

Pengaruh Penambahan *Fiber* Baja Seling dengan *Volume Fraction* 0,4%, 0,6% dan 0,8% terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur pada Beton Mutu Normal

Tiffany Marvin¹⁾

Eddy Purwanto²⁾

Laksmi Irianti³⁾

Abstract

This research was conducted to study and determine the influence of steel sling fiber 0,4%, 0,6% and 0,8% volume fraction of compressive strength and flexural strength on normal quality concrete. This study used an experimental method in the Laboratory of Material and Construction Engineering Faculty, University of Lampung. The compressive strength test specimen is a 30 cm height and 15 cm diameter cylinder and the flexural strength test specimen is a 40 cm length, 10 cm width and 10 cm height beam. The compressive strength and flexural strength test of normal quality concrete with 0,4%, 0,6% and 0,8% volume fraction held after 14 and 28 days. The maximum compressive strength and flexural strength value are at 0,6% volume fraction and decrease at 0,8% volume fraction. The maximum compressive strength is 27,5537 MPa at 0,6% volume fraction and the optimum value from polynomial trendline chart is 27,6028 MPa at 0,5754% volume fraction. The maximum flexural strength is 5,6899 MPa at 0,6% volume fraction and the optimum value from polynomial trendline chart is 5,7163 MPa at 0,5687% volume fraction. The steel sling fiber didn't affect a high increase of the compressive strength, but this steel sling fiber had a high flexural strength which is 1733,46 MPa, so it affected a significant increase of the flexural strength test.

Keywords : compressive strength, flexural strength, fiber concrete, steel sling fiber

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari dan mengetahui pengaruh serat baja seling terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur pada beton mutu normal dengan konsentrasi serat 0,4%, 0,6% dan 0,8%. Studi ini menggunakan metode eksperimen di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung. Benda uji kuat tekan berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan benda uji kuat lentur berupa balok dengan panjang 40 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 10 cm. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton mutu normal dengan konsentrasi serat 0,4%, 0,6% dan 0,8% dilakukan setelah 14 dan 28 hari. Kuat tekan dan kuat lentur maksimal terjadi pada beton serat dengan konsentrasi serat 0,6% dan menurun pada konsentrasi serat 0,8%. Kuat tekan maksimal sebesar 27,5537 MPa pada konsentrasi serat 0,6% dan nilai optimum dari grafik regresi polinomial didapatkan kuat tekan sebesar 27,6028 MPa pada konsentrasi serat 0,5754%. Kuat lentur maksimal sebesar 5,6899 MPa pada konsentrasi serat 0,6% dan nilai optimum dari grafik regresi polinomial didapatkan kuat lentur sebesar 5,7163 MPa pada konsentrasi serat 0,5687%. Penambahan serat baja seling tidak memberikan kontribusi yang besar dalam peningkatan kuat tekan, sedangkan pada kuat tarik lentur, serat baja seling pada penelitian ini mempunyai kuat tarik yang tinggi, yaitu 1733,46 MPa sehingga dapat memberikan peningkatan kuat lentur yang signifikan.

Kata kunci : kuat tekan, kuat lentur, beton serat, serat baja seling

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. surel: tiffany222.tm@gmail.com

²⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

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

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan bangunan yang paling umum digunakan untuk konstruksi bangunan. Kelebihan beton dibandingkan bahan konstruksi lain adalah struktur beton tahan terhadap api, kemampuan menahan gaya tekan yang tinggi, mudah pengerjaan dan perawatannya, mudah dicetak atau dibentuk sesuai kebutuhan dan tahan terhadap perubahan cuaca. Tetapi di sisi lain beton memiliki beberapa kelemahan, antara lain kuat tarik beton yang sangat rendah dan bersifat getas (*brittle*) jika mendapat gaya tarik, sehingga kuat tarik beton sering diabaikan dan gaya tarik akan didukung oleh tulangan dan serat (*fiber*).

Kuat tarik beton dapat ditingkatkan dengan penambahan serat pada beton. Serat akan menahan gaya tarik pada daerah tarik tanpa mengalami retak. Salah satu bahan serat yang dapat digunakan untuk memperbaiki kelemahan beton adalah baja (*steel*). Pemberian serat dengan distribusi secara random dalam adukan beton, dapat menahan perambatan dan pelebaran retak-retak pada beton. Sifat-sifat mekanika beton serat baja dipengaruhi oleh jenis serat, *fiber aspect ratio*, *fiber volume fraction*, kekuatan beton, geometri dan pembuatan benda uji serta agregat. Dari hasil penelitian terdahulu oleh Felany (2004) didapatkan kuat tekan maksimal pada *volume fraction* 0,6% dan dari regresi *polynomial* didapatkan hasil bahwa kuat tekan beton akan terus menurun seiring dengan penambahan konsentrasi serat diatas 0,7127 %. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka diperlukan penelitian di laboratorium mengenai pengaruh penambahan *fiber* baja seling dengan konsentrasi serat 0,4%, 0,6% dan 0,8% terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur pada beton mutu normal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton normal diperoleh dengan cara mencampurkan semen Portland, air, dan agregat, adapun untuk jenis beton khusus (selain beton normal) ditambahkan bahan tambah, misalnya pozolan, bahan kimia pembantu, serat, dan sebagainya. Tujuan pemberian bahan tambah ialah untuk menghasilkan beton khusus yang lebih baik daripada beton normal. (Tjokrodinuljo, 2007).

