi pada jarak 33 cm dari As balok ke kiri
- Ketika beban ditambah jadi 2307,47 kg, maka semua dial (A, B, C) berputar terus dan dial pada hidraulik jack turun. Ini berarti balok sudah tidak dapat menerima beban lagi
- Dari 15 buah retakan, 4 buah setinggi $\frac{3}{4}$ dari tinggi balok, 3 buah setinggi $\frac{1}{2}$ tinggi balok dan sisanya 8 buah dengan ketinggian $\frac{1}{4}$ sampai dengan $\frac{1}{3}$ tinggi balok.
- Retakan tertinggi (retak rambut) setinggi 22 cm terletak 82,5 cm dari as kekanan (retakan paling tepi) dengan kemiringan 80° .
- Keretakan-keretakan yang terjadi adalah akibat lentur sedangkan keretakan akibat geser tidak ada .

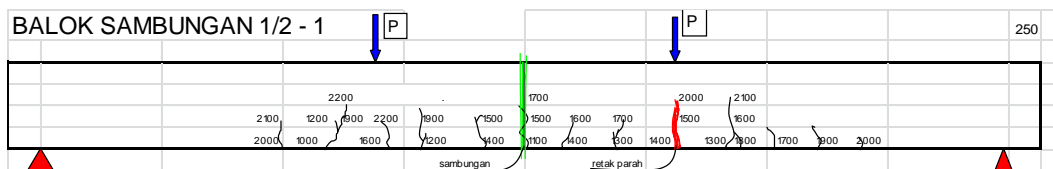
Balok ¼ – 1



Gambar 2. Pola Retak Balok Sambungan ¼ - 1

- Keretakan awal pada beban 907,47 kg berupa retak rambut, dengan ketinggian 3,5 cm kemudian keretakan terus naik ke atas sampai beban 1.007,47 kg dan berhenti pada beban 1.600 kg, dengan ketinggian 12 cm.
- Keretakan awal terletak pada jarak 21 cm dari As balok ke kiri
- Retak parah terjadi dimulai dari beban 1.607,47 kg, dengan ketinggian 6,5 cm. Keretakan semakin melebar ketika beban 2.207,47 kg dengan total ketinggian menjadi 12,5 cm
- Retak parah terletak pada sambungan, dari as kekanan.
- Dari 13 buah keretakan yang ada 7 buah mempunyai ketinggian ½ dari tinggi balok sedangkan sisanya 6 buah mempunyai ketinggian 1/3 dari tinggi balok.
- Keretakan tertinggi (retak rambut) setinggi 14 cm, terletak 55 cm dari as ke kanan.
- Keretakan-keretakan yang terjadi adalah akibat lentur disini tidak ada keretakan akibat geser.
- Beban maksimum yang diterima adalah 2207,5 kg pada pembebanan 2307,5 kg semua dial berputar dan pompa (hidraulik jack) tidak bisa dipompa lagi, sedangkan dial pada hidraulik jack turun.

Balok 1/2 – 1

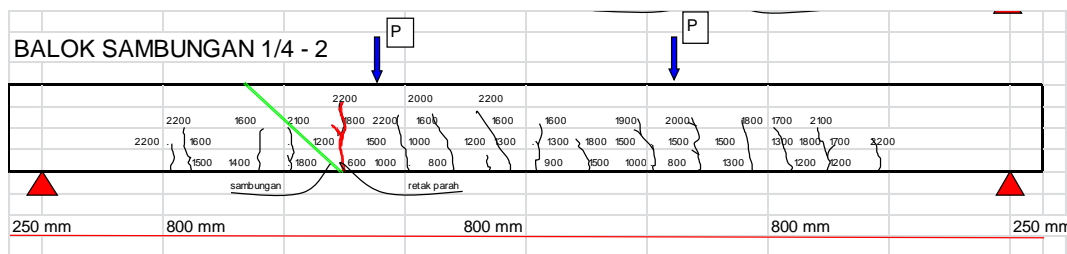


Gambar 3. Pola Retak Balok Sambungan 1/2 - 1

- Retak awal pada beban $P = 1.107,47$ kg, dengan ketinggian 4,5 cm keretakan bertambah keatas pada beban 1.107,47 kg, 1.407,47 kg dan 1.607,47 kg dengan ketinggian 11,5 cm.

