

Studi Eksperimental Pengujian Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur pada Campuran Beton dengan Penambahan Serat Kawat Bendrat Berkait

Atika Ulima Zhafira¹⁾

Eddy Purwanto²⁾

Laksmi Irianti³⁾

Abstract

Concrete is the most widely used construction material for civil buildings because it has several advantages. The weakness of the concrete structure is to have a low tensile strength and brittle, so that the concrete is given steel reinforcement as an alternative material. In this study, the concrete mixture was added with fiber bendrat material. This addition is done to determine the effect of bendrat fiber related to compressive strength, tensile strength and flexural strength in normal quality concrete with variation of fiber 0%, 0,75%, 1,0%, and 1,25% with fiber length 60 mm and diameter 1 mm. The compressive strength and tensile strength test object of cylinder with a diameter 15 cm and height of 30 cm amounted to 24 pieces and the flexural strength test objects with a 60 cm length, 15 cm width and 15 cm height beam amounted to 12 pieces. The test will be held after 28 days. The compressive strength, tensile strength and flexural strength of the concrete increased after being added to the corresponding fibers of wire bendrat. The optimum increase occurred in the variation of 0.75% fiber content with the result of 35,9336 MPa, 3,9848 MPa and 8,9380 MPa respectively. The more variations in fiber content will cause the aggregate movement difficult, making it more likely to have a balling effect during concrete work.

Keywords: bendrat fiber, compressive strength, tensile strength, flexural strength.

Abstrak

Beton adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan untuk bangunan sipil dikarenakan memiliki beberapa kelebihan. Kelemahan pada struktur beton yaitu mempunyai kuat tarik yang rendah dan bersifat getas (*brittle*) sehingga beton diberi tulangan baja sebagai bahan alternatifnya. Pada penelitian ini, campuran beton diberi bahan tambah serat bendrat berkait. Penambahan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh serat bendrat berkait terhadap kuat tekan, tarik belah dan kuat lentur pada beton mutu normal dengan variasi kadar serat 0%, 0,75%, 1,0% dan 1,25% dengan panjang serat 60 mm dan diameter 1 mm. Benda uji kuat tekan dan tarik belah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm berjumlah 24 buah dan benda uji kuat lentur berupa balok dengan panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm sebanyak 12 buah. Pengujian dilakukan setelah 28 hari. Kuat tekan, tarik belah dan kuat lentur pada beton meningkat setelah diberi penambahan serat kawat bendrat berkait. Peningkatan optimum terjadi pada variasi kadar serat 0,75% dengan hasil berturut-turut sebesar 35,9336 MPa, 3,9848 MPa, dan 8,9380 MPa. Semakin banyak variasi kadar serat akan menyebabkan sulitnya pergerakan agregat sehingga semakin besar kemungkinan terjadi *balling effect* pada saat pengerjaan beton.

Kata kunci : kawat bendrat, kuat tekan, tarik belah, kuat lentur.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: atikaulima@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: eddypurwanto55@gmail.com

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Konstruksi bangunan di Indonesia dewasa ini mengalami perkembangan yang signifikan. Seiring dengan perkembangan tersebut meningkat pula kebutuhan beton sebagai salah satu bahan konstruksi bangunan. Beton masih sering digunakan karena memiliki kelebihan, diantaranya mudah pengerjaannya, bentuknya yang dapat disesuaikan dengan keinginan, tahan terhadap perubahan cuaca dan lingkungan sekitar serta perawatannya yang murah. Selain kelebihan beton mempunyai kelemahan yaitu mempunyai kuat tarik yang rendah dan bersifat (*brittle*) sehingga pemakaiannya terbatas. Oleh karena itu untuk menambah nilai kuat tarik beton, perlu penambahan tulangan pada beton. Harga tulangan yang selalu meningkat menyebabkan pembuatan beton menjadi mahal sehingga perlu alternatif lain yang lebih murah dan mudah diperoleh untuk mendapatkan struktur beton yang efisien dan mempunyai kekuatan yang baik. Salah satu alternatif bahan tambah yang digunakan adalah serat baja (*steel fiber*). Mengingat di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi serat baja, sebagai alternatifnya pada penelitian ini digunakan bahan lokal yaitu kawat bendrat yang dipotong-potong sepanjang 60 mm dengan diameter 1 mm.

