

**PENGARUH VARIASI FRAKSI DARI SERAT KALENG TERHADAP BESARAN
KARAKTERISTIK BETON RINGAN**
(The Effect of Variety of Fiber Can Fractions on the Lightweight Concrete Characteristic)

Andhika Vikriansyah, Indradi Wijatmiko, Bhondana Bayu BK.
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Mayjen Haryono 167 Malang 65145 -Telp (0341) 567886
Email : Andhikavisyah@gmail.com

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan teknologi beton, muncul gagasan untuk memanfaatkan material dari limbah kaleng dengan menambahkan serat kaleng minuman bekas untuk meningkatkan kuat tarik belah beton dan dengan penambahan batu apung dapat membuat struktur menjadi ringan dan ramping pada adukan beton sebagai bahan tambahan dan bahan penyusun pada beton ringan. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tarik belah dan uji tekan dengan alat *compression test* serta uji modulus elastisitas dengan menggunakan *extensometer* dan *strain gauge*. Pada penelitian ini yang dianalisis adalah kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas. Dengan variasi fraksi atau persentase serat kaleng yang ditambahkan ke dalam campuran beton adalah sebesar 10%, 15% dan 20% dari volume beton silinder. Hasil pengujian kuat tekan pada penelitian ini menunjukkan dengan meningkatkan fraksi serat kaleng yang ditambahkan, maka nilai kuat tekan beton juga akan meningkat. Sedangkan hasil pengujian kuat tarik belah beton menunjukkan bahwa penambahan serat kaleng hanya memberikan sedikit pengaruh pada kuat tarik beton. Untuk modulus elastisitasnya berdasarkan hasil pengujian, jika dibandingkan dengan beton normal tanpa serat modulus elastisitas dengan fraksi ini mengalami penurunan.

Kata Kunci: serat kaleng, kaleng, kuat tarik, kuat tekan, modulus elastisitas

ABSTRACT

Along with the development of concrete technology, the idea came to exploit materials from cans by adding fiber can to increase the tensile strength of concrete and with the addition of pumice to make the structure become lightweight and slender on the concrete mix as additives and as materials on the lightweight concrete. The tests that performed were tensile strength test, compressive test with compression machine and modulus of elasticity with extensometer and strain gauge. In this study, the things that analyzed focus on compressive strength, tensile strength and modulus of elasticity. With the variety of fractions or percentage of fiber cans that added to concrete mixture are 10%, 15% dan 20% of the concrete volume. The result of the compressive strength test in this study is showed by increasing the fraction of the fiber can then make the value of compressive strength of the concrete will also increase. While the result from tensile strength test of the concrete is showed that addition of fiber can only gives a little influence on the tensile strength of the concrete. And the last for modulus of elasticity, based on test result, when it compared with the normal concrete (without fiber can) the modulus of elasticity with this fraction decreased.

Keywords: fiber can, cans, tensile strength, compressive strength, modulus of elasticity.

PENDAHULUAN

Material yang umum digunakan membangun sarana dan prasana konstruksi teknik sipil adalah beton. Besarnya kebutuhan akan struktur yang ringan dan ramping serta

memiliki gaya tarik yang besar, sementara bahan penyusun yang digunakan semakin mahal dan terbatas. Seiring dengan perkembangan teknologi beton, muncul gagasan untuk memanfaatkan material dari

limbah kaleng dengan menambahkan serat kaleng (*cans fiber*) untuk meningkatkan kuat tarik belah beton dan pemanfaatan batu apung untuk membuat struktur menjadi ringan dan ramping pada adukan beton sebagai bahan tambahan dan bahan penyusun pada beton ringan. Penelitian ini sendiri tentang pemanfaatan limbah kaleng sebagai serat yang dimodifikasi berukuran 1 x 20 mm yang dicampur sebanyak 20% dari volume semen dan ditambah dengan *fly ash* sebanyak 15% dari volume semen pada beton bermutu $f'c$ 25 MPa. Oleh sebab itu, peneliti ingin meneliti lebih lanjut mengenai serat kaleng untuk beton ringan. Penelitian ini menggunakan serat kaleng dengan variasi fraksi serat 10%, 15%, dan 20% dari volume beton silinder dan dengan menambahkan campuran agregat batu apung 25% dari berat beton silinder untuk beton..

TINJAUAN PUSTAKA

Beton Ringan

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m³. Pada dasarnya beton ringan diperoleh dengan cara menambahkan pori-pori udara ke dalam campuran betonnya. Dalam pembuatan beton ringan, bahan yang digunakan untuk mengurangi berat beton yaitu dengan substitusi agregat. Agregat yang digunakan biasanya berasal dari batuan beku seperti Scoria dan batu Apung.

Beton Serat

Beton serat didefinisikan sebagai bahan beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat/*fiber* (*ACI Committee 544*, 1982).

Kuat Tekan

Kuat tekan pada beton merupakan kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan pada beton mengidentifikasi mutu atau kualitas dari beton. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

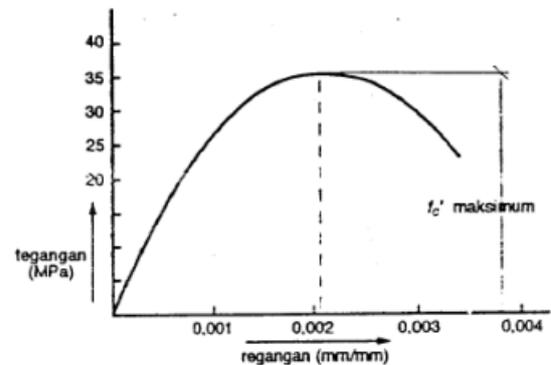
Nilai kuat tekan beton dihasilkan dari pengujian kuat tekan benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. Tegangan tekan beton merupakan perbandingan antara beban yang mampu ditahan oleh benda uji silinder dengan luas penampang alas silinder.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

dengan:

