

PENGARUH PROSENTASE PENAMBAHAN SERAT TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON RINGAN

Eddy Purwanto¹

Abstrak

Beton merupakan bahan konstruksi paling banyak digunakan pada saat ini, karena dipandang memiliki beberapa kelebihan dibandingkan bahan-bahan konstruksi lain. Kelebihan utama beton adalah kemampuan menahan gaya tekan yang tinggi. Namun beton juga memiliki kelemahan yakni berat meter kubiknya yang cukup besar dan kekuatan tarik yang rendah dan bersifat getas (*brittle*). Hal tersebut dapat diperbaiki dengan penggunaan beton ringan dan penambahan serat pada adukan beton. Beton ringan diperoleh dengan mengganti agregat kasar dengan agregat yang lebih ringan, dalam penelitian ini digunakan ALWA. Penelitian ini mengevaluasi seberapa besar kemampuan beton ringan berserat kawat galvanis terhadap pengujian mekanik berupa kuat tekan dan kuat tarik belah. Benda uji pada penelitian terdiri dari benda uji silinder diameter 100 mm tinggi 200 mm untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah. Variasi serat yang digunakan yaitu 0% ; 0,3% ; 0,75% ; 1% dengan panjang serat 60 mm diameter 1 mm. Benda uji berjumlah 12 buah untuk pengujian kuat tekan dan 12 buah untuk pengujian kuat tarik belah dan masing-masing 3 buah untuk setiap variasi serat. Hasil pengujian kuat tekan, nilai untuk masing-masing variasi serat 0% ; 0,3% ; 0,75% dan 1% berturut-turut adalah 21,58 MPa ; 24,00 MPa ; 24,81 MPa dan 25,01 MPa. Dengan peningkatan kuat tekan optimum terjadi pada variasi serat 1% yaitu 15,89%. Hasil pengujian kuat tarik belah, nilai untuk masing-masing variasi serat 0% ; 0,3% ; 0,75% dan 1% berturut-turut adalah 2,23 MPa ; 2,76 MPa ; 3,50 MPa dan 3,61 MPa. Dengan peningkatan kuat tarik belah optimum terjadi pada variasi serat 1% yaitu 61,90%. Dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan serat kawat galvanis ke dalam adukan beton ringan hanya sedikit meningkatkan kuat tekan beton ringan namun meningkatkan kuat tarik belah beton sesuai dengan peningkatan jumlah volume fraksi serat dan mengubah beton dari bahan yang getas menjadi bahan yang lebih daktail.

Kata kunci : beton ringan, kawat galvanis, kuat tekan, kuat tarik belah

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan konstruksi paling banyak digunakan pada saat ini, karena dipandang memiliki beberapa kelebihan dibanding bahan-bahan konstruksi lain. Kelebihan utama beton adalah kemampuan menahan gaya tekan yang tinggi. Namun beton juga memiliki kelemahan yang cukup mengganggu yakni berat meter kubiknya yang cukup besar. Hal ini tentunya akan sangat berpengaruh terhadap besarnya beban mati yang akan bekerja pada struktur bangunan. Penentuan beban mati pada struktur bangunan dapat diminimalkan dengan cara penggunaan beton ringan, seperti yang dilakukan oleh Neville (1987). Beton disebut sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1900 kg/m³. Beton ringan pada umumnya memiliki campuran yang sama dengan beton normal hanya saja agregat kasarnya diganti dengan agregat yang berat jenisnya lebih kecil. Beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai massa kering udara yang sesuai dengan syarat seperti yang telah ditentukan oleh ASTM C-567 yaitu beratnya tidak lebih dari 1900 kg/m³ (Mulyono, 2004).

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No 1 Gedung Meneng, Bandar Lampung

Penelitian yang berkembang saat ini adalah pembuatan beton ringan yang dilakukan dengan cara mengganti agregat kasar (kerikil) dengan bahan yang berat jenisnya lebih ringan, sebagai contoh adalah ALWA (*Artificial Light Weight coarse Aggregate*). ALWA merupakan agregat ringan yang berasal dari lempung yang dibakar, dan diproduksi oleh Pusat Pengembangan Permukiman PU di Cilacap.