Batasan masalah pada penelitian ini dibatasi pada pelaksanaan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas Lampung. Pengujian yang dilakukan meliputi uji kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan kawat bendrat berkait dengan empat variasi kadar serat 0%, 0,75%, 1,0%, dan 1,25% terhadap kuat tekan, kuat lentur dan kuat tarik belah beton mutu normal serta untuk menganalisis pengaruh kawat bendrat berkait terhadap kemudahan (*workability*) dari campuran beton.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Beton

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran yang membentuk massa padat menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah (SNI 2847,2013).

2.2. Sifat-Sifat Beton

Menurut Sugiyanto dan Sebayang (2005) dan Tjokrodimuljo (2007) sifat-sifat beton antara lain adalah keawetan (*durability*), kuat tekan, kuat tarik, berat jenis, modulus elastisitas, susut, rangkai dan kelecakan (*workability*).

2.3. Bahan Pembentuk Beton

Material yang digunakan dalam campuran beton meliputi air, semen portland, agregat kasar, agregat halus, serat dan *superplasticizer*.

2.4. Beton Serat (*Fiber Concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat umumnya berupa batang-batang dengan diameter antara 0,005 sampai 0,5 mm dan panjang sekitar 25 mm sampai 100 mm (Tjokrodimuljo, 2007). Perbaikan yang dialami beton dengan adanya penambahan *fiber* antara lain yaitu daktilitas meningkat, ketahanan terhadap beban kejutan meningkat, kekuatan lentur dan tarik meningkat dan penyusutan berkurang.

2.5. Landasan Teori

2.5.1. Kuat tekan beton / beton serat

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974,1990). Dalam pengujian kuat tekan beton, benda uji dapat berupa kubus dan silinder. Uji tekan beton dilakukan pada benda uji dengan bentuk silinder yang berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan beton dicari dengan rumus:

$$f'_{cf} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

2.5.2. Kuat tarik beton / beton serat

Kuat tarik beton / beton serat ditentukan dengan pengujian tarik belah atau disebut juga dengan *splitting tension test* / *brazillian test*, yaitu dilakukan dengan memberikan tegangan tarik beton secara tidak langsung pada spesimen silinder dalam posisi rebah dan ditekan sehingga terjadi tegangan tarik pada silinder beton. Kekuatan tarik belah beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2)$$

2.5.3. Kuat tarik lentur beton

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji sampai benda uji patah (SNI 03-4431,1997). Kuat lentur batas (*ultimate flexure strength*) beton atau disebut juga modulus keruntuhan (*modulus of rupture*) adalah beban maksimum yang tercapai selama pembebanan. Menurut ASTM C 78-94, bila retak terjadi di 1/3 bentang bagian tengah, nilai modulus keruntuhan dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{Pl}{bd^2} \quad (3)$$

Berdasarkan pada pembebanan yang diberikan untuk balok beton dengan tumpuan sederhana dan besar masing-masing beban adalah $\frac{1}{2} P$, maka besarnya momen maksimum yang terjadi pada 1/3 bagian tengah bentang yaitu sebesar:

$$M = \frac{1}{6} PL \quad (4)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1. Umum

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung dengan membuat beton mutu normal dan menambahkan kadar serat bendrat berkait sebanyak 0%, 0,75%, 1,0% dan 1,25% dari volume adukan beton. Benda uji berbentuk silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm berjumlah 24 buah dan benda uji balok beton dengan panjang 60 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm berjumlah 12 buah.

Pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari.

3.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

3.2.1. Air

Air yang digunakan adalah air bersih yang tidak mengandung lumpur, minyak, garam yang dapat larut dan benda-benda lainnya yang dapat merusak beton. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung.

3.2.2. Agregat Halus dan Agregat Kasar

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir yang berasal dari daerah Gunung Sugih, Lampung Tengah. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah berasal dari daerah Tanjungan, Lampung Selatan dengan ukuran maksimum sebesar 20 mm.