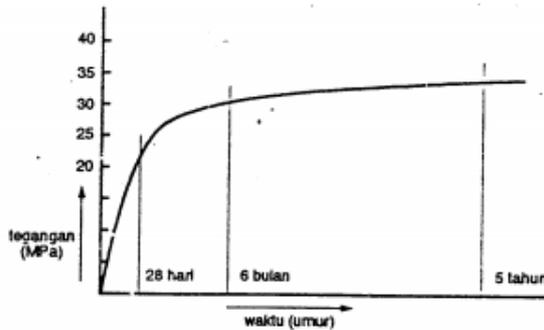
- $f'c$ = Tegangan tekan beton (N/mm²)
- P = Besar gaya yang mampu ditahan silinder (N)
- A = Luas penampang silinder (mm²)

Kuat tekan masing-masing benda uji didapatkan dari tegangan tekan tertinggi ($f'c$) menggunakan mesin uji dengan peningkatan beban tekan bertingkat dan dengan kecepatan pembebanan tertentu. Tegangan tekan ($f'c$) beton yang dihasilkan bukan pada saat beton hancur, namun ketika tegangan maksimum beton mencapai regangan (ϵ_b) mencapai nilai $\pm 0,002$.



Gambar 1. Tegangan tekan benda uji beton

Nilai kuat tekan beton beragam sesuai dengan umurnya, biasanya pada beton normal kuat tekan beton ditentukan pada umur 28 hari setelah pengecoran. Pada umur 7 hari kuat tekan beton mencapai 70% dari umur 28 hari dan pada umur 14 hari kuat beton mencapai 85% - 90% dari kuat beton umur 28 hari.



Gambar 2. Diagram hubungan kuat beton dengan umur beton

Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah pada beton tidak berbanding lurus dengan kuat tekan beton, kuat tarik bahan beton normal berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya. Pembebanan benda uji tarik belah beton dilakukan dengan cara meletakkan benda uji silinder mendarat sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan kemudian diberi beban merata sesuai dengan tinggi silinder (SNI 03-2491-2002). Tegangan tarik yang timbul sesaat benda uji silinder terbelah disebut *split cylinder strength*.

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \dots \dots \dots (2)$$

dengan:

- f_t = Kuat tarik belah beton (N/mm²)
- P = Beban maksimum (N)
- L = Tinggi silinder beton (mm)
- D = Diameter benda uji silinder (mm²)

Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan (Murdock dan Brook, 1999). Berikut rumus-rumus modulus elastisitas yang biasa digunakan:

a. Menurut Eurocode 2 (1992)

$$E_c = \frac{0,4 f'c}{\epsilon(0,4 f'c)} \dots \dots \dots (3)$$

dengan:

- E_c = Modulus elastisitas (MPa)
- $f'c$ = Kuat tekan beton umur 28 hari (MPa)
- ϵ = Regangan aksial (mm/mm)

b. Menurut ASTM C469

$$E_c = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \dots \dots \dots (4)$$

dengan:

- E_c = Modulus elastisitas (MPa)
- σ_1 = Tegangan untuk 0,00005
- σ_2 = Tegangan 40% dari tegangan ultimate
- ϵ_1 = 0,00005
- ϵ_2 = Regangan yang dihasilkan σ_2

c. Menurut SK SNI T-15-1991

Terdapat dua rumus berdasarkan berat isi beton. Yang pertama apabila $1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$ maka:

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \times f'c^{0,5} \dots \dots \dots (5)$$

Sedangkan apabila $W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$ maka:

$$E_c = 4700 \times f'c^{0,5} \dots \dots \dots (6)$$

dengan:

- E_c = Modulus elastisitas (MPa)
- $f'c$ = Kuat tekan beton umur 28 hari (MPa)
- W_c = Berat isi beton (kg/m³)

d. Menurut TS 500 (Turkey Standart)

$$E_c = (3250 \times \sqrt{f'c}) + 14000 \dots \dots \dots (7)$$

E_c = Modulus elastisitas (MPa)

$f'c$ = Kuat tekan beton umur 28 hari (MPa)

Extensometer

Extensometer adalah alat untuk mengetahui perubahan panjang yang terjadi sehingga dapat diketahui nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada setiap pembebanan dengan persamaan-persamaan.

$$\text{Regangan } (\epsilon) = \frac{\Delta l}{l} \times 10^3 \dots \dots \dots (8)$$

dengan:

- Δl = Penurunan arah longitudinal
- L = Tinggi beton relatif (jarak antar dua *ring dial*) = 195mm
- $\times 10^{-3}$ = Konversi satuan dial *extensometer* dari μm ke mm

$$\text{Tegangan } (\sigma) = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (9)$$

dengan:

- σ = Tegangan (MPa)
- P = Beban yang diberikan (N)
- A = Luas tampang melintang (mm²)

Strain Gauge

Strain Gauge adalah alat untuk mengukur tegangan atau berat pada suatu objek. *Strain gauge* memanfaatkan sifat konduktansi elektrik. Gaya yang diberikan pada suatu benda logam

(material *ferrit* / konduktif), selain menimbulkan deformasi bentuk fisik juga menimbulkan perubahan sifat resistansi elektrik benda tersebut dengan menempelkan jenis material tersebut pada suatu benda uji (*specimen*) menggunakan suatu perekat yang isolatif terhadap arus listrik, maka material tadi akan menghasilkan adanya perubahan resistansi yang nilainya sebanding terhadap deformasi bentuknya.

