

## PERILAKU LENDUTAN DAN RETAK PADA BALOK BETON BERTULANG DENGAN TAMBAHAN SERAT BAJA

Faisal Ananda<sup>1</sup>, Agoes Soehardjono<sup>2</sup>, Achfas Zacoeb<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Magister Teknik Sipil Universitas Brawijaya, Malang  
<sup>2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil Struktur Program Magister Universitas Bawijaya, Malang  
Email: Anandabrawijaya@gmail.com

### Abstrak

Pengkajian lendutan dan lebar retak yang dilakukan bertujuan untuk meminimalisir lendutan dan lebar retak yang terjadi. Pengujian ini menggunakan balok beton bertulang dengan ukuran 15cm x 25cm x 180cm. Pengujian dilakukan bertahap setiap 108kg sampai lelehnya tulangan. Peningkatan serat 0%, 1,57%, 3,14%, dan 4,71%. Berdasarkan penambahan serat maksimum 4,71% mendapatkan penurunan kuat tekan sebesar 2%, penurunan modulus *rupture* 2,54%, kuat tarik mengalami peningkatan sebesar 0,27%. Peningkatan rata-rata lendutan dengan penambahan serat mencapai maksimum 4,71% pada dimensi tulangan 10 sebesar 0,31%. Pada dimensi tulangan 12 dan 14 mengalami peningkatan sebesar 20,4% dan 11,68%. Peningkatan serat pada saat tulangan mencapai leleh terjadi peningkatan lebar retak maksimum. Pada tulangan berdiameter 10 dengan peningkatan serat mencapai maksimum 4,71%, terjadi peningkatan sebesar 4,22%. Pada tulangan berdiameter 12 dan penulangan diameter 14 dengan peningkatan serat mencapai maksimum 4,71%, terjadi peningkatan sebesar 8,49 dan 9,9%.

**Kata kunci** : lebar retak, lendutan, rasio tulangan, serat baja

### Abstract

*The assessment on deflection and crack width was done to minimize the deflection and crack width exist. This test uses reinforced concrete beams with a size of 15cm x 25cm x 180cm. The test was done gradually started at 108kg until the reinforcement reaching to yield. The increasing of the fiber done were at 0%, 1.57%, 3.14%, and 4.71%. Based on the addition of maximum fiber of 4.71%, it was found a decrease of 2% in compressive strength, a decrease of 2.54% in the of rupture modulus, and an increase of 0.27% in tensile strength. The average increasing with the addition of fiber deflection reaches a maximum of 4.71% on the 10-dimensional reinforcement of 0.31%. In reinforcement dimensions on 12 and 14 increased by 20.4% and 11.68%. Increasing fiber during reinforcement yield achieved an increased in the maximum crack width. In reinforcement diameter of 10 with increasing fiber to reach a maximum of 4.71% was 4.22%. In reinforcement diameter 12 and 14 with an increase in fiber diameter reached a maximum of 4.71% were 8.49 and 9.9%.*

**Keywords** : deflection, fiber steel, reinforcement ratio, width crack

### PENDAHULUAN

Beton mempunyai nilai kuat tekan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya. Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara nilai lebih kurang 10-65 MPa. (Mulyono, 2004). Peningkatan defleksi atau lendutan berpengaruh besar dengan adanya retak pada beton bertulang, yang dikarenakan pengurangan kekakuan lentur pada bagian retak ketika berpengaruh pada sumbu tarik yang bekerja di bawah sumbu netral berkurang. Dalam meningkatkan perkuatan lentur juga bisa dengan penambahan serat.

Menurut (Deluce & Vechio, 2013), Penambahan serat pada beton dapat meningkat-

kan perilaku elemen struktur, meningkatkan perilaku tarik pasca retak dan mengontrol retak. Pembebanan jangka panjang juga mempengaruhi retak yang telah terjadi, maka dengan penambahan serat juga merupakan hal yang paling efektif dalam pengaturan retak (Vasanelli dkk, 2012).