3.2.3. Semen

Semen yang digunakan yaitu semen PCC (*Portland Composite Cement*) dengan merk dagang Semen Padang.

3.2.4. Tulangan

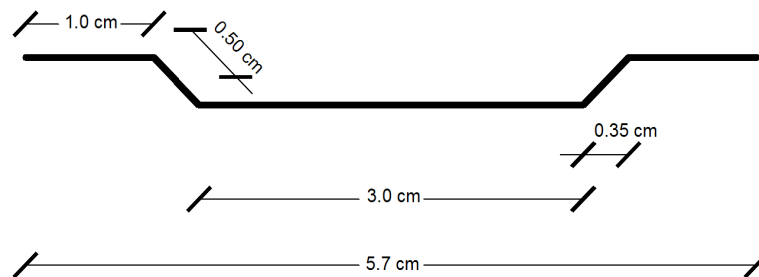
Tulangan baja yang dipakai adalah tulangan ulir dengan diameter 10 mm untuk tulangan memanjang pada benda uji balok. Tulangan yang digunakan sebanyak 2 buah dipasang longitudinal pada permukaan tarik untuk memikul gaya tarik.

3.2.5. Beton decking

Beton decking digunakan sebagai selimut beton. Masing-masing tulangan ditumpu 3 buah beton decking dengan ukuran 5x5x2,5 cm.

3.2.6. Serat

Serat yang digunakan adalah kawat bendrat yang memiliki diameter 1 mm dan dipotong-potong sepanjang 60 mm. Kawat bendrat yang digunakan berbentuk berkait (*hooked*). Bentuk serat bendrat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1/



Gambar 1. Bentuk serat bendrat berkait (*hooked*)

3.2.6. Superplasticizer

Superplasticizer yang digunakan yaitu dari produk naptha 7055.

3.3. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, cetakan benda uji, timbangan, oven, satu set saringan, piknometer, mesin pengaduk beton (*concrete mixer*), *slump test apparatus*, botol *La Chatelier*, alat *vicat*, bak perendam, mesin

penggetar internal (*vibrator*), *Compressing Testing Machine* (CTM), *VB-test apparatus*, *hydraulic jack*, *loading frame*, dan alat bantu

3.4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Persiapan bahan

Bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu

3.4.2. Pemeriksaan bahan campuran beton

Terdiri dari pengujian agregat halus, agregat kasar dan semen sesuai dengan peraturan yang ada di ASTM.

3.4.3. Perencanaan campuran beton (*mix design*)

Komposisi perancangan campuran beton menggunakan metode ACI Committe 544 (1993) dengan kekuatan yang direncanakan (f'_c) beton mutu normal.

3.4.4. Pembuatan benda uji

Setiap variasi benda uji terdiri dari 6 buah silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan 3 benda uji balok dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 600 mm.

Jumlah dan kode benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah dan kode benda uji umur 28 hari.

<i>Volume Fraction</i>	0%	0,75%	1,0%	1,25%	Total
Kuat tekan	T.0.1	T.0,75.1	T.1,0.1	T.1,25.1	36
	T.0.2	T.0,75.2	T.1,0.2	T.1,25.2	
	T.0.3	T.0,75.3	T.1,0.3	T.1,25.3	
Kuat tarik belah	TB.0.1	TB.0,75.1	TB.1,0.1	TB.1,25.1	
	TB.0.2	TB.0,75.2	TB.1,0.2	TB.1,25.2	
	TB.0.3	TB.0,75.3	TB.1,0.3	TB.1,25.3	
Kuat lentur	L.0.1	L.0,75.1	L.1,0.1	L.1,25.1	
	L.0.2	L.0,75.2	L.1,0.2	L.1,25.2	
	L.0.3	L.0,75.3	L.1,0.3	L.1,25.3	
Jumlah	9	9	9	9	

3.3.5 Perawatan terhadap benda uji (*curing*)

perawatan dilakukan dengan merendam benda uji silinder dan balok dalam bak air.