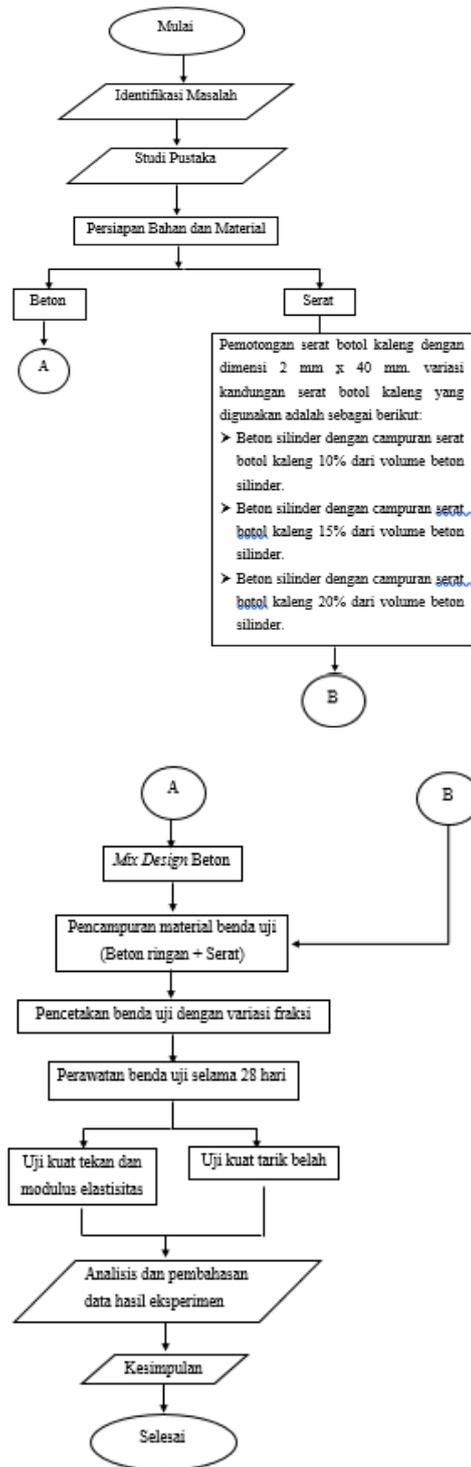
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{K} \dots \dots \dots (10)$$

dengan:

- ε = Regangan
- L = Panjang mula-mula
- ΔL = Perubahan panjang material
- R = Resistansi mula-mula
- ΔR = Perubahan Resistansi
- K = Konsanta Perbandingan/*Gauge Factor*

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang dimulai pada bulan November 2017 sampai Desember 2017. Benda uji yang digunakan adalah beton silinder yang dicampur dengan agregat ringan yaitu menggunakan batu apung dan serat kaleng dengan variasi berat serat 10%, 15% dan 20% terhadap volume beton silinder dan menambahkan agregat kasar yaitu batu apung 25% terhadap berat beton silinder. Ukuran serat kaleng yang digunakan adalah 2mm x 40mm. Pengujian yang dilakukan pada beton silinder terhadap beban vertikal ini adalah dengan uji kuat tekan, uji kuat tarik belah dan modulus elastisitas benda uji setelah beton berumur 28 hari. Total benda uji pada penelitian ini adalah 24 benda uji dengan rincian setiap variasi memiliki 3 benda uji untuk uji tekan dan modulus elastisitas dan 3 benda uji untuk uji tarik belah.



Gambar 3. Diagram alur penelitian

HASIL PENELITIAN

Pengujian Bahan dan Mix Design

Pengujian bahan dilakukan pada serat kaleng minuman yang dipotong dengan pajang kaleng sepanjang 40 mm dan lebar 2 mm dan tanpa *interlocking*. Hasil pemeriksaan tersebut untuk mengetahui kebutuhan kaleng yang akan

digunakan sebagai parameter untuk merencanakan campuran beton (*mix design*) dengan proporsi kebutuhan material untuk masing-masing.

Tabel 1. Kebutuhan Berat Kaleng

Fraksi kaleng	W_{kawat} (gram)	
	1 benda uji	6 benda uji
10 %	40,445	242,445
15 %	60,668	364,009
20 %	80,891	485,346

Perencanaan *mix design* yang digunakan dalam percobaan ini merupakan perbandingan berat komposisi semen : pasir : batu pecah 25% : batu apung 75% dengan perbandingan antara semen, air, pasir, batu pecah dan batu apung adalah 1 : 2 : 3.

Tabel 2. Jumlah Bahan Penyusun Beton

Variasi/Tipe Beton	Jumlah Benda Uji	Rasio (1 : 2 : 3) setelah ditambah 20%					Berat Seri Kaleng Seri Tabel 4.1 ditambah 2 (gr)
		Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Pumice (kg)	
		Berat Komposisi 1 Silinder	3.02	1.51	4.53	4.53	
Normal Pumice 25%	6	18.13	9.07	27.20	27.20	2.13	-
Beton Fiber 10%	6	18.13	9.07	27.20	27.20	2.13	0.29
Beton Fiber 15%	6	18.13	9.07	27.20	27.20	2.13	0.44
Beton Fiber 20%	6	18.13	9.07	27.20	27.20	2.13	0.58
Total	24	72.52	36.2	108.7	108.7	8.54	1.31

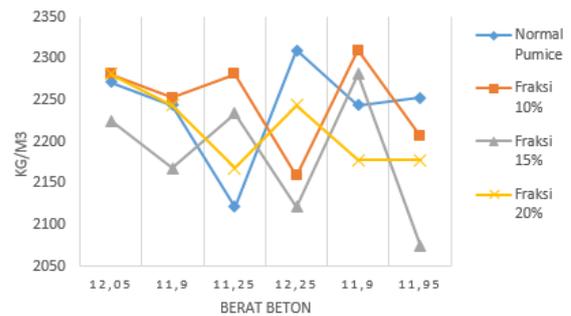
Pengujian Berat Isi Beton

Berat isi beton merupakan perbandingan berat beton (W_c) dengan volume beton silinder (V_c). Diketahui bahwa volume beton silinder (V_c) adalah sebesar 0,00529 m³.