2.2. Semen PCC (*Portland Composite Cement*)

Semen PCC (*Portland Composite Cement*) adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak/klinker semen portland dan gypsum dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. (SNI 15-7064-2004).

2.3. Agregat

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu semen hidraulik atau adukan. Agregat diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara alamiah melalui proses pelapukan dan aberasi yang berlangsung lama. Atau agregat dapat juga diperoleh dengan memecah batuan induk yang lebih besar.

2.3.1. Agregat Kasar

Agregat kasar untuk beton adalah agregat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu, dan mempunyai ukuran antara 5-40 mm (Sugianto dan Sebayang, 2005).

Tabel 1. Gradasi standar agregat kasar.

Ukuran saringan (mm)	Persentase lolos		
	37,5 - 4,75	19,0- 4,75	12,5 - 4,75
50	100	-	-
38,1	95 - 100	-	-
25	-	100	-
19	35 - 70	90 - 100	100
12,5	-	-	90 - 100
9,5	10 - 30	20 - 55	40 - 70
4,75	0 - 5	0 - 10	0 - 15
2,36	-	0 - 5	0 - 5
pan			

2.3.2. Agregat Halus

Agregat halus untuk beton adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 5 mm.

Tabel 2. Gradasi standar agregat halus.

Ukuran saringan (mm)	Persentase lolos
9,5	100
4,75	95 - 100
2,36 (No.8)	80 - 100
1,18 (No.16)	50 - 85
0,6 (No.30)	25 - 60
0,3 (No.50)	10 - 30
0,15 (No.100)	2 - 10
Pan	

2.4. Air

Air digunakan sebagai salah satu bahan pembuatan beton dan air juga digunakan sebagai bahan perawatan beton (*curing*). Air akan bereaksi dengan semen, serta menjadi bahan pelumas antara butiran

agregat agar mudah dipadatkan dan dikerjakan. Air yang digunakan adalah air yang bersih, tidak mengandung lumpur, minyak, dan tidak mengandung garam-garam dan zat-zat lain yang dapat larut dan dapat merusak beton.

2.4.1. Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan jumlah penggunaan air dengan jumlah penggunaan semen (w/c) dalam suatu campuran mortar atau beton. Perbandingan yang dipakai dalam hal ini adalah perbandingan berat. Semakin tinggi nilai fas maka semakin rendah mutu beton yang dihasilkan, akan tetapi nilai fas yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai fas yang sangat rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun

2.5. Serat Baja (*Steel Fiber*)

Menurut Soroushian dan Bayasi (1991) ada beberapa jenis baja yang biasa digunakan sesuai dengan kegunaannya masing-masing, jenis-jenis baja tersebut adalah sebagai berikut, berdasarkan bentuk *fiber* baja (*steel fiber shapes*): lurus (*straight*), berkait (*hooked*), bergelombang (*crimped*), *double duo form*, *ordinary duo form*, bundel (*paddled*), kedua ujung ditekuk (*enlarged ends*), tidak teratur (*irregular*), bergerigi (*idented*), berdasarkan penampang

fiber baja (*steel fiber cross section*): lingkaran (*round/wire*), persegi / lembaran (*rectangular / sheet*), tidak teratur / bentuk dilelehkan (*irregular / melt extract*) dan fiber dilekatkan bersama dalam satu ikatan (*fibers glued together into a bundle*). Berikut tabel sifat berbagai macam bahan *fiber* berdasarkan CI Committee 544, 1984 dalam Mulyono (2003):

Tabel 3. Sifat berbagai macam bahan *fiber*.

No.	Jenis Serat	Kuat Tarik (MPa)	Perpanjangan saat putus (%)	Berat Jenis
1	Acrylic	204 - 408	25 - 45	1,1
2	Asbes (<i>Asbestos</i>)	544 - 952	0,6	3,2
3	Kaca (<i>Glass</i>)	1020 - 3740	1,5 - 3,5	2,5
4	Nylon	748 - 816	16 - 20	1,1
5	Baja (<i>Steel</i>)	272 - 2720	0,5 - 35	7,8

2.6. Beton Mutu Tinggi

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 (Tjokrodinuljo, 2007).