3.3.6. Pelaksanaan pengujian

a. Uji kuat tekan beton dan kuat tarik belah

Uji kuat tekan dan kuat tarik belah beton dilakukan dengan menggunakan alat *compression testing machine* (CTM). Beban maksimum diperoleh saat beton mengalami kehancuran maksimum.

b. Uji kuat lentur beton

Pengujian kuat lentur dilakukan dengan memberi beban pada balok tiap sepertiga bentang dengan beban titik $\frac{1}{2}$ P. Beban maksimum diperoleh dari nilai momen lentur nominal penampang balok.

3.3.7. Analisis hasil

Data yang diperoleh dari pengujian selanjutnya dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Material

Berdasarkan hasil pengujian material diperoleh bahwa material penyusun beton telah memenuhi standar ASTM sehingga dapat digunakan pada campuran beton.

4.2. Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini perencanaan campuran beton menggunakan nilai f_{as} 0,44. Komposisi kebutuhan material per m^3 beton dan serat bendrat berkait dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kebutuhan material per m^3 beton dan serat bendrat berkait

Material (kg)	Volume fraction (%)			
	0	0,4	0,6	0,8
Semen	457,6348	457,6348	457,6348	457,6348
Agregat kasar	928,32	928,32	928,32	928,32
Agregat halus	662,6966	662,6966	662,6966	662,6966
Air	181,8	181,8	181,8	181,8
Superplasticizer	3,6611	3,6611	3,6611	3,6611
Serat bendrat berkait (hooked)	0	50,1	66,8	83,5

4.3. Kelecekan (*Workability*)

Kelecekan beton dapat dilihat dari nilai *slump* dan *VB-time*. Pada penelitian ini, nilai *slump* yang direncanakan berkisar antara 75 – 100 mm. Pemakaian bahan tambahan *superplasticizer* dari produk *naptha 7055* pada adukan beton sebesar 0,8% dari berat semen untuk setiap variasi yang digunakan. Nilai *slump* dan *VB-time* beton serat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai *slump* dan *VB-time* beton serat

No.	Volume fraction (%)	Slump (mm)	VB-time (s)
1.	0	41	22,4
2.	0,75	32	23,6
3.	1,0	30	24,1
4.	1,25	27	24,8

Penelitian ini tidak dilakukan percobaan (*trial*) sehingga nilai *slump* yang dihasilkan tidak sesuai dengan nilai *slump* yang direncanakan pada perhitungan *mix design*. Nilai *VB-time* berkisar antara 5 – 25 detik sesuai dengan pedoman dari ACI Committee 544-1984. Pemisahan antar serat dan agregat membutuhkan waktu lama untuk mencapai kondisi datar sehingga semakin banyak *volume fraction* yang ditambahkan menyebabkan meningkatnya nilai *VB-time*.

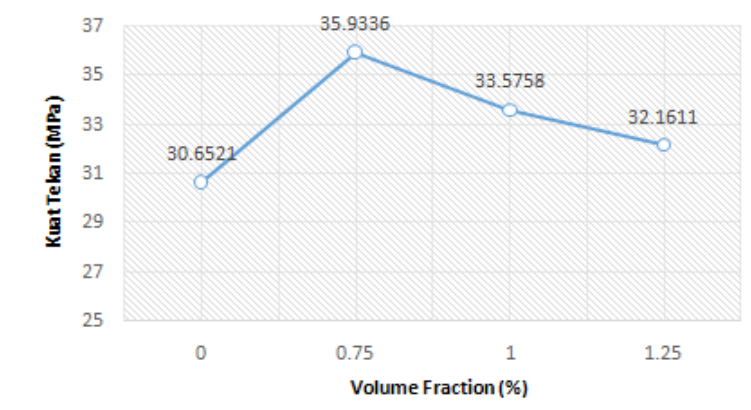
4.4. Berat Volume Beton

Nilai berat volume beton diketahui dengan cara menimbang dan mengukur dimensi benda uji, sehingga didapatkan berat dan volume benda uji tersebut. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa berat volume beton termasuk dalam beton normal yaitu berada pada kisaran 2300-2500 kg/m^3 . Komposisi campuran beton untuk benda uji silinder dan balok adalah sama. Namun, berat volume benda uji balok berbeda dengan

benda uji silinder dikarenakan benda uji balok pada penelitian ini terdapat penambahan tulangan dan beton *decking* yang mempengaruhi berat volume benda uji balok tersebut.

