ANALISIS PENGARUH PANJANG DAN BENTUK FIBER KALENG BEKAS TERHADAP KUAT LENTUR DAN LEBAR RETAK BALOK BETON BERTULANG

Indradi Wijatmiko^{*1}, Ari Wibowo¹, Christin Remayanti Nainggolan¹

¹Dosen/ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik / Universitas Brawijaya

Korespondensi : indradi@ub.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah sebagai material konstruksi merupakan salah satu inovasi dan solusi untuk mengurangi limbah. Pemanfaatan material limbah tersebut tidak hanya untuk mengatasi limbah tetapi juga untuk menghasilkan material konstruksi yang kuat dan bersifat *green building*. Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan dan banyak ditemukan di lingkungan sekitar adalah kaleng kemasan baik untuk minuman maupun makanan. Kaleng bekas kemasan merupakan material yang dapat didaur ulang dan dimanfaatkan kembali. Dengan menemukan manfaat lain dari kaleng bekas tentu akan meningkatkan nilai ekonomi dan fungsi dari kaleng bekas sehingga masyarakat dapat melihat sisi dan nilai lain dari kaleng bekas. Kaleng bekas yang telah dipotong-potong sehingga menyerupai serat/fiber dapat menjadi material fiber pada beton bertulang. Pada penelitian ini kaleng bekas dipotong sehingga dimensi nya menjadi 2 x 40 mm (polos dan pilin) dan 2 x 80 mm (polos). Fiber tersebut ditambahkan sebanyak 10% dari volume benda uji dan kemudian dilakukan uji lentur dan pengamatan lebar retak. Beton fiber memiliki kelemahan yaitu lemahnya ikatan antara fiber dengan semen sehingga dilakukan penelitian mengenai pengaruh panjang dan bentuk fiber kaleng bekas terhadap kuat lentur dan lebar retak beton bertulang. Variasi fiber 80 mm polos memiliki bidang geser yang lebih luas daripada variasi lainnya sehingga memiliki ikatan fiber semen yang lebih baik dan dapat meningkatkan kuat lentur dan mengurangi retakan yang terjadi.

Kata kunci : beton fiber, kuat lentur, lebar retak, kaleng bekas, pilin

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi, beton merupakan material yang paling umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lainnya. Untuk menghasilkan beton yang kuat dengan menggunakan material yang ramah lingkungan, maka banyak inovasi yang diterapkan pada pembuatan beton. Salah satu inovasi yang ada adalah beton fiber dengan menggunakan kaleng bekas sebagai material fiber. Penggunaan fiber pada campuran pembuatan beton memiliki tujuan untuk meningkatkan kemampuan beton dalam menahan tarik, sehingga dapat mengurangi terjadinya lendutan dan retakan akibat beban. Material fiber dari kaleng bekas merupakan salah satu upaya dalam memanfaatkan limbah yang ada

di lingkungan sekitar. Dengan memanfaatkan limbah tersebut diharapkan dapat mengatasi masalah limbah kaleng bekas serta memberikan nilai tambah pada limbah tersebut. Kaleng bekas yang digunakan sebagai material fiber dapat berupa bekas tempat makanan dan minuman yang banyak kita jumpai, sehingga material tersebut juga bersifat ekonomis.

Serat/fiber kaleng bekas merupakan serat yang berasal dari kaleng bekas makanan/minuman yang diolah menjadi serat-serat kecil dengan ukuran tertentu. Penambahan fiber kaleng bekas pada pembuatan beton dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah [1][2] dimana prosentase pengaruhnya dipengaruhi oleh rasio

dimensi fiber, prosentase fraksi fiber dan bentuk fiber [3].