Keterkaitan volume serat ( $V_f$ ) dan kadar serat ( $W_f$ ), rasio serat ( $l_f/d_f$ ), dan bahan asal serat terhadap retak, baik lebar retak dan jarak retak juga bisa menjadi komponen yang dikaji. Sesuai dengan peraturan yang berlaku di dalam permasalahan retak, baik SNI 03-2847-2002 dan perbandingan terhadap penelitian sebelumnya, Penelitian yang terdahulu

merumuskan lebar retak dengan parameter yang berlaku secara umum yaitu tegangan baja ( $f_s$ ), diameter tulangan ( $db$ ) dan selimut beton ( $c$ ). Studi parameter yang bisa juga dikaji dengan keterkaitan terhadap retak yaitu rasio tulangan ( $\rho$ ) dan spasi tulangan ( $S$ ) agar rumusan lebar retak lebih fleksibel untuk digunakan.

Penelitian ini bertujuan mengetahui bagaimana pengaruh penambahan serat baja terhadap kuat tekan beton dan, modulus *rupture*. Penambahan serat baja ( $W_f$ ) dan variasi peningkatan rasio tulangan ( $\rho_r$ ) juga secara langsung mempengaruhi terhadap defleksi, dan lebar retak ( $w$ ), sehingga hal ini dapat diketahui seberapa besar pengaruhnya secara terukur. Penambahan serat baja ( $W_f$ ) dan variasi peningkatan rasio tulangan ( $\rho_r$ ) juga akan mempengaruhi biaya yang dikeluarkan, sehingga menilai seberapa besar biaya yang dikeluarkan menjadi salah satu tujuan dalam penelitian ini.

## BAHAN DAN METODE

Lendutan yang berlebihan dari unsur (batang) boleh jadi untuk batang itu sendiri tidak begitu merugikan, akan tetapi pengaruhnya pada komponen yang dipikul oleh batang yang melendut sering menentukan besar lendutan yang diperbolehkan. Kondisi dalam penilaian diantara dua inersia diantara tahapan pra retak dan tahapan retak yaitu inersia efektif, dimana merupakan momen inersia dari penampang retak transformasi. Menurut persamaan Branson (1977).

Seperti yang telah kita ketahui serat juga dapat menunda pertumbuhan retak, meningkatkan kekerasan dengan meneruskan tegangan di bagian retak sehingga deformasi lebih lama terjadi yang memungkinkan melebihi tegangan puncak dibandingkan dengan perkuatan tanpa serat (Neville & Brooks, 2010).

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan dan Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Benda uji balok

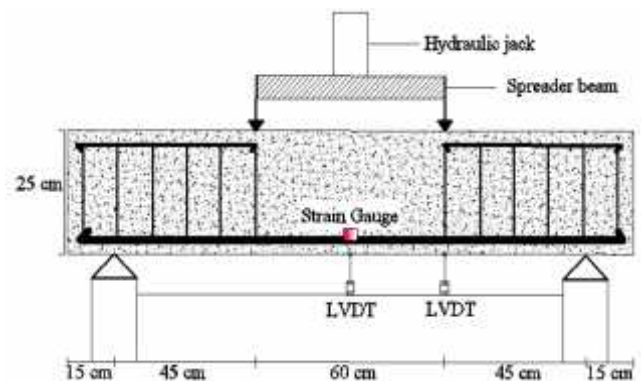
berukuran (15x25x180) cm. Pembebanan dilakukan dengan kondisi dua titik pembebanan (*a two point loading*). Benda uji *full scale*. Penulangan dalam kondisi *under reinforced*. Direncanakan menggunakan tumpuan sederhana pada kedua sisinya.

Tabel 1. Lebar retak maksimum yang diizinkan

Kondisi Lingkungan	Lebar retak (mm)
Udara kering atau membran terlindung.	0,41
Udara lembab, tanah, senyawa kimia	0,30
Air laut, basah maupun kering	0,18
Struktur penahan air	0,15
(tidak termasuk pipa tak bertekanan)	0,10

Sumber: ACI Committee 224

Perancangan campuran adukan beton (SNI 03-2834-2000)  $f_c' = 20\text{MPa}$ . Serat baja yang digunakan adalah serat baja yang terfabrikasi (Dramix RC-80/60-BN) dengan  $l/d = 80$  dengan kekuatan tarik minimal serat  $1050\text{ N/mm}^2$ . Slump awal  $15\text{cm} \pm 2\text{cm}$ , dan untuk pengujian lendutan juga lebar retak menggunakan beton setelah dicampur serat. Sampel kuat tekan, dan tarik belah dibuat menggunakan silinder.