Selain berat per-meter kubiknya yang cukup besar, beton secara struktural juga memiliki kelemahan yaitu kekuatan tarik yang rendah dan bersifat getas (*brittle*). Suhendro (1991) mengatakan bahwa dalam perencanaan struktur, beton dianggap hanya mampu memikul tegangan tekan walau sesungguhnya beton mampu menahan tegangan tarik sebesar 27 kg/m². Namun pada perencanaan yang didominasi tarik dan lentur, bagian tarik pada balok akan mengalami retak sekalipun hanya mendapatkan tegangan yang tidak begitu besar. Hal ini disebabkan karena adanya retak rambut yang merupakan sifat alami dari beton. Untuk mengatasi kekurangan-kekurangan ini maka pada bagian konstruksi yang menderita gaya tarik biasanya diperkuat dengan tulangan baja. Dalam perkembangan teknologi beton sekarang ini, dilakukan cara untuk memperbaiki sifat-sifat yang kurang baik pada beton, antara lain dengan menambahkan serat ke dalam adukan beton.

Penambahan serat memperbaiki sifat-sifat struktural beton. Serat bersifat mekanis sehingga tidak akan bereaksi secara kimiawi dengan bahan pembentuk beton lainnya. Serat membantu mengikat dan menyatukan campuran beton setelah terjadinya pengikatan awal dengan pasta semen. Pasta beton akan semakin kokoh atau stabil dalam menahan beban karena aksi serat (*fiber bridging*) yang saling mengikat disekelilingnya. Serat yang tersebar secara merata dengan orientasi acak dalam adukan beton diharapkan dapat mencegah terjadinya retakan-retakan yang terlalu dini baik akibat panas hidrasi maupun akibat beban-beban yang bekerja pada beton. Dengan demikian diharapkan kemampuan beton untuk mendukung tegangan- tegangan internal (aksial, lentur, dan geser) akan meningkat. Kawat Galvanis merupakan material terpilih karena disamping mempunyai faktor- prinsip penguat beton, juga merupakan bahan yang mudah diperoleh serta tahan terhadap korosi akibat sifat porous dari beton ringan. Penambahan serat kawat galvanis diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap beton ringan, penambahan serat dapat meningkatkan kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur beton.

Kuat tekan beton diperoleh dari pengujian benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm (ASTM C 39). Kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 1 sebagai berikut:

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dengan f_c adalah kuat tekan dalam MPa, P adalah beban maksimum yang dipikul saat runtuh dalam N dan A adalah luas penampang dalam mm². Pada penelitian ini digunakan silinder beton ukuran diameter 100 mm dengan tinggi 200 mm. Hasil kekuatan tekan yang diperoleh dari benda uji dikonversi dengan mengalikan faktor sebesar 0,95 (Minds & Young, 1981). Kuat tarik belah beton diperoleh dari pengujian tarik belah menggunakan benda uji diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Kuat tarik belah dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\sigma_t = \frac{2.P}{\pi.L.D} \quad (2)$$

dengan σ_t adalah kuat tarik belah beton dalam N/mm², P adalah beban tekan maksimum saat silinder beton terbelah/runtuh dalam N, π adalah konstanta yang memiliki nilai 3,14, L adalah tinggi/panjang silinder beton dalam mm dan D adalah diameter silinder beton

dalam mm. Pada penelitian terdahulu Wibowo (2006), telah melakukan pengujian pada balok beton ringan dengan menambahkan konsentrasi serat bendrat lurus panjang 50 mm dan diameter 1 mm ke dalam adukan beton ringan dengan variasi serat 0 %; 0,3 %; 0,75 %; 1 %. Rancang campur menggunakan metode *Dreux Corrise*. Penelitian ini mengevaluasi seberapa besar kemampuan beton ringan berserat kawat galvanis terhadap pengujian mekanik berupa kuat tekan dan kuat tarik belah.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen menggunakan semen Portland Type I; agregat halus yang telah dilakukan pemeriksaan terhadap kadar air, berat berat jenis dan penyerapan, analisa saringan, kadar lumpur dan uji kandungan zat organik (memenuhi standar ASTM C 33) yang berasal dari Gunung Sugih, Lampung Tengah. Agregat kasar yang telah dilakukan pemeriksaan terhadap kadar air, berat jenis dan penyerapan, keausan *Los Angeles*. Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat ringan ALWA (*Artificial Light Weight Coarse Aggregate*) diproduksi oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia. Air yang berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung. Serat yang digunakan yaitu kawat galvanis memiliki diameter 1 mm dan dipotong-potong sepanjang 60 mm dan *admixture* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sikament NN yang berfungsi sebagai memudahkan pengecoran. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cetakan benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm digunakan pada pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah. Satu set saringan untuk mengetahui gradasi agregat dan untuk menentukan modulus kehalusan butir agregat kasar/agregat halus. Penelitian ini menggunakan agregat kasar lolos saringan diameter 19 mm dan tertahan pada saringan No. 4 (± 4.75 mm).