4.5. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan memberi beban tekan pada benda uji silinder kemudian diperoleh hasil berupa beban maksimum yang diubah menjadi nilai kuat tekan beton dengan menggunakan rumus persamaan (1). Hasil pengujian kuat tekan beton serat benderat berkait dapat dilihat pada Gambar 1.

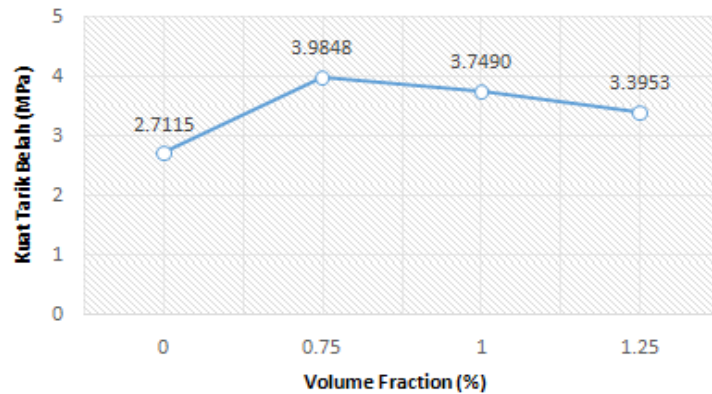


Gambar 1. Grafik hubungan antara *volume fraction* dengan kuat tekan beton

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 diketahui bahwa kuat tekan maksimum beton diperoleh pada *volume fraction* 0,75% yaitu sebesar 35,9336 MPa kemudian hasil menurun pada penambahan *volume fraction* 1,0% dan 1,25%. Hal ini disebabkan semakin bertambahnya *volume fraction* maka akan menyebabkan serat saling mengikat sehingga menyebabkan sulitnya pergerakan agregat kemudian terjadi *balling effect*. Penambahan serat pada beton dapat mengikat beton sehingga membuktikan bahwa dengan menambahkan serat kawat benderat kedalam adukan beton dapat membuat beton menjadi lebih daktil.

4.6. Kuat Tarik Belah Beton

Data yang diperoleh dari hasil pengujian berupa beban maksimum yang diubah menjadi nilai kuat tarik belah beton dengan menggunakan persamaan (2). Hasil pengujian kuat tarik belah beton serat dapat dilihat pada Gambar 2.

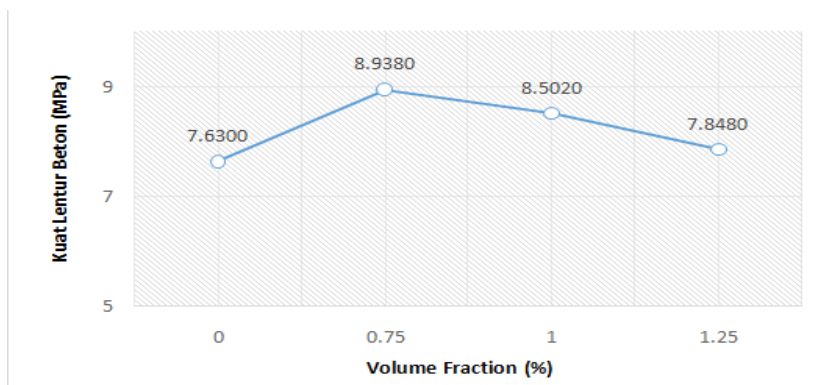


Gambar 2. Grafik hubungan antara *volume fraction* dengan kuat tarik belah beton

Penambahan serat bendrat berkait *volume fraction* 0,75% dalam adukan beton menghasilkan kuat tarik belah tertinggi sebesar 3,9848 Mpa dan mengalami peningkatan sebesar 46,9565% dari kuat tarik belah beton tanpa serat. Berdasarkan hasil pengamatan terlihat bahwa pada saat beban mencapai kekuatan maksimum, beton yang tidak ditambahkan serat kawat bendrat akan terbelah menjadi dua bagian, sedangkan pada beton yang ditambahkan serat kawat bendrat terjadi retak-retak pada arah memanjang (vertikal) pada bagian tengah silinder dan silinder beton tidak terbelah menjadi dua bagian yang terpisah. Hal ini membuktikan bahwa beton serat dapat mengikat beton sehingga memperbaiki sifat getas beton.