Kuat tarik beton pada umumnya hanya mencapai 8 -15% dari kuat tekan beton, sehingga beton bertulang direncanakan dengan menganggap beton sama sekali tidak menahan gaya tarik akan tetapi tulangan baja yang menahan kuat tarik tersebut. Beban yang terus menerus diterima oleh balok beton bertulang akan menyebabkan balok melendut dan akhirnya menimbulkan retak pada beton bertulang. Retak tersebut akan semakin bertambah jumlahnya dan semakin lebar ketika balok terus menerus menerima beban. Retak tersebut akan menyebabkan ikatan antar agregat kasar menjadi terpisah, tulangan baja terekspos dan mengalami karat sehingga pada akhirnya dapat menyebabkan keruntuhan pada balok.

Penggunaan material limbah sebagai fiber juga dapat meningkatkan kapasitas beban lentur [4] dan beban retak beton bertulang [5][6]. Ikatan yang terjadi antara fiber dan semen akan membantu beton dalam menahan tarik serta retak yang timbul, akan tetapi terdapat kelemahan dalam ikatan antara fiber dan semen. Kelemahan tersebut adalah kecilnya gaya gesek antara fiber dan semen sehingga mudah terjadi slip dan mengakibatkan fiber tidak dapat bekerja dengan sempurna pada beton fiber. Terdapat beberapa metode untuk mengatasi kelemahan tersebut diantaranya yaitu memperluas bidang kontak dan membentuk fiber sedemikian rupa sehingga terjadi kuncian antara fiber dengan semen. Untuk mempelajari lebih lanjut mengenai efek dari perluasan bidang kontak dan bentuk fiber maka dilakukan penelitian pada balok beton bertulang fiber dengan variasi panjang dan bentuk untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kuat lentur dan lebar retak.

2. STUDI PUSTAKA

Beton bertulang fiber atau lebih dikenal sebagai *fiber reinforce concrete* (FRC) merupakan beton bertulang dengan tambahan fiber dimana fiber tersebut dapat berupa *steel fiber*, *glass fiber*, *natural fiber* dan material lainnya. Setiap material yang digunakan sebagai material fiber memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap kuat mekanik beton. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa dengan penambahan serat

pada campuran beton dapat memperbaiki beberapa sifat beton seperti meningkatkan daktilitas, kuat tarik, kuat lentur, ketahanan terhadap beban kejut, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue life*), ketahanan terhadap susut dan keausan.

Material lain yang dapat digunakan sebagai material fiber adalah limbah industri dan limbah rumah tangga. Fiber dari limbah industri yang dapat digunakan sebagai material fiber antara lain adalah potongan baja, besi galvanis dan serat *polypropylene* (PP) [7]. Beton fiber dengan tambahan material tersebut menyebabkan *workability* dari FRC menurun (fraksi fiber > 1%) karena area permukaan fiber PP cukup besar sehingga pasta semen menempel pada permukaan fiber sehingga beton menjadi lebih kental. *Workability* akan mempengaruhi kekuatan beton sehingga fraksi fiber akan mempengaruhi kekuatan mekanis FRC. Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi kinerja fiber pada beton diantaranya yaitu :

1. Jenis serat, penentuan jenis serat bergantung pada tujuan penambahan serat kedalam campuran beton. Pada dasarnya, semua jenis serat dapat memperkuat dan memperbaiki sifat mekanik beton baik serat alami maupun yang buatan. Akan tetapi, perlu diperhatikan bahwa serat yang baik merupakan serat yang memiliki kuat tarik lebih baik daripada beton dan tahan terhadap alkali.
2. Aspek rasio serat, merupakan perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat. Penggunaan aspek rasio serat yang tinggi akan menyebabkan terjadinya penggumpalan serat pada adukan beton, sehingga serat tidak akan tercampur merata. Maka dari itu, disarankan menggunakan aspek rasio kurang dari 50 ($l/d < 50$), tetapi tidak terlalu kecil.
3. Fraksi serat, merupakan banyaknya serat yang ditambahkan kedalam campuran beton. Fraksi serat yang terlalu banyak dapat menyebabkan penggumpalan (*balling effect*) yang dapat menghambat penyebaran secara merata pada beton. Akibatnya, kondisi tersebut dapat

menurunkan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) pada beton.