Tabel 1. Ukuran saringan pada penelitian gradasi agregat.

Jenis Agregat	Ukuran Saringan (mm)						
	Agregat halus	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15
Agregat kasar	37,5	25,40	19,00	12,50	4,75	2,36	Pan

Mesin Pengaduk Beton (*concrete mixer*) berkapasitas 0,125 m³ dengan kecepatan 20-30 rpm, alat ini digunakan untuk mencampur adukan beton. Kerucut Abrams digunakan beserta tilam pelat baja dan tongkat besi untuk mengetahui kelecakan adukan (*workability*) dalam percobaan *slump test*. *Compressing Testing Machine* (CTM) merupakan alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kuat tekan dan uji kuat tarik belah beton silinder ($d = 100$ mm dan $t = 200$ mm). Penelitian ini dibagi menjadi enam tahap yaitu pemeriksaan bahan campuran beton, pembuatan rencana campuran (*mix design*), pembuatan benda uji, pemeliharaan terhadap benda uji (*curing*), pelaksanaan pengujian, dan analisis hasil penelitian. Sebelum melakukan *mix design*, material harus diperiksa terlebih dahulu untuk mengetahui kualitas material tersebut memenuhi standar yang ditetapkan.

Tabel 2. Spesifikasi Pengujian material

No	Pengujian	Spesifikasi	Keterangan
1	Kadar air agregat halus	0 – 1 %	ASTM C-556
2	Kadar air agregat kasar	0 – 3 %	ASTM C-556
3	Berat Jenis SSD agregat halus	2 – 2,9	ASTM C-128
4	Berat Jenis SSD agregat kasar	1 – 3	ASTM C-127
5	Analisa kadar lumpur agregat halus	< 5 %	ASTM C-117

Rencana campuran antara semen, air dan agregat-agregat sangat penting untuk mendapatkan kekuatan beton yang diinginkan. Perancangan adukan beton dimaksudkan untuk memperoleh kualitas beton yang seragam. Dalam penelitian ini rencana campuran beton menggunakan rencana *mix design* dengan metode *Dreux-Corrise*. Dengan mengikuti prosedur pada metode tersebut diperoleh kebutuhan bahan – bahan susun beton serat untuk 1m³ beton. Selanjutnya kebutuhan bahan – bahan susun beton serat untuk rencana campuran dalam 1 m³ adukan beton serat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan bahan – bahan susun beton untuk 1 m³ beton serat

Variasi Serat (dalam prosen)	Berat (Kg)				
	Semen	Pasir	ALWA	Air	serat
0	375	243	437	187,5	-
0,3	375	243	437	187,5	20,04
0,75	375	243	437	187,5	50,10
1	375	243	437	187,5	66,80

Keterangan : masing – masing campuran ditambah *superplasticizer* sebanyak 0,8 % dari berat semen.

2.1 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang akan dibuat terdiri dari silinder diameter 100 mm dengan tinggi 200 mm, balok dengan ukuran 100 mm x100 mm x 400 mm. Masing-masing dibuat sebanyak 12 buah benda uji kuat tekan dan dan 12 benda uji kuat tarik belah terdiri dari empat variasi prosentase kadar serat yaitu 0%; 0,3%; 0,75%; 1%. Setiap variasi terdiri dari 3 (tiga) benda uji, yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Jumlah dan Kode Benda Uji

% kadar serat pengujian	0 %	0,3 %	0,75 %	1 %
Kuat Tekan	T.0-1	T.0,3-1	T.0,75-1	T.1-1
	T.0-2	T.0,3-2	T.0,75-2	T.1-2
	T.0-3	T.0,3-3	T.0,75-3	T.1-3
Kuat Tarik Belah	B.0-1	B.0,3-1	B.0,75-1	B.1-1
	B.0-2	B.0,3-2	B.0,75-2	B.1-2
	B.0-3	B.0,3-3	B.0,75-3	B.1-3
Jumlah	6	6	6	6

2.2 Pemeliharaan terhadap benda uji (*curing*)

Tujuan dari pemeliharaan adalah untuk mencegah terjadinya kehilangan air dalam jumlah besar pada saat bersamaan air yang diperlukan untuk hidrasi tahap awal dan merupakan saat yang kritis. Pencegahan yang dapat dilakukan dengan cara menyiram, merendam, menutupi dengan karung goni yang dibasahi. Pada penelitian ini perawatan dilakukan dengan cara merendam selama tujuh hari. Setelah direndam selama tujuh hari, benda uji diangkat dari dalam air dan ditingkatkan dalam udara terbuka sampai umur beton mencapai 28 hari.