Penggunaan aspek rasio serat yang tinggi mengakibatkan serat cenderung menggumpal menjadi suatu bola (*balling effects*) yang sulit tersebar merata dalam proses pengadukan dan batas maksimal yang masih memungkinkan terjadinya pengadukan yang mudah pada adukan beton serat adalah penggunaan beton serat dengan aspek rasio (l/d) < 50. Nilai l/d yang melampaui batas di atas akan menyebabkan kesulitan dalam pengadukan yang dinyatakan dalam *VB-time* yang semakin tinggi (Sudarmoko, 1989).

Adukan beton serat dapat dicampur dan dituang dengan peralatan konvensional dengan menggunakan 0,5% s/d 1,5% *fiber volume fraction*. Dari hasil penelitian terdahulu oleh Felany (2004) didapatkan kuat tekan maksimal pada *volume fraction* 0,6% dan dari regresi *polynomial* didapatkan hasil bahwa kuat tekan beton akan terus menurun seiring dengan penambahan konsentrasi serat diatas 0,7127 %.

Kelecekan tidak hanya dapat diukur dengan menggunakan *slump test* saja, ini yang membedakan dengan pengukuran kelecekan pada beton konvensional. Kelecekan beton serat diukur dengan menggunakan *slump test* dan *VB-test*. Menurut Purwanto (1999), dalam ACI Committee 544-84, prosedur pemakaian *inverted slump cone test* *VB-test* dapat untuk menentukan kelecekan beton serat. *VB-time* yang cukup baik untuk kelecekan beton serat menurut ACI *Comittee* 544-84 besarnya antara 5 s/d 25 detik. *Slump test* hanya digunakan untuk mengontrol konsistensi beton serat, dan umumnya *slump* beton serat berkisar antara 25 s/d 100 mm.

2.7. Kuat Tekan

Kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas, yang dapat ditahan sampai dengan menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh CTM (*Compression Testing Machine*) dengan kapasitas 2000 kN.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan benda uji adalah

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

2.8. Kuat Lentur

Dipohusodo (1993) menjelaskan apabila suatu gelagar balok bentang sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, akan terjadi deformasi (regangan) lentur didalam balok tersebut. Menurut ASTM C78-94 rumus kuat lentur beton dinyatakan dalam modulus Rupture (R). Rumus kuat lentur beton bentang yaitu :

$$R = \frac{PL}{bd^2} \quad (2)$$

3. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di Laboratorium Struktur dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung. Benda uji pada penelitian ini berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Dan benda uji balok beton 40 cm x 10 cm x 10 cm. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton serat baja seling dengan *volume fraction* 0,4%, 0,6% dan 0,8% dilakukan setelah benda uji berumur 14 dan 28 hari.

3.1. Material

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Semen

Semen merupakan bahan pembentuk beton yang berfungsi sebagai pengikat butiran agregat dan mengisi ruang antar agregat sehingga terbentuk massa yang padat. Penelitian ini menggunakan semen PCC (*Portland Composite Cement*) Semen Padang yang didapat dari toko dalam keadaan baik, tertutup rapat dalam kemasan (zak) 50 kg.

1. Agregat Halus

Agregat halus terlebih dahulu dilakukan memenuhi standar ASTM. Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berasal dari Gunung Sugih, Lampung Tengah.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar yang dipakai dari Tanjungan, Lampung Selatan dengan ukuran maksimum sebesar 20 mm dan telah memenuhi ASTM.

3. Air

Air yang digunakan adalah air bersih yang tidak mengandung lumpur, minyak dan benda-benda merusak lainnya yang dapat di lihat secara visual serta tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton.

4. Serat

Serat yang digunakan yaitu serat baja seling memiliki diameter 0,8 mm yang dipotong-potong sepanjang 25 mm. *Volume fraction* (V_f) diambil 0,4%, 0,6% dan 0,8% terhadap volume beton.

Kuat tarik baja seling 1733,46 MPa dan berbentuk bergelombang (*crimped*).

3.2. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi beberapa tahap sebagai berikut:

1. Persiapan bahan

Pada tahap ini seluruh bahan dan peralatan yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian berjalan dengan baik dan lancar.

2. Pengujian bahan penyusun beton

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap bahan yang digunakan. Dalam penelitian ini rencana campuran beton menggunakan metode ACI dengan kekuatan yang direncanakan ($f'c$) Beton Normal dan *fiber* baja seling dengan aspek rasio (l/d) 31,25.

Tabel 4. Benda uji untuk pengujian kuat tekan dan kuat lentur.