4. Mutu beton. Penambahan serat pada beton akan berpengaruh terhadap persentase air yang akan digunakan. Penggunaan serat akan mengurangi air yang akan digunakan dan menyebabkan beton memiliki tingkat *workability* yang rendah. Sehingga saat di lapangan, dilakukan penyesuaian penambahan pasta semen dan *superplasticizer*.
5. Bentuk permukaan serat. Bentuk permukaan serat sangat berpengaruh terhadap daya lekat serat pada beton. Apabila daya lekat suatu serat terhadap beton tinggi, maka kualitas beton pun semakin baik. Untuk meningkatkan daya lekat tersebut, permukaan serat dibuat kasar.
6. Metode pencampuran beton. Metode pencampuran beton dengan fiber dibedakan menjadi dua cara, yaitu pencampuran basah dan pencampuran kering. Pencampuran basah merupakan pencampuran fiber ke dalam campuran beton setelah penambahan air. Sedangkan pencampuran kering merupakan pencampuran fiber sebelum penambahan air.

Beton fiber memiliki kelemahan dimana kelemahan tersebut berbeda-beda tergantung dari jenis seratnya.

1. Untuk serat plastik, memiliki modulus elastisitas yang rendah, titik leleh yang rendah, dan daya lekat yang rendah terhadap campuran beton.
2. Untuk serat kaca, memiliki harga yang relatif mahal dan tidak dapat bertahan secara jangka panjang.
3. Untuk serat karbon, karena memiliki diameter yang kecil ($\pm 0,02$ mm), proses pencampuran beton akan mengalami kesulitan.

Untuk mengatasi kelemahan tersebut maka telah dilakukan beberapa penelitian salah satunya oleh Kampa Ravinder. Kampa Ravinder [8] melakukan penelitian pada beton kubus dimana pada beton tersebut ditambahkan fiber kaleng bekas berdimensi 2 x 20 mm dimana fiber kaleng tersebut dipilin 180° secara manual. Dari hasil

penelitian [8] diketahui bahwa kuat tarik belah beton fiber mengalami peningkatan yang tidak signifikan.

Fiber kaleng dapat diperoleh dari kaleng bekas minuman ringan. Kaleng bekas minuman ringan memiliki ketebalan rata – rata hampir sama yaitu 0,2 mm. Dalam pengambilan material kaleng bekas maka dilakukan pemilihan terhadap kaleng bekas dengan kondisi yang bagus dan tidak berkarat serta bukan merupakan kaleng bekas oli karena dapat menurunkan daya lekat serat dengan pasta. Apabila lembaran – lembaran kaleng bekas dapat dibentuk menjadi helaian kecil yang menyerupai serat, maka dapat dimanfaatkan sebagai campuran beton yang dapat meningkatkan kekuatan dan daktilitasnya

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Benda Uji

Benda uji berupa balok beton bertulang dengan mutu 20,75 MPa dengan perbandingan kebutuhan semen : air : agregat halus : agregat kasar-nya adalah 1 : 0,5 : 2 : 2,4. Campuran beton terdiri dari semen Portland tipe I, air PDAM, agregat halus berupa pasir Lumajang serta agregat kasar berupa kerikil. Pengecoran balok dilakukan dengan cara konvensional, menggunakan bekisting dari bahan kayu dan pengaduk beton (*concrete mixer*) untuk menjadikan campuran beton homogen.