- Retak awal ini terjadi pada 44,50 cm dari As balok ke kiri
- Retak parah dimulai pada beban 1.407,47 kg, 1.507,47 kg dan 2.007,47 kg dimulai dari ketinggian 6,5 cm dan terus berlanjut sampai ketinggian 13 cm.
- Retak parah terletak 44,50 cm dari As balok ke kiri
- Pada sambungan tidak terlihat adanya keretakan
- Dari 13 buah keretakan 7 buah dengan ketinggian $\frac{1}{2}$ dari tinggi balok sedangkan sisanya 6 buah dengan ketinggian $\frac{1}{4}$ sampai dengan $\frac{1}{3}$ tinggi balok.
- Retak tertinggi mencapai 14 cm dengan beban 2107,5 kg , terletak 51 cm dari as kekanan
- Beban maksimum yang diterima adalah 2207,5 kg pada pembebanan 2307,5 kg semua dial berputar dan pompa (hidraulik jack) tidak bisa dipompa lagi

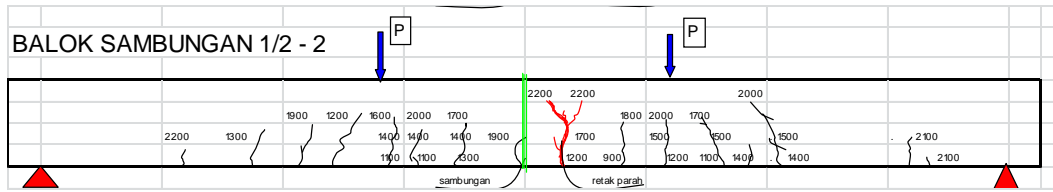
Balok 1/4 – 2



Gambar 4. Pola Retak Balok Sambungan $\frac{1}{4}$ - 2

- Retak awal pada beban $P = 607,47$ kg, dengan ketinggian 6 cm dilanjutkan dengan beban 807,47 kg, 1.207,47 kg dan 1.807,47 kg dengan ketinggian retakan total menjadi 19 cm. Ini merupakan retak yang pa-ling tinggi.
- Retak awal terlatak pada sambungan $\frac{1}{4}$ (sebelah kiri dari As)
- Retak awal kemudian makin lama menjadi retak parah pada sam - bungan .
- Dari 17 retakan 9 buah mempunyai tinggi $\frac{2}{3}$ dari tinggi balok sisa-nya 8 buah mempunyai tinggi $\frac{1}{2}$ dari tinggi balok.
- Sudut kemiringan $70 - 85^\circ$
- Retak keseluruhan yang ter jadi adalah retak lentur, tidak ada retak geser.
- Beban maksimum yang diterima adalah 2207,5 kg pada pembebanan 2307,5 kg semua dial berputar dan pompa (hidraulik jack) tidak bisa dipompa lagi sedangkan dial pada hidraulik jack turun.