<i>Volume Fraction (%)</i>	Uji	Kode	Jumlah Sampel (buah)	Umur Beton (hari)
0,4	Kuat Tekan	T.0,4.1-1	1	14
		T.0,4.1-2	1	
		T.0,4.1-3	1	
		T.0,4.2-1	1	28
		T.0,4.2-2	1	
		T.0,4.2-3	1	
	Kuat Lentur	L.0,4.1-1	1	14
		L.0,4.1-2	1	
		L.0,4.1-3	1	
		L.0,4.2-1	1	28
		L.0,4.2-2	1	
		L.0,4.2-3	1	
0,6	Kuat Tekan	T.0,6.1-1	1	14
		T.0,6.1-2	1	
		T.0,6.1-3	1	
		T.0,6.2-1	1	28
		T.0,6.2-2	1	
		T.0,6.2-3	1	
	Kuat Lentur	L.0,6.1-1	1	14
		L.0,6.1-2	1	
		L.0,6.1-3	1	
		L.0,6.2-1	1	28
		L.0,6.2-2	1	
		L.0,6.2-3	1	
0,8	Kuat Tekan	T.0,8.1-1	1	14
		T.0,8.1-2	1	
		T.0,8.1-3	1	
		T.0,8.2-1	1	28
		T.0,8.2-2	1	
		T.0,8.2-3	1	
	Kuat Lentur	L.0,8.1-1	1	14
		L.0,8.1-2	1	
		L.0,8.1-3	1	
		L.0,8.2-1	1	28
		L.0,8.2-2	1	
		L.0,8.2-3	1	
Jumlah			36	

3.3. Pengujian Beton

1. Pengujian *slump*

Pengujian *slump* bertujuan untuk mengetahui kelecakan campuran beton yang masih segar. Peralatan yang digunakan pada pengujian *slump* adalah cetakan kerucut dengan tinggi 30 cm, diameter bagian atas 10 cm, diameter bagian bawah 20 cm, batang baja penumbuk dengan ukuran diameter 16 mm serta panjang 60 cm, pelat dasar dengan luasan 45 cm², sekop kecil, sendok semen, dan penggaris.

2. Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang telah berumur 14 dan 28 hari dengan memberikan tekanan hingga benda uji tersebut runtuh. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM).

3. Pengujian kuat lentur beton

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat lentur pada benda uji berbentuk balok dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 40 cm. Pengujian akan dilakukan setelah benda uji berumur 14 dan 28 hari. Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C-78, yaitu metode pengujian kuat lentur dengan bentang terbagi menjadi dua yang bekerja pada tiap jarak 1/3 bentang.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisik Material

Pengujian sifat-sifat fisik material yang digunakan sebagai bahan penyusun beton normal dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Pengujian sifat-sifat fisik material sesuai ASTM bertujuan untuk mengetahui data awal mengenai material yang akan dipakai. Sifat fisik agregat halus yang diuji meliputi kadar air, berat jenis dan penyerapan agregat halus, gradasi, kadar lumpur, kandungan zat organik, dan berat volume. Sifat fisik agregat kasar yang diuji meliputi kadar air, berat jenis dan penyerapan, gradasi, dan berat volume. Sifat fisik Semen yang diuji meliputi berat jenis dan waktu pengikatan.

4.2. Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton pada penelitian ini untuk *volume fraction* 0,4%, 0,6% dan 0,8%

Tabel 5. Perencanaan campuran beton per 1 m³ dan serat baja seling.

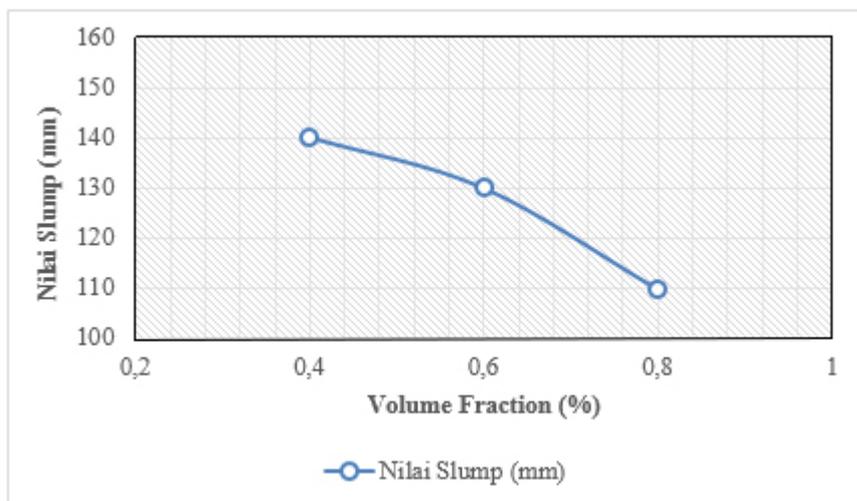
<i>Volume Fraction</i> (%)	Semen (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Air (kg)	Serat Baja Seling (kg)
0,4	455,916	948	635,135	214	31,2
0,6	455,916	948	635,135	214	46,8
0,8	455,916	948	635,135	214	62,4