Dimensi benda uji adalah 15 cm, 20 cm dan 130 cm untuk lebar, tinggi, panjang. Pada balok beton bertulang ditambahkan fiber kaleng bekas sebesar 10% dari volume benda uji. Kaleng bekas dipotong-potong sehingga menyerupai serat dengan dimensi 2 x 40 mm (**Gambar 1b**) dan 2 x 80 mm (**Gambar 1c**) dengan ketebalan antara 0,09-0,1 mm. Kemudian pada fiber dimensi 2 x 40 mm diputar /dipilin 180° secara manual (**Gambar 1a**). Sehingga dalam penelitian ini terdapat 4 variasi benda uji yaitu :

1. Beton bertulang tanpa fiber (N)
2. Beton bertulang fiber 40 mm polos (P4)
3. Beton bertulang fiber 80 mm polos (P8)
4. Beton bertulang fiber 40 mm pilin (PN4)

Pada **Gambar 2** dapat dilihat model benda uji beton bertulang dimana tulangan yang digunakan adalah 2D-10 seperti yang terlihat di **Gambar 3**.

(a)

(b)

(c)

Gambar 1. (a) Fiber pilin 40 mm, (b) Fiber polos 40 mm, (c) Fiber polos 80 mm

Gambar 2. Benda uji balok bertulang

Gambar 3. Potongan melintang benda uji

3.2 Metode Pengujian

Gambar 4. Model pengujian benda uji

Gambar 5. Setting up pengujian

Model pengujian dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5** dimana pengujian dilakukan dengan memberikan beban terpusat pada tengah bentang dan menggunakan LVDT di tengah bentang untuk mengetahui lendutan yang terjadi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian slump digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan (*workability*) dari campuran beton segar. Selain uji slump, dilakukan juga uji kuat tekan pada masing-masing benda uji. Hasil uji slump dan kuat tekan untuk masing-masing varian dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Pengaruh fiber kaleng bekas pada beton bertulang dapat dilihat pada hubungan beban lendutan pada **Gambar 6**. Karena keterbatasan alat pengujian maka pengujian dihentikan sebelum benda uji runtuh yaitu pada 77% - 79,2% beban ultimit.

Tabel 1. Hasil uji slump dan kuat tekan

Variasi	Slump (cm)	Kuat tekan (MPa)
N	15,25	28,06
P4	11,5	28,59
P8	15,67	26,59
PN4	11,67	28,32

Gambar 6. Hubungan beban lendutan

Dari hubungan beban dan lendutan maka dapat diperoleh kekakuan dari benda uji. Dari hasil pengujian tersebut maka diketahui bahwa penambahan fiber kaleng bekas dapat meningkatkan kekakuan balok beton bertulang. Sedangkan variasi yang memberikan performa hubungan beban lendutan yang lebih baik adalah variasi fiber 80 mm. Performa yang lebih baik tersebut disebabkan karena fiber dengan panjang 80 mm memberikan ikatan fiber – semen yang lebih baik jika dibandingkan dengan fiber 40 mm dan fiber dengan bentuk pilin.

Dengan ikatan yang lebih baik maka fungsi fiber dalam membantu beton bertulang menahan gaya tarik dapat bekerja dengan baik. Hal tersebut juga dapat dilihat dari beban lentur maksimum yang mampu diterima masing-masing varian (**Tabel 2**). Penambahan fiber polos 40 mm dan 80 mm dapat meningkatkan kuat lentur beton bertulang normal sebesar 4,20% dan 14,59%. Sedangkan untuk fiber 40 mm pilin meningkatkan kuat lentur sebesar 9,51% dari beton bertulang normal. Dengan bidang gesek yang lebih luas dan

panjang dapat menambah ikatan antara fiber dengan beton, sehingga fiber 80 mm polos memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan fiber 40 mm polos dan fiber 40 mm pilin. Penambahan fiber 80 mm meningkatkan kuat lentur sebesar 9,97% jika dibandingkan dengan kuat lentur fiber 40 mm polos dan meningkatkan kuat lentur sebesar 4,63% jika dibandingkan dengan kuat lentur fiber 40 mm pilin. Bentuk pilin juga memberikan performa yang lebih baik jika dibandingkan dengan fiber 40 mm polos dimana kuat lentur fiber 40 mm pilin meningkat sebesar 5,10%.