Tabel 3. Berat Isi Rata-rata Beton

No	Jenis Benda Uji Beton silinder	Berat Beton Rata-rata (kg)	Berat Isi Beton Rata-rata (kg/m ³)
1	Beton Normal Pumice	11.88	2240.45
2	Variasi fraksi kaleng 10 %	11.93	2248.3
3	Variasi fraksi kaleng 15 %	11.58	2183.88
4	Variasi fraksi kaleng 20 %	11.75	2215.3

Sesuai dengan SNI 03-2834-2000 bahwa berat isi beton pada umumnya berkisar antara 2200 – 2500 kg/m³. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa berat isi benda uji beton normal *pumice*, beton variasi fraksi kaleng 10%, variasi 15% dan beton variasi fraksi kaleng 20% pada penelitian ini telah memenuhi syarat yang ditetapkan.



Gambar 4. Perbandingan berat isi beton

Berdasarkan gambar 4 perbandingan berat isi beton, berat isi beton *pumice* fraksi fiber 10% lebih tinggi dibandingkan beton normal dan beton dengan fraksi yang lain. Nilai berat isi yang tidak konsisten ini terjadi dikarenakan *workability* beton yang ditambahkan berserat memang lebih rendah sehingga bisa terjadi kesalahan ketika pemadatan mortar saat dimasukkan ke dalam cetakan silinder.

Uji Slump

Nilai uji slump menentukan tingkat kelecakan (*workability*) dari beton. Untuk mencapai mutu beton $f'c = 17$ Mpa, tentunya kelecakan adonan beton perlu diperhatikan.

Berdasarkan hasil uji slump pada tabel di bawah ini, diperoleh nilai slump rata-rata sebesar 17,25 cm dengan nilai terkecil 8 cm dan nilai terbesar 24,5 cm. Nilai slump tertinggi pada fraksi 10% dengan nilai 24,5 cm. Sedangkan nilai slump terkecil terdapat pada beton *pumice* variasi fraksi 20% dengan nilai rata – rata 8 cm. Nilai *slump* yang tidak konsisten seiring dengan meningkatnya fraksi dikarenakan pada saat pelaksanaan pengujian, terjadi beberapa kesalahan yaitu kurang cepatnya mengangkat cetakan kerucut dan kerucut diangkat dalam keadaan tidak tegak lurus. Selain itu, dalam beberapa kali pengecoran terkadang mortar dibiarkan terlalu lama (lebih dari 3 menit).

Tabel 4. Nilai Uji *Slump* Beton Silinder

Tipe Beton	Kode Beton	Nilai <i>Slump</i> Normal (cm)	Nilai <i>Slump</i> Normal + <i>Pumice</i> (cm)	Nilai <i>Slump</i> Normal + <i>Pumice</i> + <i>Fiber</i> (cm)
Normal	Kuat Tarik Belah	D.N.P.1	26	24.5
		D.N.P.2	26	24.5
		D.N.P.3	26	24.5
	Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	D.N.P.4	26	24.5
		D.N.P.5	26	24.5
		D.N.P.6	26	24.5
Variasi Fraksi Serat 10 %	Kuat Tarik Belah	D. P. 10%. 1	27	27
		D. P. 10%. 2	27	27
		D. P. 10%. 3	27	27
	Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	D. P. 10%. 4	27	27
		D. P. 10%. 5	27	27
		D. P. 10%. 6	27	27
Variasi Fraksi Serat 15 %	Kuat Tarik Belah	D. P. 15%. 1	25	22
		D. P. 15%. 2	25	22
		D. P. 15%. 3	25	22
	Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	D. P. 15%. 4	25	22
		D. P. 15%. 5	25	22
		D. P. 15%. 6	25	22
Variasi Fraksi Serat 20 %	Kuat Tarik Belah	D. P. 20%. 1	24	23
		D. P. 20%. 2	24	23
		D. P. 20%. 3	24	23
	Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	D. P. 20%. 4	24	23
		D. P. 20%. 5	24	23
		D. P. 20%. 6	24	23
		D. P. 20%. 7	24	23

Menurut PBI 1971 syarat yang ditetapkan untuk pekerjaan beton pelat, balok, kolom dan dinding adalah 7,5cm–15 cm. Sehingga dapat dinyatakan bahwa nilai uji *slump* untuk benda uji variasi fraksi 15% dan untuk benda uji variasi fraksi 20% memenuhi syarat yang ditetapkan.

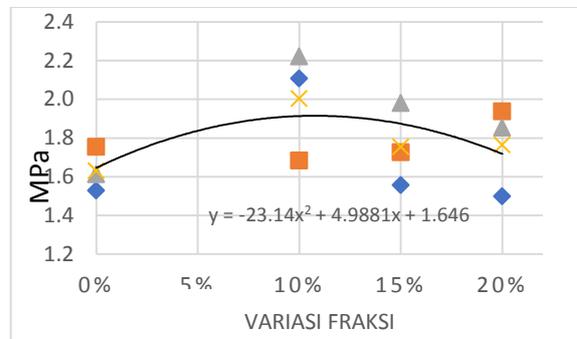
Pengujian Kuat Tarik Belah

Benda uji kuat tarik belah ini berupa beton silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm yang berumur 28 hari. Benda uji silinder diletakkan pada posisi horizontal di antara dua pelat landasan mesin uji tekan (*compression test machine*). Apabila beban diberikan sepanjang sumbu, maka elemen pada diameter vertikal akan mengalami tegangan tekan vertikal dan tegangan tarik horizontal.

Pengujian Kuat Tarik Belah

No	Kode Benda Uji	Beban Maksimum (N)	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Kuat Tarik Belah rata – rata (Mpa)	
1	D.N.P.1	108000	1.527	1.631	
2	Normal	D.N.P.2	124000		1.754
3		D.N.P.3	114000		1.612
4	Fraksi 10 %	D.P.10%.1	149000	2.107	2.003
5		D.P.10%.2	119000	1.683	
6		D.P.10%.3	157000	2.220	
7	Fraksi 15 %	D.P.15%.1	110000	1.556	1.754
8		D.P.15%.2	122000	1.725	
9		D.P.15%.3	140000	1.980	
10	Fraksi 20 %	D.P.20%.1	106000	1.499	1.763
11		D.P.20%.2	137000	1.937	
12		D.P.20%.3	131000	1.853	

Hubungan variasi fraksi serat dengan kuat tarik belah beton serat dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 5. Grafik hubungan variasi fraksi serat dengan kuat tarik belah beton serat

Berdasarkan perbandingan hasil pengujian pada tabel dan grafik kuat tarik belah, dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kuat tarik belah pada fraksi 10%, 15% dan 20% jika dibandingkan dengan beton normal *pumice*. Pada grafik hubungan variasi fraksi serat dengan kuat tarik belah beton serat dapat disimpulkan bahwa fraksi 10% merupakan variasi serat kaleng yang optimum untuk mencapai nilai kuat tarik yang maksimum. Hal ini dikarenakan kaleng memiliki tekstur licin sehingga kaleng tidak homogen terhadap campuran beton.