2.3 Pelaksanaan pengujian

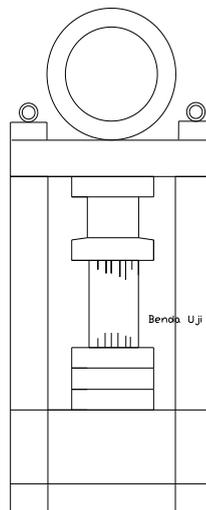
Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kelecakan adukan beton, kuat tekan dan kuat tarik belah.

a. Pengujian Keleccakan adukan beton

Cara pengukuran keleccakan dilakukan dengan menggunakan *slump test* dan *VB-test*. Adukan beton dimasukkan ke dalam kerucut Abrams dalam tiga lapis yang diperkirakan sama tebalnya. Setiap lapisan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat baja (diameter 16 mm, panjang 600 mm). Kemudian bidang atas kerucut diratakan dan didiamkan selama 30 detik, lalu kerucut Abrams diangkat vertikal secara hati – hati. Penurunan tinggi kerucut adukan beton terhadap tinggi kerucut semula diukur sebagai nilai slump (dalam cm). Adukan beton serat yang berbentuk kerucut terpancung yang berada didalam kontainer silinder digetarkan dengan cara meletakkan kontainer silinder tersebut di atas meja getar. Penggetaran dilakukan hingga adukan beton yang berbentuk kerucut terpancung menjadi rata. Waktu yang diperlukan untuk meluluhkan adukan beton menjadi rata dinamakan *VB-time* (dalam detik). Keleccakan adukan beton yang baik berkisar antara 5 - 25 detik (ACI Committee 544, 1984).

b. Pengujian Kuat Tekan

Nilai kuat tekan beton didapat melalui tata-cara pengujian standar ASTM C-192, pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat CTM dengan cara meletakkan silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) tegak lurus dan memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan 0,15 MPa/detik sampai 0,34 MPa/detik sampai benda uji hancur. Sebelum melakukan pengujian, maka permukaan tekan benda uji silinder harus rata agar tegangan terdistribusi secara merata pada penampang benda uji. Dalam hal ini maka benda uji harus diberi lapisan belerang (*capping*) setebal 1,5 mm sampai 3 mm pada permukaan tekan benda uji silinder. Cara lain dapat juga dilakukan dengan memberi pasta semen. Dari hasil pengujian ini didapat beban maksimum yang mampu ditahan oleh silinder beton sampai silinder beton tersebut hancur. *Setting up* pengujian tekan dilihat pada Gambar 1.

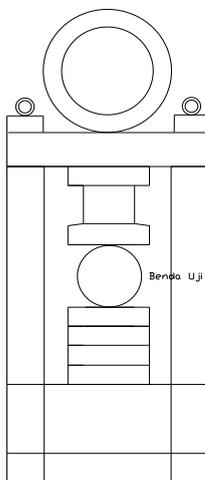


Gambar 1. *Setting up* pengujian kuat tekan

c. Pengujian Kuat Tarik Belah

Pada pengujian ini juga menggunakan alat CTM tetapi pada benda uji silinder beton diletakkan secara mendatar/horizontal pada pelat bawah CTM (ASTM C

496). Pada bagian atas dan bawah benda uji diletakkan pelat tipis untuk mendapatkan beban merata pada benda uji tersebut. Selanjutnya CTM dihidupkan hingga benda uji runtuh. *Setting up* pengujian tarik belah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Setting up* pengujian kuat tarik belah

3. HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan berserat dengan agregat ALWA adalah sebagai berikut :

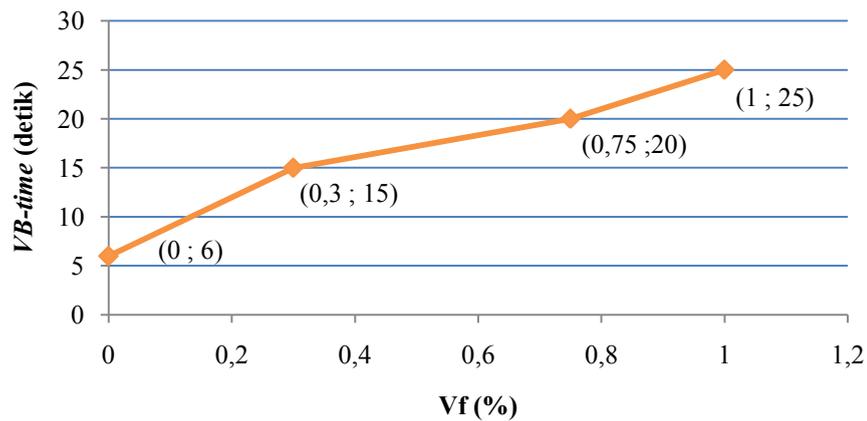
3.1 Keleccakan (*workability*)

Pengujian keleccakan yang telah dilakukan yaitu *VB-test*, sedangkan *Slump test* dilakukan sebagai kontrol konsistensi adukan beton. Nilai slump sebelum dan sesudah penambahan serat ke dalam adukan beton serta nilai *VB-time* masing-masing campuran disajikan pada Tabel 5.

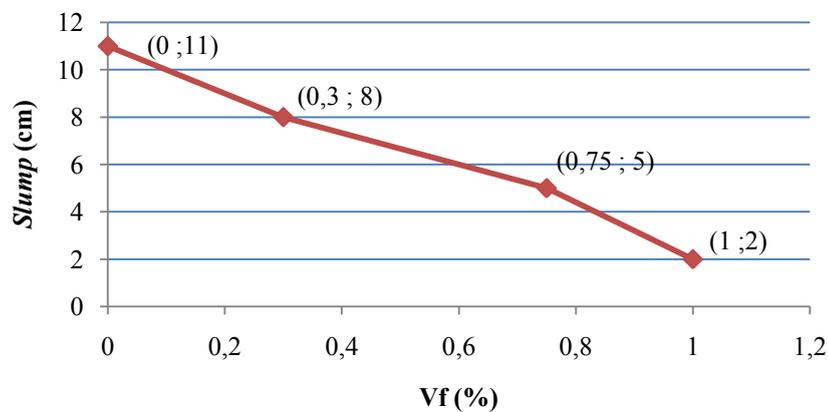
Tabel 5. Hasil nilai slump dan *VB-time* pada pengujian keleccakan beton.

Variasi serat (%)	(I_f/d_f)	Slump (cm)		<i>VB-time</i> (detik)	Spesifikasi (detik)
		tanpa serat	dengan serat		
0	60	11	-	6	5 - 25
0,3	60	10,5	8	15	5 - 25
0,75	60	10	5	20	5 - 25
1	60	11	2	25	5 - 25

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai dari *VB-time* yang diperoleh dari hasil pengujian adukan beton serat berkisar antara 15 - 25 detik sehingga mudah dalam pengerjaan beton karena nilai *VB-time* tersebut sesuai dengan pedoman yang diberikan ACI Committee 544- 1984 yang berkisar antara 5 – 25 detik.



Gambar 3. Hubungan VB-time dengan V_f



Gambar 4. Hubungan nilai slump dengan V_f

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai VB-time yang diperoleh semakin besar seiring penambahan volume fraksi serat (V_f) dalam adukan beton. Nilai VB-time ini berkebalikan dengan nilai slump yang diperoleh. Semakin besar volume fraksi serat (V_f) dalam adukan beton maka nilai slump semakin kecil seperti yang tampak pada Gambar 4.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa kelecakan adukan beton serat sangat dipengaruhi volume fraksi serat yang ditambahkan pada adukan beton. Semakin tinggi volume fraksi maka tingkat kelecakan akan semakin menurun.

3.2 Kuat Tekan Beton

Data yang diperoleh dari pengujian tekan yang berupa beban maksimum saat benda uji silinder runtuh dianalisis dengan menggunakan Persamaan (1) :

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Benda uji yang digunakan adalah silinder ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm . Untuk memperoleh kuat tekan standar ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm digunakan faktor pengali 0,95 (Mindess & Young, 1981).