4.3. Nilai *Slump* dan *Workability*

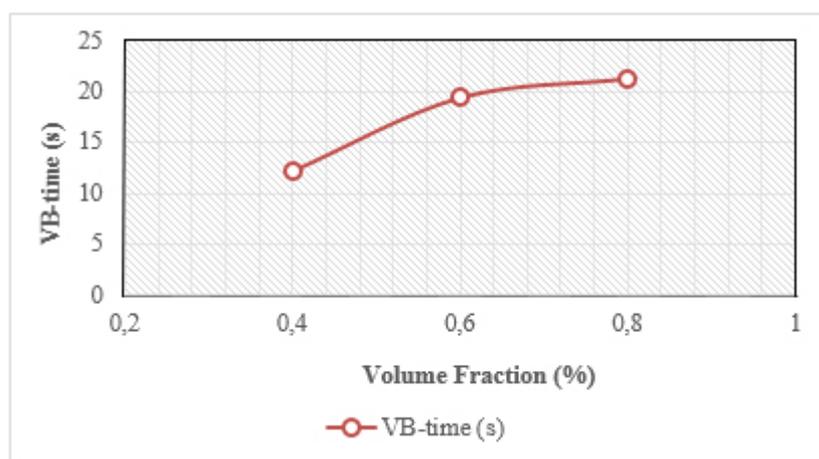
Workability (kemudahan pengerjaan) beton dapat dilihat dari nilai *slump* yang terjadi. Karena nilai *slump* merupakan parameter *workability*, semakin tinggi nilai *slump* maka semakin mudah proses pengerjaan beton (*workability*). Kelecakan tidak hanya dapat diukur dengan menggunakan *slump test* saja, ini yang membedakan dengan pengukuran kelecakan pada beton konvensional. Prosedur pemakaian *inverted slump cone test* VB-test dapat untuk menentukan kelecakan beton serat

Tabel 6. Nilai *slump* dan *VB-time* beton serat.

No.	Volume fraction (%)	Slump (mm)		VB-time (s)
		Sebelum diberi serat	Setelah diberi serat	
1.	0,4	160	140	12,10
2.	0,6	150	130	19,41
3.	0,8	155	110	21,3



Gambar 1. Grafik hubungan antara nilai *slump* dan *volume fraction*



Gambar 2. Grafik hubungan antara nilai *VB-time* dan *volume fraction*

4.4. Berat Volume Beton

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton dengan volume beton yang sangat tergantung dari komposisi material adukan beton yang direncanakan. Berat volume beton dapat diketahui dengan cara menimbang dan mengukur dimensi benda uji, sehingga didapatkan berat dan volume benda uji tersebut.

Tabel 7. Berat volume beton untuk benda uji silinder.

Volume Fraction (%)	Umur Beton (Hari)	Kode	Berat Beton (kg)	Volume Beton (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rata-rata (kg/m ³)
0,4	14	T.0,4.1-1	12,47	0,0053	2353,3852	2362,1923
		T.0,4.1-2	12,56	0,0053	2370,3704	
		T.0,4.1-3	12,48	0,0053	2355,2725	
	28	T.0,4.2-1	12,50	0,0053	2359,0469	
		T.0,4.2-2	12,57	0,0053	2372,2576	
		T.0,4.2-3	12,52	0,0053	2362,8214	
0,6	14	T.0,6.1-1	12,52	0,0053	2362,8214	2383,8956
		T.0,6.1-2	12,56	0,0053	2387,3555	
		T.0,6.1-3	12,70	0,0053	2396,7917	
	28	T.0,6.2-1	12,58	0,0053	2374,1448	
		T.0,6.2-2	12,81	0,0053	2417,5513	
		T.0,6.2-3	12,53	0,0053	2364,7087	
0,8	14	T.0,8.1-1	12,74	0,0053	2404,3406	2374,9312
		T.0,8.1-2	12,65	0,0053	2387,3555	
		T.0,8.1-3	12,40	0,0053	2340,1746	
	28	T.0,8.2-1	12,49	0,0053	2357,1597	
		T.0,8.2-2	12,58	0,0053	2373,2012	
		T.0,8.2-3	12,65	0,0053	2387,3555	

Tabel 8. Berat volume beton untuk benda uji balok.