Di lihat dari model kehancuran beton, pada beton normal *pumice* hancurnya benda uji terjadi secara tiba-tiba dan disertai bunyi letusan. Benda uji pecah terbelah dua dalam arah diameternya di mana beban P bekerja. Sedangkan untuk beton yang ditambah serat kaleng, hancurnya benda uji diawali dengan retak-retak terlebih dahulu. Begitu jarum

penunjuk gaya pada alat uji berhenti (berbalik) yang menandakan gaya sudah mencapai maksimum, benda uji masih menyatu dan tidak ada bunyi letusan.



Gambar 6. Model kehancuran tarik belah beton normal dan beton serat fraksi 10%

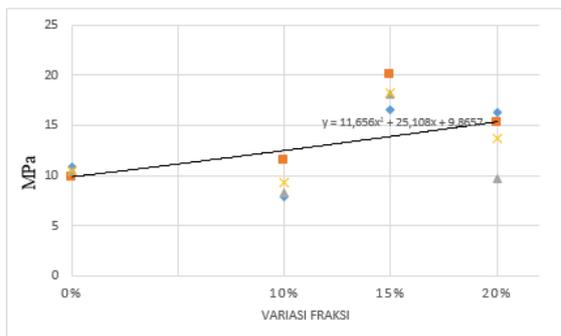
Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beton dapat dikatakan sebagai kemampuan silinder beton menahan beban tekan maksimum. Sama halnya dengan uji kuat tarik belah, beton yang diuji berupa beton silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta telah berumur 28 hari.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan

No	Kode Benda Uji	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan rata-rata (Mpa)
1	D.N.P.4	192000	10.861	10.4
2	D.N.P.5	174000	9.842	
3	D.N.P.6	186000	10.521	
4	D.P.10%.4	140000	7.919	9.24
5	D.P.10%.5	204000	11.539	
6	D.P.10%.6	146000	8.259	
7	D.P.15%.4	293000	16.574	18.23
8	D.P.15%.5	354000	20.024	
9	D.P.15%.6	320000	18.101	
10	D.P.20%.4	287000	16.234	13.73
11	D.P.20%.5	269000	15.216	
12	D.P.20%.6	172000	9.729	

Hubungan kuat tekan dengan variasi fraksi dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 7. Grafik hubungan kuat tekan dengan variasi fraksi

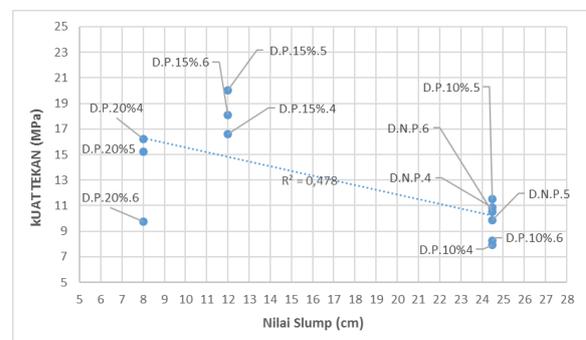
Berdasarkan perbandingan hasil pengujian kuat tekan pada tabel 6 dan gambar 4 mengenai hubungan kuat tekan dengan variasi fraksi serat kaleng dapat disimpulkan bahwa fraksi 15% merupakan variasi fraksi serat kaleng yang dapat mencapai nilai optimum pada uji kuat tekan. Dari tabel 6 dapat diketahui peningkatan nilai kuat tekan beton normal ke beton yang ditambahkan serat sebesar 15% dari berat beton silinder mempunyai nilai 75%.

Kuat tekan beton pada beton sangat tergantung pada mutu beton, mutu beton yang baik akan menghasilkan kuat tekan yang baik pula. Mutu beton dapat dilihat dari nilai *slump* beton tersebut, semakin tinggi nilai *slump* maka kelecakan beton akan semakin tinggi yang membuat beton semakin mudah dikerjakan tetapi hal tersebut akan membuat mutu beton semakin turun.

Tabel 7. Hasil Uji Tekan dan Nilai *Slump*

No	Kode Benda Uji	Beban Maksimum (N)	Nilai <i>Slump</i> (cm)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan rata-rata (Mpa)
1	D.N.P.4	192000	24.5	10.861	10.4
2	D.N.P.5	174000	24.5	9.842	
3	D.N.P.6	186000	24.5	10.521	
4	D.P.10%.4	140000	24.5	7.919	9.24
5	D.P.10%.5	204000	24.5	11.539	
6	D.P.10%.6	146000	24.5	8.259	
7	D.P.15%.4	293000	12	16.574	18.23
8	D.P.15%.5	354000	12	20.024	
9	D.P.15%.6	320000	12	18.101	
10	D.P.20%.4	287000	8	16.234	13.73
11	D.P.20%.5	269000	8	15.216	
12	D.P.20%.6	172000	8	9.729	

Hubungan kuat tekan dengan nilai *slump* dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 8. Hubungan kuat tekan dengan nilai *slump*

Seiring dengan meningkatnya nilai slump maka dapat dipastikan *workability* (kelecekan) beton semakin tinggi sehingga mengakibatkan mutu beton menurun. Akan tetapi pada penelitian kali ini telah terjadi beberapa kesalahan pada saat pengecoran sehingga nilai *slump* tidak berpengaruh besar terhadap kuat tekan beton. Hal ini dapat dilihat pada grafik diatas terjadi penurunan nilai kuat tekan beton pada beton *pumice* fraksi 20%.