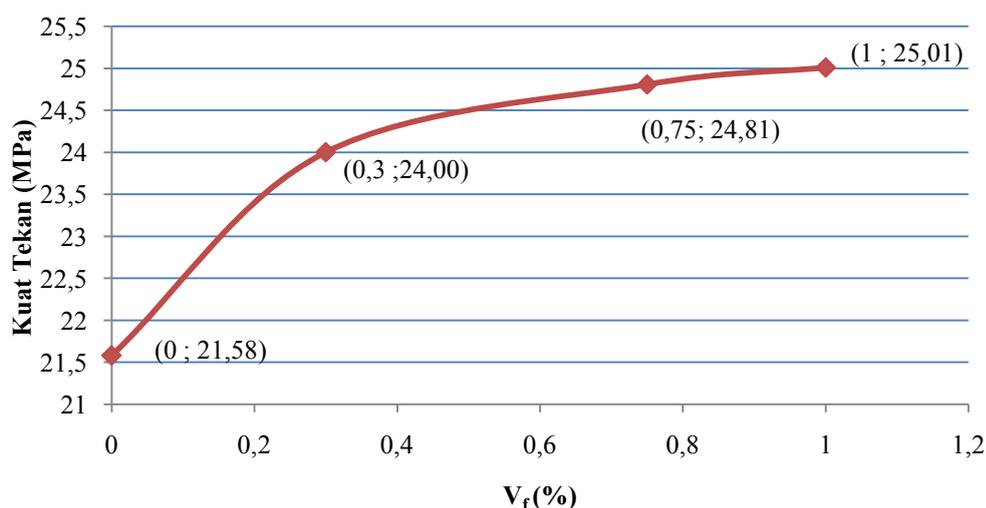
Hasil pengujian tekan seluruh benda uji disajikan pada Tabel 6, sedangkan kuat tekan rata-rata dari tiga benda uji untuk setiap campuran disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tekan beton

No.	Kode	Umur (umur)	Beban maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
1	T-0.1	28	180	21,78	21,58
2	T-0.2	28	175	21,18	
3	T-0.3	28	180	21,78	
4	T-0,3.1	28	210	25,41	24,00
5	T-0,3.2	28	190	22,99	
6	T-0,3.3	28	195	23,60	
7	T-0,75.1	28	200	24,20	24,81
8	T-0,75.2	28	225	27,23	
9	T-0,75.3	28	190	22,99	
10	T-1.1	28	190	22,99	25,01
11	T-1.2	28	225	27,23	
12	T-1.3	28	205	24,81	

Tabel 7. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata

Kode	Kuat Tekan (MPa)	Peningkatan (%)
T - 0	21,58	-
T - 0,3	24,00	11,21
T - 0,75	24,81	14,95
T - 1	25,01	15,89



Gambar 5. Hubungan Kuat tekan dengan V_f

Pada penelitian ini kuat tekan rencana adalah sebesar 20 MPa. Pada Tabel 6 terlihat bahwa pada saat beton biasa nilai kuat tekan adalah sebesar 21,58 MPa sesuai dengan kuat tekan rencana. Setelah beton diberi serat dengan volume fraksi 0,3 % terjadi peningkatan nilai kuat tekan sebesar 11,21 % menjadi 24,00 MPa. Nilai kuat tekan ini

semakin meningkat saat volume fraksi serat ditambah menjadi 0,75 %, kuat tekan yang diperoleh yaitu 24,81 MPa. Peningkatan yang terjadi sebesar 14,95 %. Saat volume fraksi ditingkatkan menjadi 1 %, nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 25,01 MPa. Ini berarti bahwa peningkatan yang terjadi sebesar 15,89 %. Pada Gambar 5 terlihat garis lengkung terus meningkat menuju titik 1 %. Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan serat baja ke dalam adukan beton berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan beton namun peningkatannya relatif kecil. Nilai kuat tekan optimum terjadi pada volume fraksi 1 % dengan peningkatan kuat tekan sebesar 15,89 %.

3.3 Kuat Tarik Belah

Data yang diperoleh dari penelitian ini yaitu beban maksimum saat beton runtuh, kemudian dianalisis dengan menggunakan Persamaan 2, yaitu:

$$\sigma_t = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot L \cdot D}$$

Hasil pengujian kuat tarik belah seluruh benda uji beton disajikan pada Tabel 8, sedangkan kuat tarik belah rata-rata dari tiga benda uji untuk setiap campuran disajikan pada Tabel 9.