Volume Fraction (%)	Umur Beton (Hari)	Kode	Berat Beton (kg)	Volume Beton (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rata-rata (kg/m ³)
0,4	14	L.0,4.1-1	9,55	0,0053	2387,5	2413,958
		L.0,4.1-2	9,81	0,0053	2452,5	
		L.0,4.1-3	9,66	0,0053	2413,8	
	28	L.0,4.2-1	9,66	0,0053	2415,0	
		L.0,4.2-2	9,37	0,0053	2342,5	
		L.0,4.2-3	9,89	0,0053	2472,5	
0,6	14	L.0,6.1-1	9,39	0,0053	2347,5	2416,250
		L.0,6.1-2	9,70	0,0053	2425,0	
		L.0,6.1-3	9,64	0,0053	2410,0	
	28	L.0,6.2-1	9,64	0,0053	2410,0	
		L.0,6.2-2	9,75	0,0053	2437,5	
		L.0,6.2-3	9,87	0,0053	2467,5	
0,8	14	L.0,8.1-1	9,30	0,0053	2325,0	2405,417
		L.0,8.1-2	9,64	0,0053	2410,0	
		L.0,8.1-3	9,85	0,0053	2462,5	
	28	L.0,8.2-1	9,78	0,0053	2445,0	
		L.0,8.2-2	9,76	0,0053	2440,0	
		L.0,8.2-3	9,40	0,0053	2350,0	

Berat volume beton serat dengan *volume fraction* 0,8% lebih kecil dari *volume fraction* 0,6% dan 0,4%, sedangkan berat jenis serat baja seling lebih besar dari berat jenis agregat. Semakin besar *volume fraction* menyebabkan semakin banyaknya rongga di dalam beton karena ikatan antar serat yang saling *overlapping* menyebabkan sulitnya pergerakan agregat juga mengakibatkan pemadatan tidak optimal. Dari hasil-hasil tersebut terlihat bahwa berat volume beton yang ada berada pada kisaran 2300 kg/m³ – 2500 kg/m³ yaitu termasuk dalam beton normal. Berat volume yang beragam juga dipengaruhi oleh proporsi campuran beton dan proses pemadatan beton segar saat pengecoran.

4.5. Kuat Tekan Beton

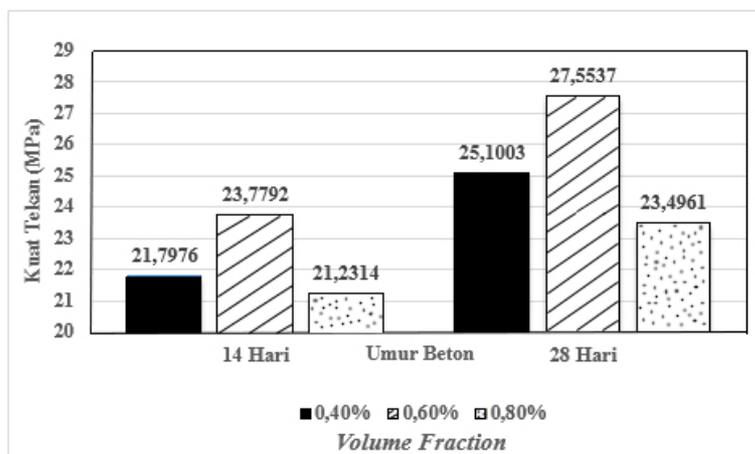
Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada saat benda uji silinder telah berumur 14 dan 28 hari. Data yang diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan beton benda uji silinder berupa beban maksimum yang diubah menjadi nilai kuat tekan beton dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut :

Tabel 9. Hasil pengujian kuat tekan beton serat 0,4%, 0,6%, 0,8% 14 hari.

Jenis serat	Volume Fraction	Benda uji	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maks (KN)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan rata-rata (N/mm ²)
Baja Seling	0,4%	1	12,47	2353,3852	370	20,9483	21,7976
		2	12,56	2370,3704	430	24,3454	
		3	12,48	2355,2725	355	20,0991	
	0,6%	1	12,52	2362,8214	450	25,4777	23,7792
		2	12,65	2387,3555	350	19,8160	
		3	12,70	2396,7917	460	26,0439	
	0,8%	1	12,74	2404,3406	380	21,5145	21,2314
		2	12,65	2387,3555	375	21,2314	
		3	12,40	2340,1746	370	20,9483	

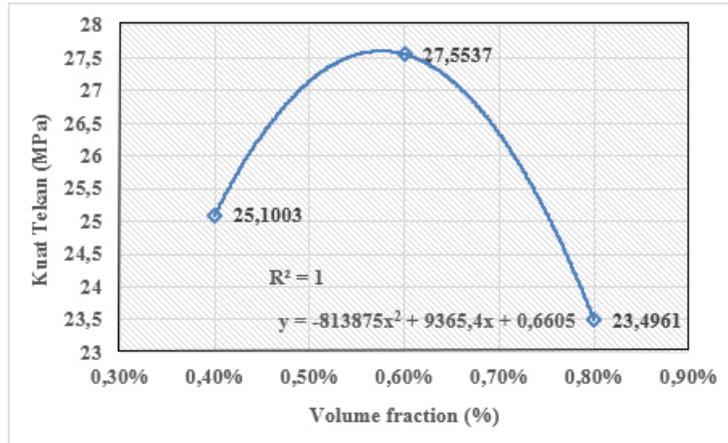
Tabel 10. Hasil pengujian kuat tekan beton serat 0,4%, 0,6%, 0,8% 28 hari.