Apabila dilihat dari model kehancuran beton, pecahnya benda uji beton normal terjadi secara tiba-tiba tidak diawali tanda-tanda akan hancur. Benda uji pecah dengan diiringi bunyi retak yang keras dan hancur berkeping-keping. Hal itu sangat berbeda dengan model kehancuran beton yang diberi tambahan serat kaleng. Sebelum mencapai gaya maksimum atau sebelum hancur benda uji mengalami retak-retak terlebih dahulu (disertai dengan bunyi retakan) tapi tidak ada bunyi retak yang keras. Benda uji tidak hancur (berkeping-keping), tapi hanya retak-retak dan kondisinya masih menyatu. Hal ini bisa disimpulkan bahwa penambahan serat kaleng bekas kemasan selain mampu meningkatkan kuat tekan beton juga mengakibatkan mekanisme kehancuran tekan beton bersifat *ductile*.



Gambar 9. Model kehancuran kuat tekan beton normal *pumice* dan beton serat fraksi 20%

Nilai kekakuan dapat dilihat dari hubungan gaya tekan dan defleksi antara beton normal *pumice* dengan beton serat kaleng.

$$k = \frac{P}{\Delta} \dots \dots \dots (11)$$

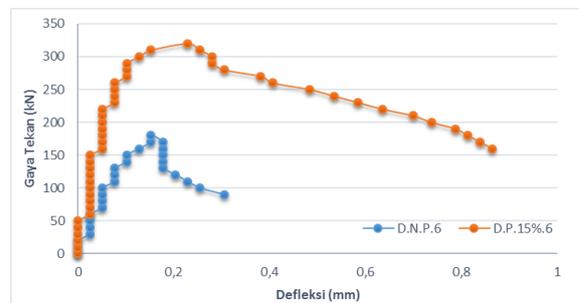
dengan:

- k = kekakuan struktur (kN/mm)
- P = beban maksimum (N)
- Δ = defleksi (mm)

Tabel 8. Kekakuan Benda Uji Rata-rata

No	Kode Benda Uji	Gaya Tekan Maksimum (N)	75% Gaya Tekan Maksimum (kN)	Rata - Rata 75% Gaya Tekan Maksimum (kN)	Defleksi (mm)	Rata - Rata Defleksi (mm)		Kekakuan (kN/mm)
						Pada saat P. Maks	Setelah P. Maks	
1	Normal	D.N.P.4	192000	144	0.18			
2		D.N.P.5	174000	130.5	0.1016	0.144667	953.92	
3		D.N.P.6	186000	139.5	0.1524			
4	Fraksi 10 %	D.P.10%.4	140000	105	0.1524			
5		D.P.10%.5	204000	153	0.1016	0.143933	851.09	
6		D.P.10%.6	146000	109.5	0.1778			
7	Fraksi 15%	D.P.15%.4	293000	219.75	0.3556			
8		D.P.15%.5	354000	265.5	0.3302	0.304800	793.14	
9		D.P.15%.6	320000	240	0.288			
10	Fraksi 20 %	D.P.20%.4	287000	215.25	0.3048			
11		D.P.20%.5	269000	201.75	0.254	0.304800	597.11	
12		D.P.20%.6	172000	129	0.3556			

Dapat dilihat pada tabel 8 data kekakuan didapat dari rata – rata gabungan gaya tekan dan defleksi. Sehingga dapat disimpulkan penambahan variasi serat kaleng pada beton *pumice* mengurangi nilai kekakuan, semakin tinggi persentasi serat kaleng yang ditambahkan maka semakin berkurang nilai kekakuan beton tersebut.



Gambar 10. Grafik Perbandingan hasil gaya tekan dan defleksi beton normal *pumice* dengan beton variasi fraksi kaleng 15%.

Dapat dilihat pada grafik perbandingan hasil gaya tekan dan defleksi beton normal *pumice* dengan beton variasi fraksi kaleng 15%. terjadi peningkatan nilai kekakuan pada beton yang diberikan fiber sebanyak 15% dari volume beton dibandingkan dengan beton normal *pumice*. Apabila di persentasikan maka terjadi peningkatan pada kekakuan beton D.P.15%.6 sebesar 14% dari nilai kekakuan beton normal *pumice*.

Pengujian Modulus Elastisitas (*Extensometer*)

Uji modulus elastisitas dilakukan bersamaan dengan uji kuat tekan dengan tambahan alat pembaca regangan yang disebut *extensometer*. Perubahan yang terjadi pada dial dibaca seiring dengan bertambahnya beban hingga benda uji mengalami keruntuhan yang artinya benda uji tidak mampu lagi menahan beban tekan yang

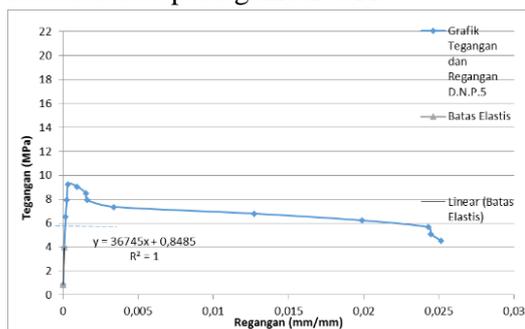
diberikan dan saat itulah pembacaan *dial* pada *extensometer* dihentikan.