4.7. Kuat Tarik Lentur Beton

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan dua beban terpusat per sepertiga bentang sampai balok mengalami keruntuhan maksimum. Hasil pengujian kuat tarik lentur beton serat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan antara *volume fraction* dengan kuat tarik lentur beton

Berdasarkan tabel hasil pengujian kuat lentur yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa kuat lentur balok beton tertinggi terdapat pada *volume fraction* 0,75 % yaitu sebesar 8,9380 MPa dan mengalami peningkatan sebesar 18,4871% dari beton tanpa serat yaitu 7,5428 MPa. Pada beton normal gaya lentur yang terjadi hanya ditahan oleh beton

sendiri, sedangkan pada beton serat gaya tarik yang terjadi ditahan secara bersama-sama oleh beton dan serat bendrat berkait sehingga kuat lentur yang terjadi pada beton serat meningkat.

Kadar serat yang semakin tinggi menyebabkan semakin banyak serat yang saling *overlapping* sehingga menghalangi pergerakan agregat. Kurang sempurnanya proses pengerjaan dan pemadatan juga mengakibatkan serat bendrat berkait tidak terdistribusi secara merata sehingga menyebabkan *balling effect*, hal ini mengakibatkan kuat lentur beton menurun pada *volume fraction* 1,0% dan 1,25%. Namun, semakin besar konsentrasi serat, beton serat akan semakin daktail.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase peningkatan kuat tarik lentur yang terjadi lebih besar daripada peningkatan kuat tekannya. Hal ini membuktikan bahwa penambahan serat ke dalam adukan beton dapat meningkatkan kuat tarik yang berarti sesuai dengan tujuan utama penambahan serat sebagai tulangan mikro ke dalam adukan beton untuk meningkatkan kuat tarik beton dan menahan retakan-retakan di daerah tarik yang terlalu dini akibat pembebanan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur maksimal terjadi pada beton serat dengan *volume fraction* 0,75% dan menurun pada *volume fraction* 1,0 dan 1,25%.
- Nilai *slump* akan menurun dan nilai *VB-time* akan semakin meningkat seiring meningkatnya kadar serat (*volume fraction*) yang ditambahkan.
- Penambahan bahan kimia tambahan (*superplasticizer*) sebesar 0,8% dari berat smen pada adukan beton tidak berpengaruh banyak untuk menambah *workability* pada beton serat. Hal ini dibuktikan dengan nilai *slump* yang terjadi pada penelitian ini tidak sesuai dengan yang direncanakan karena sebelumnya tidak dilakukan percobaan (*trial*) terlebih dahulu pada saat pelaksanaan campuran beton.
- Semakin banyak kadar serat yang ditambahkan kedalam adukan beton semakin besar kemungkinan terjadi *balling effect* pada saat pengerjaan beton.
- Penambahan serat bendrat berkait tidak memberikan kontribusi yang besar dalam peningkatan kuat tekan, sedangkan pada kuat tarik belah dan lentur, serat bendrat berkait pada penelitian ini dapat meningkatkan nilai kuat tarik yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544, 1984, *Guide for Specifying, Mixing, Placing and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete*. Report : ACI Journal, Mar.-Apr, 1984, Vol.81. No:2.
- ACI Committee 544, 1993, *Guide for Specifying, Proportioning, Mixing, Placing and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete*. Report : ACI 544.3R – 93.
- ASTM C39. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. United States.
- ASTM C-78. *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*. West Conshohocken. United States.

- SNI 03,1991, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Yayasan LPMB Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- SNI 03,1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03,1997, *Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 2847, 2013, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- Purwanto, E. 1999, *Perilaku Fiber Lokal Pada Perilaku dan Kuat Torsi Ultimit Balok Beton Bertulang*, Tesis Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- Sugiyanto, Sebayang, S. 2005, *Teknologi Bahan*. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Tjokrodinuljo, K. 2007, *Teknologi Beton*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.