Pada **Tabel 2** dapat dilihat lendutan pada masing-masing benda uji pada saat menerima beban ultimit. Penambahan luas bidang kontak antara fiber dan semen memberikan efek ikatan yang lebih baik jika dibandingkan dengan fiber dengan bentuk kuncian seperti pilin, sehingga pada fiber 80 mm beban lentur yang mampu diterima lebih tinggi jika dibandingkan pada fiber 40 mm pilin akan tetapi lendutan yang terjadi lebih kecil 12,23% dibandingkan lendutan pada variasi fiber 40 mm pilin.

Tabel 2. Lendutan dan lebar retak saat P ultimit

Variasi	P ultimit (kg)	Lendutan (mm)	Lebar retak (mm)
N	4100	15,48	1,94
P4	4272	17,2	2,14
P8	4698	20,78	1,76
PN4	4490	23,67	2,41

Penambahan fiber 80 mm polos menghasilkan lebar retak 9,18% lebih kecil daripada beton bertulang normal, 17,60% lebih kecil daripada fiber 40 mm polos dan 27,06% lebih kecil daripada fiber 40 mm pilin. Ketika retak terjadi pada beton, ikatan antara fiber dan semen akan memberikan ketahanan terhadap perambatan retak. Fiber 80 mm polos memberikan ikatan yang lebih baik antara fiber dengan semen sehingga mampu menahan tarik yang dapat menyebabkan retak pada beton. Sedangkan variasi fiber 40 mm polos mengalami lebar retak 12,97% lebih kecil daripada fiber 40 mm pilin sehingga

pengaruh bentuk pilin tidak terlihat pada lebar retak.

Gambar 7. Benda uji beton bertulang normal (N)

Gambar 8. Benda uji beton bertulang fiber 40 mm polos (P4)

Pembacaan data lendutan dilakukan pada saat beban mencapai 1000 kg, dimana pada titik beban tersebut masih merupakan kondisi elastis dari benda uji jika dilihat dari grafik hubungan beban lendutan pada **Gambar 6**. Lendutan yang dihasilkan fiber 80 mm polos lebih kecil dibandingkan semua benda uji dimana dapat dilihat pada **Gambar 9**. Variasi fiber 80 mm menghasilkan lendutan 11,01% lebih kecil dibandingkan beton bertulang normal, 10,62% lebih kecil dibandingkan fiber 40 mm polos dan 10,22% lebih kecil dibandingkan fiber 40 mm pilin.

Sedangkan fiber 40 mm polos dan fiber 40 mm pilin memberikan efek pengurangan lendutan sebesar $< 1\%$ jika dibandingkan dengan beton bertulang normal. Dapat dilihat pada **Gambar 6** bahwa pada kondisi elastis, kemiringan antara beban-lendutan pada variasi fiber 40 mm polos, fiber 40 pilin dan beton bertulang normal berhimpitan satu sama lain dimana lendutan yang dihasilkan 3 variasi tersebut tidak jauh berbeda antara satu variasi dengan variasi lainnya.

Gambar 9. Lendutan saat $P = 1000$ kg

Tabel 3. Beban retak pertama

Variasi	P crack (kg)	Lendutan (mm)
N	1400	3,26
P4	1400	3,11
P8	1600	3,09
PN4	1600	3,39

Retak pertama pada beton bertulang normal dan fiber 40 mm polos terjadi pada saat beban mencapai 1400 kg, sedangkan pada fiber 80 mm polos dan fiber 40 mm pilin pada saat beban mencapai 1600 kg. Lendutan yang paling kecil terjadi akibat beban retak pertama dialami oleh fiber 80 mm polos, dimana jika dibandingkan dengan fiber 40 mm polos maka penurunan beban nya tidak mencapai 1% sehingga pengaruhnya tidak terlalu signifikan. Sedangkan jika dibandingkan dengan fiber 40 mm pilin, maka penurunan lendutan pada fiber 80 mm polos mencapai 8,85% pada titik beban retak pertama yang sama.