Gambar 1. Skema rangkaian pembebanan dan pengujian.

Tabel 2. Proporsi campuran beton

Jenis Material	Jumlah (Kg)
Semen	410.00
Air	205.00
Agregat Kasar	802.04
Agregat Halus	980.27

Tabel 3. Kebutuhan serat berdasarkan variasi serat

Persentase Serat (%)	Fungsi Serat	Jumlah	Total Serat (Kg)
0	Balok	3	0
1,56	Balok	3	3,113
3,14	Balok	3	6,226
4,71	Balok	3	9,340
0	Silinder	6	0
1,56	Silinder	6	0,489
3,14	Silinder	6	0,978
4,71	Silinder	6	1,467

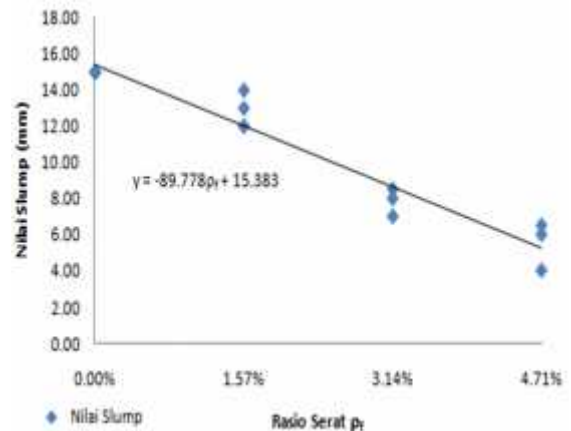
Tabel 4. Pengujian tarik baja

Ø tul	...r (%)	fy exp (MPa)
10	0,523	324,93
12	0,76	269,02
14	1,048	260,21

Setelah benda uji mencapai umur 28 hari kemudian diadakan pengambilan data berupa pengambilan beban statik, lendutan, lebar retak dan regangan sesuai dengan peraturan yang digunakan SNI 03-2847-2002. Tulangan utama menggunakan  $f_y = 240\text{MPa}$  dan di uji tarik sesuai SNI 07-2052-2002 Benda uji balok dibebani oleh beban garis dengan pembebanan dimulai dari nol sampai leleh yaitu  $v_y = \frac{f_y}{E_s}$ . Besar beban (P) kN dapat dibaca melalui jarum yang berada di *proving ring* dengan interval pembacaan 108kg atau 2 strip dibaca *proving ring*, sampai tercapai kuat batas balok, yang ditandai dengan lelehnya tulangan baja tarik dibagian bawah balok. Pengamatan yang dilakukan antara lebar retak juga lendutan terhadap tegangan yang terjadi pada beton bertulang baik sebelum atau sesudah ditambah serat baja beton, dan terhadap variasi tulangan.

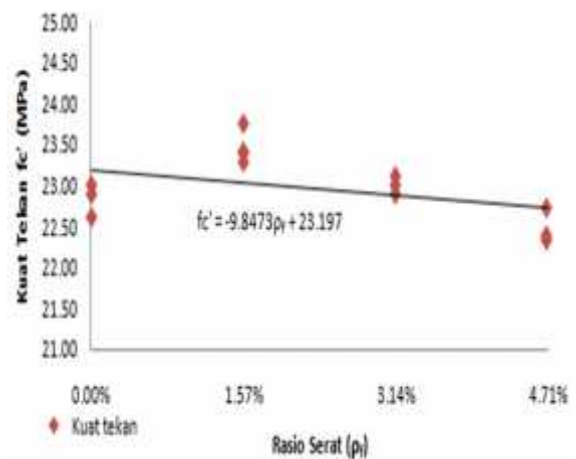
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah mendapatkan proporsi campuran, maka dilakukan pengadukan semen dan dilakukan pengujian slump.