Tabel 8. Hasil pengujian kuat tarik belah beton

No.	Kode	Umur (umur)	Beban maks (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik rata-rata (MPa)
1	B-0.1	28	70	2,23	2,23
2	B-0.2	28	65	2,07	
3	B-0.3	28	75	2,39	
4	B-0,3.1	28	85	2,71	2,76
5	B-0,3.2	28	80	2,55	
6	B-0,3.3	28	100	3,03	
7	B-0,75.1	28	120	3,82	3,50
8	B-0,75.2	28	100	3,18	
9	B-0,75.3	28	115	3,50	
10	B-1.1	28	125	3,98	3,61
11	B-1.2	28	100	3,50	
12	B-1.3	28	110	3,34	

Tabel 9. Perbandingan antara hasil percobaan dan prediksi kuat tarik beton

Kode	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik Beton serat (MPa)		
		Persamaan usulan Narayanan & Darwish	Hasil Percobaan	Peningkatan (%)
B – 0	21,58	-	2,23	-
B - 0,3	24,00	2,47	2,76	23,81
B - 0,75	24,81	2,71	3,50	57,14
B – 1	25,01	2,80	3,61	61,90

Tabel 9 memperlihatkan pengaruh serat kawat pada perbaikan kuat tarik beton. Pada beton biasa (B-0) diperoleh kuat tarik sebesar 2,23 MPa. Saat beton ditambahkan volume fraksi serat (V_f) sebesar 0,3 % (B-0,3), kuat tarik meningkat 23,81 % menjadi 2,76 MPa. Kuat tarik meningkat sebesar 57,14 % pada B-0,75 ($\sigma_t = 3,50$ MPa) dan 61,90 % pada B-1 ($\sigma_t = 3,61$ MPa).

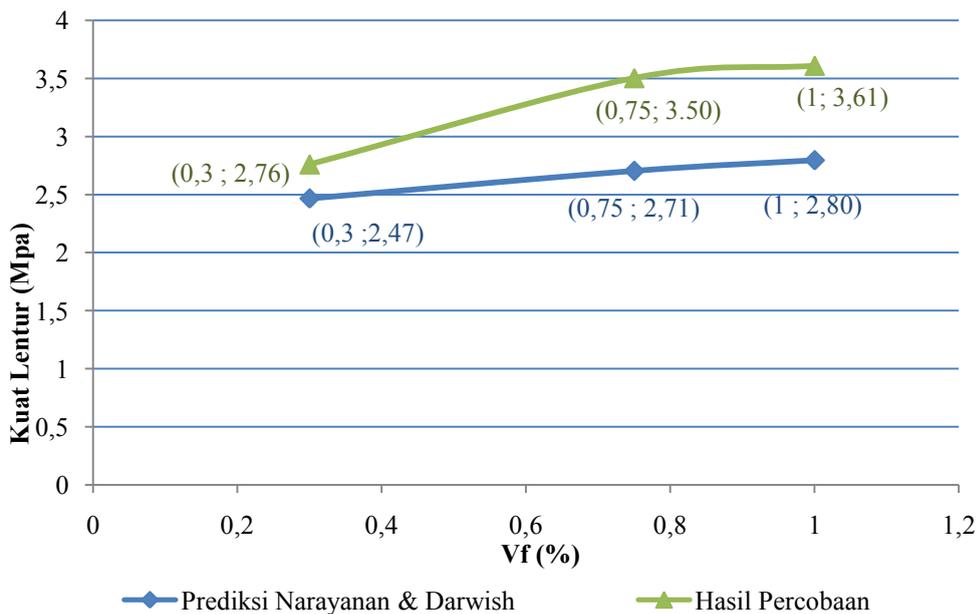
Persamaan yang diusulkan Narayanan & Darwish ini dibuat berdasarkan analisis regresi data percobaan yang digunakan untuk memprediksi kuat tarik belah silinder beton serat (Ashour et al, 1982). Persamaan tersebut diberikan sebagai berikut:

$$f_{cpr} = \frac{f_{cuf}}{A} + B + C\sqrt{F} \quad (3)$$

dengan f_{cpr} adalah kuat tarik belah silinder beton serat dalam N/mm^2 , f_{cuf} adalah kuat tekan kubus beton serat dalam N/mm^2 , A adalah tetapan non dimensi yang bernilai $(20 - \sqrt{F})$, B adalah tetapan yang bernilai 0,7 dalam N/mm^2 , C adalah tetapan yang bernilai 1,0 dalam N/mm^2 dan F adalah faktor serat yang diperoleh dari persamaan :

$$F = (I_f/d_f) \cdot V_f \cdot \beta \quad (3)$$

dengan I_f/d_f adalah *fiber aspect ratio*, V_f adalah *fiber volume fraction (%)*, V_f adalah *fiber volume fraction (%)* dan β adalah faktor lekatan serat – beton, yaitu $\beta = 0,5$ untuk serat berpenampang bundar, $\beta = 0,75$ untuk serat *crimped/hooked* dan $\beta = 1$ untuk serat *indented*.