Jenis serat	Volume Fraction	Benda uji	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maks (KN)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan rata-rata (N/mm ²)
Baja Seling	0,4%	1	12,50	2359,0469	390	22,0807	25,1003
		2	12,57	2372,2576	470	26,6100	
		3	12,52	2362,8214	470	26,6100	
	0,6%	1	12,58	2374,1448	485	27,4593	27,5537
		2	12,81	2417,5513	490	27,7424	
		3	12,53	2364,7087	485	27,4593	
	0,8%	1	12,49	2357,1597	435	24,6285	23,4961
		2	12,58	2373,2012	400	22,6469	
		3	12,65	2387,3555	410	23,2130	



Gambar 3. Grafik perbandingan kuat tekan beton serat dengan volume fraction 0,4%, 0,6% dan 0,8% pada umur 14 dan 28 hari

Dari data pada Tabel 10 dapat diperoleh grafik hubungan antara *volume fraction* dan kuat tekan beton serat baja seling dengan menggunakan regresi *polynomial* dari *Microsoft Excel* sebagai berikut :



Gambar 4. Grafik hubungan kuat tekan beton dengan *volume fraction* serat baja seling pada umur 28 hari

Dari grafik regresi *polynomial* hasil pengujian pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa kuat tekan beton serat baja seling optimum terletak pada konsentrasi serat 0,5754% dengan kuat tekan sebesar 27,6028 MPa.

4.6. Kuat Lentur Beton

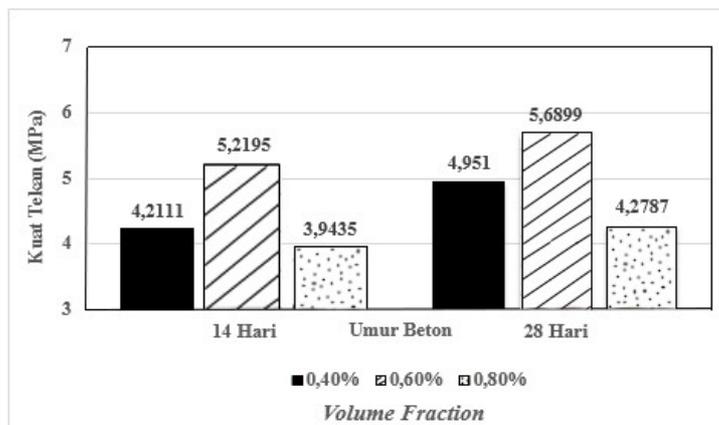
Pengujian kuat lentur beton dilaksanakan pada saat benda uji balok telah berumur 14 dan 28 hari. Pengujian kuat lentur beton dilakukan dengan diberi beban terpusat pada jarak 1/3 bentang (ASTM C78-94)

Tabel 11. Hasil pengujian kuat lentur beton serat 0,4%, 0,6%, 0,8% 14 hari.

Jenis serat	Volume Fraction	Benda uji	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maks (N)	Kuat Lentur (N/mm ²)	Kuat Lentur rata-rata (N/mm ²)
Baja Seling	0,4%	1	9,55	2387,5	14259	4,2777	4,2111
		2	9,81	2452,5	13592,6	4,0778	
		3	9,66	2413,8	14259	4,2777	
	0,6%	1	9,39	2347,5	13592,6	4,0778	5,2195
		2	9,70	2425,0	14259	4,2777	
		3	9,64	2410,0	24343,2	7,3030	
	0,8%	1	9,30	2325,0	9564,8	2,8694	3,9435
		2	9,64	2410,0	14935,2	4,4806	
		3	9,85	2462,5	14935,2	4,4806	

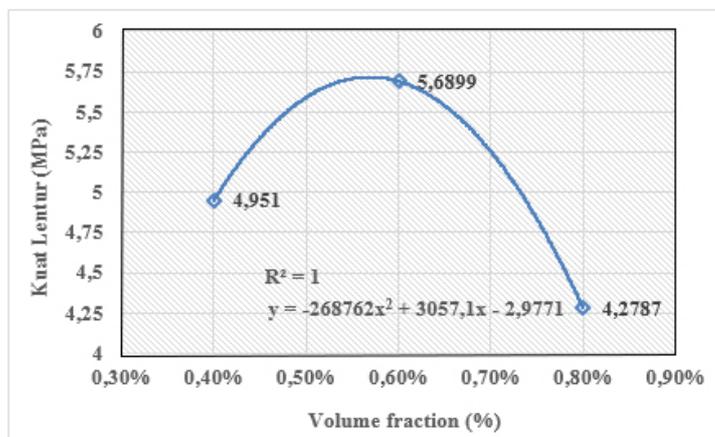
Tabel 12. Hasil pengujian kuat lentur beton serat 0,4%, 0,6%, 0,8% 28 hari.