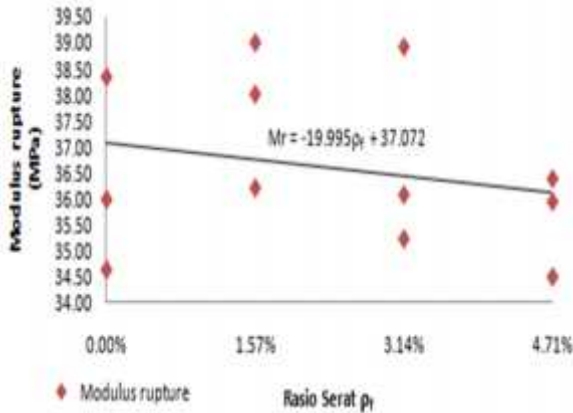
Gambar 2. Rasio nilai rata-rata slump

Prosentase peningkatan nilai slump rata-rata dengan kondisi mencapai serat maksimum sebesar 64,78%. Setelah dilakukan pengujian slump maka dilakukan pengujian tekan. Kuat tekan rata-rata yang didapatkan berdasarkan persamaan mengalami penurunan. Pada penambahan serat 1,57% terjadi penurunan sebesar 0,67%. Pada penambahan serat 3,14% dan 4,71% terjadi penurunan kuat tekan 1,33% dan 2,00%.



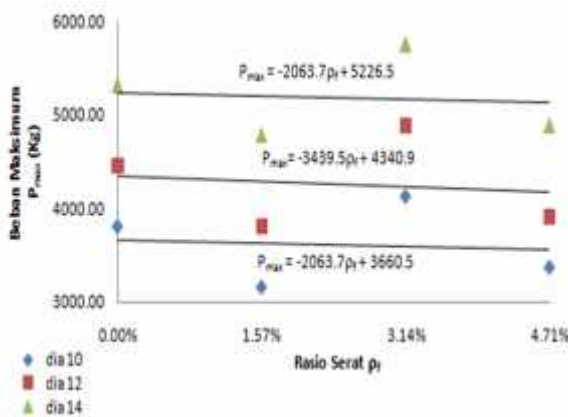
Gambar 3. Kuat tekan beton serat

Modulus *rupture* rata-rata yang didapatkan berdasarkan persamaan mengalami penurunan seiring dengan penambahan serat. Pada penambahan serat 1,57 % terjadi penurunan sebesar 0,85%. Pada penambahan serat 3,14% dan 4,71% terjadi penurunan kuat tekan 1,69% dan 2,54%.



Gambar 4. Modulus *rupture* beton serat

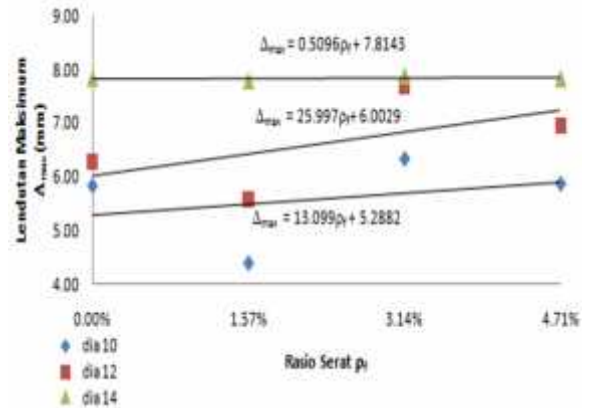
Pada tulangan berdiameter 10 dengan peningkatan serat mencapai maksimum 4,71%, terjadi penurunan beban maksimum sebesar 1,86%. Pada tulangan berdiameter 12 terjadi penurunan beban maksimum sebesar 3,73%. Pada penulangan diameter 14 dengan peningkatan serat maksimum terjadi penurunan beban maksimum mencapai 2,66%.



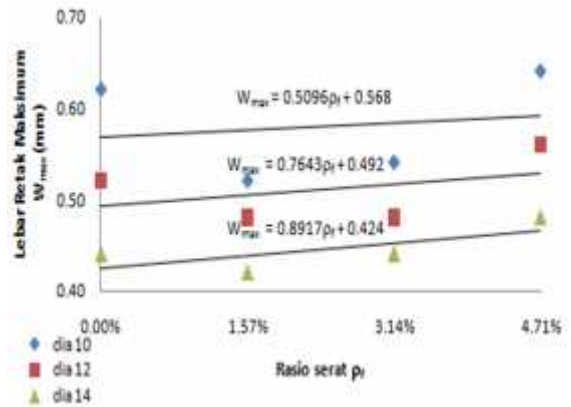
Gambar 5. Perbandingan Beban maksimum ( $P_{max}$ ) kondisi tulangan mencapai leleh

Kondisi peningkatan rata-rata lendutan

dengan penambahan serat mencapai maksimum 4,71% pada dimensi tulangan 10 sebesar 0,31%. Pada dimensi tulangan 12 dan 14 mengalami peningkatan lendutan sebesar 20,4% dan 11,68%.