Gambar 6. Hubungan Kuat Tarik dengan Vf

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik hasil percobaan pada V_f 0,3 % sebesar 2,76 MPa sedangkan nilai kuat tarik prediksi Narayanan & Darwish hanya sebesar 2,47 MPa. Seiring dengan bertambahnya volume fraksi serat nilai kuat tarik yang diperoleh semakin besar seperti yang terlihat pada garis lengkung dalam Gambar 5. Pada $V_f = 0,75$ % nilai kuat tarik hasil percobaan didapat sebesar 3,50 MPa dan prediksi Narayanan & Darwish didapat nilai sebesar 2,71 MPa. Nilai kuat tarik optimum terjadi

pada beton dengan volume fraksi = 1 %. Nilai kuat tarik hasil percobaan sebesar 3,61 MPa sedangkan prediksi Narayanan & Darwish dari Persamaan (3) didapat sebesar 2,80 MPa. Bila kuat tarik beton serat hasil penelitian dibandingkan dengan prediksi kuat tarik beton serat yang diperoleh dari persamaan usulan Narayanan & Darwish maka kuat tarik hasil penelitian cenderung berada di atas kuat tarik yang diperoleh dari usulan persamaan tersebut seperti yang terlihat pada Gambar 6. Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa penambahan serat ke dalam adukan beton dapat meningkatkan kuat tarik belah beton sesuai dengan peningkatan jumlah volume fraksi serat dan mengubah beton dari bahan yang getas menjadi bahan yang lebih daktail.

4. SIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan tersebut di atas dapat diambil kesimpulan :

1. Keleccakan adukan beton serat dipengaruhi oleh volume fraksi serat yang ditambahkan pada adukan beton. Semakin tinggi jumlah volume fraksi maka keleccakan adukan akan semakin menurun. Dengan kata lain menurunkan kemudahan pengerjaan beton.
2. Penambahan serat baja pada adukan beton tidak terlalu berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan beton tetapi dapat meningkatkan kemampuan menyerap energi (*toughness*) untuk menahan beban yang bekerja dan mengubah beton dari bahan yang getas menjadi lebih daktail. Pada penelitian ini diperoleh kuat tekan optimum pada $V_f = 1\%$ dengan peningkatan kuat tekan sebesar 15,89 % dari kuat tekan beton tanpa serat.
3. Penambahan serat baja pada adukan beton berpengaruh terhadap perbaikan kuat tarik beton. Pada beton tanpa serat diperoleh kuat tarik sebesar 2,23 MPa. Penambahan fraksi serat (V_f) sebesar 0,3 % kuat tarik meningkat 23,81 % menjadi 2,76 MPa. Kuat tarik meningkat sebesar 57,14 % pada penambahan fraksi serat (V_f) sebesar 0,75 % ($\sigma_t = 3,50$ MPa) dan 61,90 % pada penambahan fraksi serat (V_f) sebesar 1 % ($\sigma_t = 3,61$ MPa).

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544. 1982. *State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete*. Report No. ACI 544. IR-82.
- ACI Committee 544. 1984. *Guide for Specifying, Mixing, Placing and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete*. ACI Journal.
- ACI Committee 544. 1988. *Design Consideration for Steel Fiber Reinforced Concrete*. ACI Structural Journal.
- ASTM C 39/C 39M – 03. 1987. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. West Conshohocken. United States.
- ASTM C 496/ C 496M – 04. 1987. *Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. West Conshohocken. United States.
- Irawan, Elikon Endang. 2011. *Studi Kekuatan Lentur pada Struktur Balok Beton Ringan Berserat Kawat Galvanis*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 1996. *Teknologi Beton*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Noorhidana, V.A. 1997. *Pengaruh Penambahan Serat Baja pada Kuat Tarik/Lentur, Daktilitas, dan Ketahanan Kejut Beton serta Kemungkinan Aplikasinya untuk Lantai Gudang*. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Lampung.

- Soroushian, P and Bayasi, Z. 1991. *Fiber-Type Effects on the Performance of Steel Fiber Reinforced Concrete*. ACI Materials Journal.
- Suhendro, B. 1992. *Beton Fiber Lokal : Konsep, Aplikasi dan Permasalahannya*. *Kursus Singkat Teknologi Beton*. Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik. UGM