Gambar 10. Benda uji P4 yang telah hancur

Gambar 11. Benda uji P8 yang telah hancur

Pada **Gambar 10** dan **Gambar 11** dapat dilihat benda uji yang telah hancur dimana terlihat fiber kaleng bekas tidak sepenuhnya mengalami putus tetapi juga mengalami slip karena permukaan fiber kaleng bekas kurang memberikan gaya gesek antara fiber dan semen. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai ikatan matriks antara fiber dan semen untuk mengetahui cara kerja ikatan antara dua material tersebut.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Luas bidang kontak fiber mempegaruhi ikatan antara fiber dan semen dimana semakin luas bidang kontak nya maka ikatan fiber semen akan lebih baik sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik beton bertulang
2. Fiber 80 mm polos memberikan konstribusi yang lebih baik pada kuat lentur beton bertulang dibandingkan dengan fiber 40 mm polos dan 40 mm pilin. Pada fiber 80 mm polos kuat lentur meningkat sebesar 9,97% jika dibandingkan dengan kuat lentur fiber 40 mm polos dan meningkatkan kuat lentur sebesar 4,63% jika dibandingkan dengan kuat lentur fiber 40 mm pilin.
3. Lebar retak pada saat terjadi beban lentur maksimum pada fiber 80 mm polos lebih kecil dibandingkan varian lainnya. Fiber 80 mm polos menghasilkan lebar retak 9,18% lebih kecil daripada beton bertulang normal, 17,60% lebih kecil daripada fiber 40 mm polos dan 27,06% lebih kecil daripada fiber 40 mm pilin.
4. Bentuk pilin juga memberikan performa yang lebih baik jika dibandingkan dengan fiber 40 mm polos dimana kuat lentur fiber 40 mm pilin meningkat sebesar 5,10%. Akan tetapi lebar retak yang terjadi pada fiber 40 mm pilin lebih besar 12,97% daripada fiber 40 mm polos, sehingga tidak terlihat pengaruh positif dari bentuk pilin terhadap kuat tekan beton bertulang.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rustendi, Iwan. Pemanfaatan Limbah Kaleng Bekas Kemasan Sebagai Campuran Adukan Beton Untuk Meningkatkan Karakteristik Beton. Teodolita Vol.14, No.2 (56-70). Desember 2013
- [2] Akhund, Muhammad Akram; Abdullah Sannd; Urossa Memon; Shamotra Jai Oad. Utilization of Soft Drink Tins as Fiber Reinforcement in Concrete. Engineering Science and Technology International Research Journal. Vol.1, No.2 (47-52). Juni 2017
- [3] Wijatmiko, Indradi; Ari Wibowo; Christin Remayanti Nainggolan. Strength Characteristics of Wasted Soft Drinks Can as Fiber Reinforcement in Lightweight Concrete. International Journal of GEOMATE, Vol.17, Issue 60 (31-36). August 2019

- [4] Ilya, J, Chea C. C. Mechanical Behaviour of Fibre Reinforced Concrete Using Soft-Drink Can. GCoMSE2017. IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering 271. 2019
- [5] Zaidi, Saiyed Faraz Abbas, Mohd. Afaque Khan, Abhishek Kumar. Fiber Reinforced Concrete Using Waste Material : A Review. International Research Journal of Engineering and Technology. Volume 03. Issue 03 (534-536). March 2016.
- [6] Abdalkader A, O. Elzaroug, F. Abubaker. Flexural Cracking Behavior of Steel Fiber Reinforced Concrete Beams. International Journal of Scientific and Technology Research, Volume 6, iSsue 08. August 2017.
- [7] C. Manaswiwni, Vasu Deva. Fibre Reinforced Concrete from Industrial Waste-A Review. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. Vol.4, Issue 12 (11751-11758). December 2015.
- [8] Ravinder, K. Strength Characteristic of Coca-Cola Tin Waste as Fibres in Concrete. International Journal of Advanced Research Foundation, Volume 3, Issue 2. February 2016.