Balok 1/2 – 2



Gambar 5. Pola Retak Balok Sambungan 1/2 - 2

- Retak awal pada beban 707,47 kg, dengan ketinggian 4,5 cm keretakan bertambah naik ke atas sampai ketinggian 14,5 cm pada beban 1.107,47 kg, 1.407,47 kg dan 1.607,47 kg
- Retak awal terletak pada 34 cm dari As balok ke kiri.
- Retak parah dimulai dari beban 1.207,47 kg, pada ketinggian 7,5 cm kemudian berhenti pada beban 2.207,47 kg dengan ketinggian 20 cm dan ini merupakan retak tertinggi.
- Retak parah terletak pada 12,50 cm dari As balok ke kanan
- Ada retak halus pada jarak 1 cm dari sambungan ke kiri pada beban 1.907,5 kg, tetapi keretakan tersebut berhenti pada ketinggian 9 cm padahal beban terus ditambah.
- Dari 16 buah keretakan 3 buah mempunyai ketinggian $\frac{2}{3}$ tinggi balok, 4 buah dengan ketinggian $\frac{1}{2}$ tinggi balok, sisanya 6 buah mempunyai ketinggian $\frac{1}{4}$ s/d $\frac{1}{3}$ tinggi balok.
- Keretakan terjadi akibat lentur, tidak ada akibat geser.
- Beban maksimum yang diterima adalah 2207,5 kg pada pembebanan 2307,5 kg semua dial berputar dan pompa (hidraulik jack) tidak bisa dipompa lagi sedangkan dial pada hidraulik turun.

Dari hasil pengamatan pola retak dari berbagai balok, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Pada balok sambungan di tengah tidak mengalami retak parah
- Pada balok sambungan $\frac{1}{4}$ terdapat retak parah
- Berdasarkan pola retak pada sambungan dapat dikatakan bahwa sambungan $\frac{1}{2}$ lebih baik dari sambungan $\frac{1}{4}$.
- Retak yang terjadi adalah akibat lentur.
- Sudut kemiringan $70^\circ - 85^\circ$.
- Kemampuan kelima balok sama yaitu 2207,5 kg, pada beban 2307,5 kg kelima balok runtuh (patah).
- Berdasarkan jumlah retakan dan tinggi rata-rata antara sambungan $\frac{1}{2}$ sedikit lebih unggul dari sambungan $\frac{1}{4}$.

Analisa Lendutan

1 Lendutan pada titik A (Dial A)

- Pengamatan pada posisi ujung atas grafik menunjukkan bahwa sambungan $\frac{1}{2}$ mempunyai kecenderungan lendutan lebih besar dari lendutan pada sambungan $\frac{1}{4}$ dan balok utuh mempunyai kecenderungan lendutan paling besar diantara kedua sambungan. Menurut logika se-harusnya balok utuh mempunyai lendutan lebih kecil dari yang menggunakan sambungan, hal ini berarti ada sesuatu yang membuat balok utuh lemah.
- Pengamatan pada besarnya angka (nilai) lendutan menunjukkan perbedaan yang amat kecil sekali, sehingga dapat dikatakan bahwa ketiga balok itu mempunyai kecenderungan lendutan yang relatif sama.
- Pengamatan pada bagian bawah grafik menunjukkan adanya lonjakan grafik yang tidak sesuai dengan lengkung garis di atasnya dan hal ini yang mengakibatkan perbedaan besarnya lendutan akhir. Bila lonjakan ini tidak ada (karena hal ini diduga suatu kesalahan penelitian) maka disimpulkan bahwa semua lendutan cenderung sama besar.

2 Lendutan pada titik B (di tengah)

- Pengamatan pada posisi ujung atas grafik menunjukkan bahwa sambungan $\frac{1}{2}$ mempunyai kecenderungan lendutan lebih besar dari lendutan pada sambungan $\frac{1}{4}$ dan balok utuh mempunyai kecenderungan lendutan paling besar diantara kedua sambungan. Menurut logika se-harusnya balok utuh mempunyai lendutan lebih kecil dari yang menggunakan sambungan, hal ini berarti ada sesuatu yang membuat balok utuh lemah.
- Pengamatan pada besarnya angka (nilai) lendutan menunjukkan perbedaan yang amat kecil sekali, sehingga dapat dikatakan bahwa ketiga balok itu mempunyai kecenderungan lendutan yang relatif sama.
- Pengamatan pada bagian bawah grafik menunjukkan adanya lonjakan grafik yang tidak sesuai dengan lengkung garis di atasnya dan hal ini yang mengakibatkan perbedaan besarnya lendutan akhir. Bila lonjakan ini tidak ada (karena hal ini diduga suatu kesalahan penelitian) maka disimpulkan bahwa semua lendutan cenderung sama besar.