Modulus elastisitas beton adalah kemiringan kurva tegangan regangan beton pada kondisi linier atau mendekati linier. Beberapa faktor yang mempengaruhi modulus elastisitas adalah kelembaban udara dan agregat penyusun beton. Dalam menghitung modulus elastisitas, peneliti mengacu pada empat jenis perhitungan modulus elastisitas, antara lain sebagai berikut:

1. Perhitungan Modulus Elastisitas berdasarkan rumus Eurocode 2 (1992) atau Wang dan Salmon

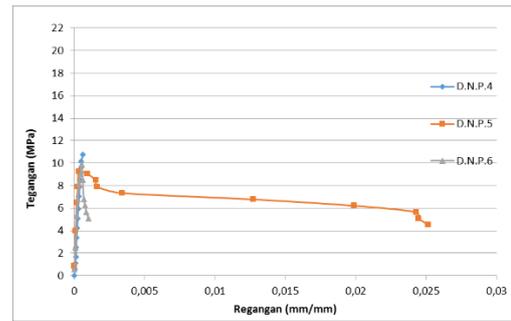
Contoh perhitungan :

- Misal menghitung nilai modulus elastisitas pada benda uji D.N.P.5
- Lihat data pembacaan *extensometer*
- Plot grafik hasil pembacaan data *extensometer* pada gambar 4.11



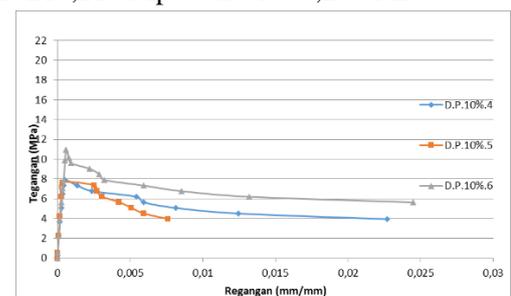
Gambar 11. Grafik hubungan tegangan dan regangan D.N.P.5 (Beton normal *pumice*)

- Dari grafik hubungan tegangan dan regangan di atas, dibuat garis bantu linier yang bersinggungan dengan grafik tersebut sehingga diperoleh batas elastis yang terletak pada tegangan sebesar 7,92 MPa dan regangan sebesar 0,00002
- Menghitung nilai $0.4f_c = 0.4 \times 9.62 = 3,8465 \text{ Mpa}$
- Menghitung nilai regangan (ϵ) saat 13.1 MPa dengan menggunakan persamaan garis yang terdapat pada gambar 4.6
 $y = 36745x + 0,8485$
 $3,8465 = 36745x + 0,8485$
 $x = 0.00008 \rightarrow \text{nilai regangan saat } 0.4f_c$
- Menghitung nilai elastisitas dengan menggunakan rumus Eurocode 2 :
- $E_c = \frac{3,8465}{0.00008} = 47144,766 \text{ Mpa}$



Gambar 12. Grafik hubungan tegangan dan regangan beton normal

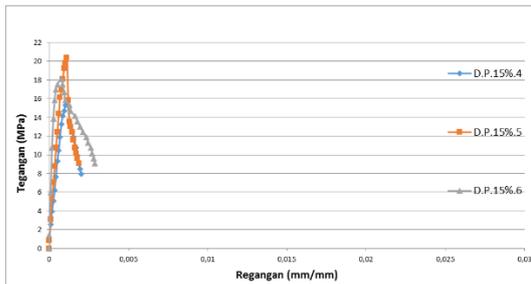
Grafik di atas adalah grafik gabungan dari grafik hubungan tegangan dan regangan beton normal. Masing-masing grafik mempunyai batas elastis yang diambil dari garis lurus yang bersinggungan dengan grafik. Beton D.N.P.4 mempunyai batas elastis pada regangan 0,00027 dan pada tegangan 5,94 MPa. Sedangkan beton D.N.P.5 mempunyai batas elastis pada regangan sebesar 0,00008 dengan tegangan pada 3,96 MPa dan beton D.N.P.6 mempunyai regangan dan tegangan secara berturut-turut sebesar 0,00017 dan 5,37 MPa. Jadi, dari ketiga beton tersebut beton D.N.P.5 mempunyai nilai modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar 47144,767 MPa sedangkan beton D.N.P.4 dan D.N.P.6 mempunyai nilai modulus elastisitas sebesar 24219,210 Mpa dan 31695,259 MPa.



Gambar 13. Grafik hubungan tegangan dan regangan beton fraksi 10%.

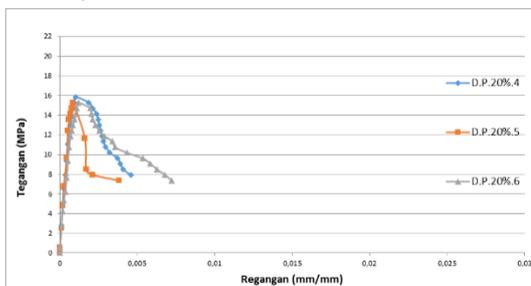
Grafik diatas adalah grafik gabungan dari grafik hubungan tegangan dan regangan beton fraksi 10%. Masing-masing grafik mempunyai batas elastis yang diambil dari garis lurus yang bersinggungan dengan grafik. Beton D.P.10%.4 mempunyai batas elastis pada regangan 0,000169 dan pada tegangan 3,68 MPa. Sedangkan beton D.P.10%.5 mempunyai batas elastis pada

regangan sebesar 0,000254 dengan tegangan pada 6,22 MPa dan beton D.P.10%.6 mempunyai regangan dan tegangan secara berturut-turut sebesar 0,000339 dan 7,07 MPa. Jadi, dari ketiga beton tersebut beton D.P.10%.5 mempunyai nilai modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar 25675,199 MPa sedangkan beton D.P.10%.4 dan D.P.10%.6 mempunyai nilai modulus elastisitas sebesar 22747,670 Mpa dan 22919,238 MPa.