Jenis serat	Volume Fraction	Benda uji	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban Maks (N)	Kuat Lentur (N/mm ²)	Kuat Lentur rata-rata (N/mm ²)
Baja Seling	0,4%	1	9,66	2415,0	14259	4,2777	4,9510
		2	9,37	2342,5	12250	3,6750	
		3	9,89	2472,5	23000,6	6,9002	
	0,6%	1	9,64	2410,0	18296,6	5,4890	5,6899
		2	9,75	2437,5	14259	4,2777	
		3	9,87	2467,5	24343,2	7,3030	
	0,8%	1	9,78	2445,0	12916,4	3,8749	4,2787
		2	9,76	2440,0	14259	4,2777	
		3	9,40	2350,0	15611,4	4,6834	



Gambar 5. Grafik perbandingan kuat lentur beton serat dengan volume fraction 0,4%, 0,6% dan 0,8% pada umur 14 dan 28 hari

Dari data pada Tabel 12 dapat diperoleh grafik hubungan antara volume fraction dan kuat lentur beton serat baja seling dengan menggunakan regresi polynomial dari Microsoft Excel sebagai berikut :



Gambar 6. Grafik hubungan kuat lentur beton dengan *volume fraction* serat baja seling pada umur 28 hari

Dari grafik regresi *polynomial* hasil pengujian pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa kuat lentur beton serat baja seling tertinggi terletak pada konsentrasi serat 0,5687 % dengan kuat lentur sebesar 5,7163 MPa.

5. KESIMPULAN

Nilai *slump* akan menurun dan nilai *VB-time* akan semakin meningkat seiring meningkatnya konsentrasi serat (*volume fraction*) yang ditambahkan. *Workability* yang terjadi pada penelitian ini, yaitu dengan *aspect ratio* (l/d) 31,25 dan *volume fraction* 0,4%, 0,6 % dan 0,8% adalah baik dan dapat dikerjakan dengan cara konvensional tanpa menambahkan bahan kimia tambahan (*superplasticizer*). Kuat tekan dan kuat lentur maksimal terjadi pada beton serat dengan *volume fraction* 0,6% dan menurun pada *volume fraction* 0,8%. Dari hasil pengujian kuat tekan beton yang telah dilakukan, didapatkan kuat tekan maksimal sebesar 27,5537 MPa pada *volume fraction* 0,6%. Dari grafik regresi *polynomial* hasil pengujian kuat tekan beton serat baja seling optimum terletak pada konsentrasi serat 0,5754 % dengan kuat tekan sebesar 27,6028 Mpa. Dari hasil pengujian kuat lentur beton yang telah dilakukan, didapatkan kuat lentur maksimal sebesar 5,6899 MPa pada *volume fraction* 0,6%. Dari grafik regresi *polynomial* hasil pengujian kuat lentur beton serat baja seling tertinggi terletak pada konsentrasi serat 0,5687 % dengan kuat lentur sebesar 5,7163 Mpa. Penurunan kuat tekan dan lentur akibat *volume fraction* serat yang tinggi menyebabkan semakin banyaknya rongga di dalam beton karena ikatan antar serat yang saling *overlapping* menyebabkan sulitnya pergerakan agregat. Penambahan serat baja seling tidak memberikan kontribusi yang besar dalam peningkatan kuat tekan, sedangkan pada kuat tarik lentur, serat baja seling pada penelitian ini mempunyai kuat tarik yang tinggi, yaitu 1733,46 MPa dapat memberikan peningkatan kuat lentur yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 78, *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*. West Conshohocken. United States.
- Dipohusodo, I., 1993, *Struktur Beton Bertulang*. Departemen Pekerjaan Umum: Badan Penelitian dan Pengembangan PU. Jakarta.
- Felany, D., 2004, *Tinjauan Kuat Desak Dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Penambahan Serat Tali Beneser*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Mulyono, Tri. 2003, *Teknologi Beton*. ANDI. Yogyakarta.
- Purwanto, E., 1999, *Perilaku Fiber Lokal Pada Perilaku Dan Kuat Torsi Ultimit Balok Beton Bertulang*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- SNI 15-7064-2004, 2004, *Semen Portland Komposit*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- Soroushian, P., And Bayasi, Z., 1991, *Fiber Type Effects on the Performance of Steel Fiber Reinforced Concrete*, Michigan State University, Michigan, USA.
- Sudarmoko, 1989, *Pengaruh Penambahan Fiber pada Keleccakan Adukan Beton*. Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik. Universitas Gadjah Mada.
- Sugiyanto dan Sebayang, Surya, 2005, *Teknologi Bahan*. Bandar Lampung. Universitas Lampung.
- Tjokrodimuljo, K., 2007, *Teknologi Beton*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