Gambar 6. Perbandingan lendutan maksimum ( $\Delta_{max}$ ) kondisi tulangan mencapai leleh



Gambar 7. Perbandingan lebar retak maksimum ( $W_{max}$ ) kondisi tulangan mencapai leleh

Penambahan serat pada saat tulangan mencapai leleh terjadi peningkatan lebar retak. Pada tulangan berdiameter 10 dengan penambahan serat mencapai maksimum 4,71 %, terjadi peningkatan lebar retak sebesar 4,22%. Pada tulangan berdiameter 12 dengan penambahan serat mencapai maksimum 4,71%, terjadi peningkatan lebar retak sebesar 8,49%. Pada penulangan diameter 14 dengan penambahan serat maksimum men-

capai 4,71%, didapatkan peningkatan lebar retak mencapai 9,9%.

## KESIMPULAN

1. Kuat tekan yang didapatkan pada penambahan serat dan dengan pengurangan kadar semen mencapai nilai optimum terjadi penurunan kuat tekan sebesar 2%.
2. Peningkatan serat pada saat tulangan mencapai leleh terjadi penurunan pembebanan. Pada tulangan berdiameter 10 dengan peningkatan serat mencapai maksimal 11,25%, terjadi penurunan sebesar 1,86%. Pada tulangan berdiameter 12 dan penulangan diameter 14 didapatkan penurunan beban optimum rata-rata mencapai 3,73% dan 2,66%.
3. Peningkatan rata-rata lendutan dengan penambahan serat mencapai optimum 11,25% pada dimensi tulangan 10 sebesar 0,31%. Pada dimensi tulangan 12 dan 14 mengalami peningkatan sebesar 20,4% dan 11,68%.
4. Peningkatan serat pada saat tulangan mencapai leleh terjadi peningkatan lebar retak. Pada tulangan berdiameter 10 dengan peningkatan serat mencapai maksimal 11,25%, terjadi peningkatan sebesar 4,22%. Pada tulangan berdiameter 12 dan penulangan diameter 14 dengan peningkatan serat mencapai maksimal 11,25%, terjadi peningkatan 8,49 dan 9,9%.
5. Peningkatan rasio tulangan terhadap beban maksimum dari 0,00523 ke 0,01048 terjadi peningkatan beban maksimum sebesar 39,78%. Peningkatan nilai lendutan maksimum yang terjadi dengan peningkatan rasio tulangan sebesar 34,48%. Sedangkan penurunan nilai lebar retak maksimum yang terjadi dengan peningkatan rasio tulangan sebesar 29,03%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Deluce, R. Jordon. dan Vecchio, J.F (2013) Cracking Behaviour of Steel Fiber-Reinforced Concrete Members Containing Conventional Reinforcement, *ACI Structural Journal*, Vol. 110, No. 3, pp. 481-490.
- Mulyono, T (2005) *Teknologi Beton*, CV. Andi Offset, Yogyakarta.
- Neville, A.M., dan Brooks, J.J (2010). *Concrete Technology*, Second edition, University of Leeds, Inggris.
- SNI 03-2834-2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal*. BSN. Puslitbang Teknologi Pemukiman, Balitbang Kimpraswil Departemen Kimpraswil. Bandung.
- SNI 03-2847-2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. BSN. Puslitbang Teknologi Pemukiman, Balitbang Kimpraswil Departemen Kimpraswil. Bandung.
- Vasanelli, E., Micelli F., Aiello, A.M., dan Plizzari, G. (2012), Analytical Prediction of Crack Width of FRC/RC Beams Under Short and Long Term Bending Condition, *VIII International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structure*, Italy.