3 Lendutan pada titik C

- Pengamatan pada ujung atas grafik menunjukkan bahwa pada sambungan $\frac{1}{2} - 2$ mempunyai lendutan lebih besar dari pada sambungan $\frac{1}{4} - 2$, tetapi pada sambungan $\frac{1}{4} -$

1 mempunyai kecenderungan len-dutan lebih besar dibandingkan sambungan $\frac{1}{2}$ - 2 dan balok utuh mempunyai lendutan lebih besar dari kedua sambungan. Menurut logika seharusnya balok utuh mempunyai lendutan lebih kecil dari yang menggunakan sambungan , hal ini berarti ada sesuatu yang membuat balok utuh menjadi lemah.

- Pengamatan pada besarnya angka (nilai) lendutan menunjukkan perbedaan yang amat kecil sekali, sehingga dapat dikatakan bahwa ketiga balok itu mempunyai kecenderungan lendutan yang relatif sama.
- Pengamatan pada bagian bawah grafik menunjukkan adanya lonjakan grafik yang tidak sesuai dengan lengkung garis di atasnya dan hal ini yang mengakibatkan perbedaan besarnya lendutan akhir. Bila lonjaka-n ini tidak ada(karena hal ini diduga suatu kesalahan penelitian) maka disimpulkan bahwa semua lendutan cenderung sama besar.

Berdarkan uraian analisa lendutan diatas , maka didapat kesimpulan bahwa :

- Balok sambungan $\frac{1}{2}$ mempunyai kecenderungan lendutan lebih besar dari sambungan $\frac{1}{4}$.Ini berarti bahwa sambungan $\frac{1}{2}$ cenderung lebih baik dari sambungan $\frac{1}{4}$.
- Melihat perbedaan angka lendutan dan bila lonjakan grafik bagian awal dihilangkan (diperbaiki) maka kedua sambungan itu cenderung mempunyai lendutan yang sama besar.
- Balok utuh mempunyai lendutan yang sama besar dengan lendutan kedua sambungan.

KESIMPULAN.

- Berdasarkan pola retak disimpulkan :
 - Balok sambungan $\frac{1}{2}$ lebih baik dari pada balok sambungan $\frac{1}{4}$.
 - Balok utuh lebih baik dari keduanya.
- Berdasarkan kemampuan memikul beban (P) :
 - Semua balok mempunyai kemampuan menahan beban maksimum yang sama yaitu 2207,5 kg.
- Berdasarkan lendutan disimpulkan :
 - Balok sambungan $\frac{1}{2}$ mempunyai kecenderungan lendutan sedikit lebih besar dari sambungan $\frac{1}{4}$, berarti balok sambungan $\frac{1}{2}$ mempunyai kemampuan lebih besar (lebih baik) dari sambungan $\frac{1}{4}$.

- Melihat perbedaan angka lendutan dan bila lonjakan grafik pada bagian awal dihilangkan (diperbaiki) maka kedua sambungan itu cenderung sama besar lendutannya.
- Balok utuh mempunyai kecenderungan nilai lendutan yang sama besar dengan lendutan sambungan $\frac{1}{2}$ dan sambungan $\frac{1}{4}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Dipohusodo, Istimawan (1994), Struktur Beton Bertulang, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M., 1991, Bahan dan Praktek Beton, Edisi Keempat, Terjemahan oleh Stephanus Hindarko, Erlangga, Jakarta
- Nawy , E.G (1990). Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, terjemahan Bambang Suryoatmono, Eresco, Bandung.

.....