Gambar 14. Grafik hubungan tegangan dan regangan beton fraksi 15%

Grafik diatas adalah grafik gabungan dari grafik hubungan tegangan dan regangan beton fraksi 15%. Masing-masing grafik mempunyai batas elastis yang diambil dari garis lurus yang bersinggungan dengan grafik. Beton D.P.15%.4 mempunyai batas elastis pada regangan 0,000254 dan pada tegangan 5,09 MPa. Sedangkan beton D.P.15%.5 mempunyai batas elastis pada regangan sebesar 0,000254 dengan tegangan pada 7,07 MPa dan beton D.P.15%.6 mempunyai regangan dan tegangan secara berturut-turut sebesar 0,000254 dan 13,86 MPa. Jadi, dari ketiga beton tersebut beton D.P.15%.6 mempunyai nilai modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar 46893,525 MPa sedangkan beton D.P.15%.4 dan D.P.15%.5 mempunyai nilai modulus elastisitas sebesar 22747,670 Mpa dan 17236,385 MPa.



Gambar 15. Grafik hubungan tegangan dan regangan beton fraksi 20%

Grafik diatas adalah grafik gabungan dari grafik hubungan tegangan dan regangan beton fraksi 20%. Masing-masing grafik mempunyai batas elastis yang diambil dari garis lurus yang bersinggungan dengan grafik. Beton D.P.20%.4 mempunyai batas elastis pada regangan 0,000169 dan pada tegangan 5,09 MPa. Sedangkan beton D.P.20%.5 mempunyai batas elastis pada regangan sebesar 0,000254 dengan tegangan pada 6,79 MPa dan beton D.P.20%.6 mempunyai regangan dan tegangan secara berturut-turut sebesar 0,000085 dan 2,83 MPa. Jadi, dari ketiga beton tersebut beton D.P.20%.6 mempunyai nilai modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar 31523,264 MPa sedangkan beton D.P.20%.4 dan D.P.20%.5 mempunyai nilai modulus elastisitas sebesar 29629,384 Mpa dan 27249,984 Mpa.

Tabel 9. Hasil Pengujian Uji Modulus Elastisitas Menurut Cara Eurocode 2 atau Wang dan Salmon

No	Kode Benda Uji	f _c (Mpa)	Modulus Elastisitas (Mpa)	Regangan pada batas elastis	Tegangan pada batas elastis (Mj)	
1	D.N.P.4	10.861	24219.210	0.000267	5.9394	
2	Normal	D.N.P.5	9.842	47144.767	0.000085	3.9596
3		D.N.P.6	10.521	31695.259	0.000169	5.3737
4		D.P.10%.4	7.919	22747.670	0.000169	3.6768
5	Fraksi 10 %	D.P.10%.5	11.539	25675.199	0.000254	6.2222
6		D.P.10%.6	8.259	22919.238	0.000339	7.0707
7		D.P.15%.4	16.574	22919.238	0.000254	5.0909
8	Fraksi 15 %	D.P.15%.5	20.024	17236.385	0.000254	7.0707
9		D.P.15%.6	18.101	46893.525	0.000254	13.8586
10		D.P.20%.4	16.234	29629.384	0.000169	5.0909
11	Fraksi 20 %	D.P.20%.5	15.216	27249.984	0.000254	6.7879
12		D.P.20%.6	9.729	31523.264	0.000085	2.8283

2. Perhitungan Modulus Elastisitas berdasarkan rumus ASTM C-469

Contoh perhitungan :

Misal menghitung nilai modulus elastisitas pada benda uji D.N.P.5

Grafik hasil pembacaan dial extensometer dapat dilihat pada gambar 4.7

$$S_2 = 0.4f_c = 0.4 \times 9.62 = 3,8464 \text{ MPa}$$

$$S_1 = y = 36745x + 0.8485$$

$$= 36745 (0.00005) + 0.8485$$

$$= 2,6857$$

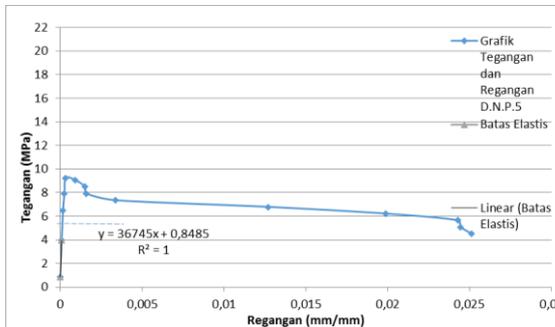
$$E_c = x \rightarrow y = 36745x + 0.8485$$

$$2,6857 = 36745x + 0.8485$$

$$x = 0.0000818$$

Menghitung nilai elastisitas dengan menggunakan rumus ASTM C-469 :

$$Ec = \frac{3,8464 - 2,6857}{0.0000816 - 0.00005} = 36745 \text{ Mpa}$$



Gambar 16. Grafik hubungan tegangan dan regangan D.N.P.5 (Beton Normal)

Tabel 10. Hasil Pengujian Uji Modulus Elastisitas Menurut Rumus ASTM C-469

No	Kode Benda Uji	f'c (Mpa)	Modulus Elastisitas (Mpa)	Regangan pada batas elastis	Tegangan pada batas elastis (Mpa)
1	D.N.P.4	10.861	22626.0	0.000267	5.9394
2	Normal D.N.P.5	9.842	36745.0	0.000085	3.9596
3	D.N.P.6	10.521	28394.0	0.000169	5.3737
4	D.P.10%.4	7.919	20347.0	0.000169	3.6768
5	Fraksi 10 % D.P.10%.5	11.539	23383.0	0.000254	6.2222
6	D.P.10%.6	8.259	20293.0	0.000339	7.0707
7	D.P.15%.4	16.574	18766.0	0.000254	5.0909
8	Fraksi 15 % D.P.15%.5	20.024	26724.0	0.000254	7.0707
9	D.P.15%.6	18.101	53251.0	0.000254	13.8586
10	D.P.20%.4	16.234	27635.0	0.000169	5.0909
11	Fraksi 20 % D.P.20%.5	15.216	22667.0	0.000254	6.7879
12	D.P.20%.6	9.729	30064.0	0.000085	2.8283

3. Perhitungan Modulus Elastisitas berdasarkan SK SNI T-15-1991

a. Rumus yang digunakan untuk $1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$

Contoh Perhitungan :

Misal menghitung modulus elastisitas benda uji D.N.P.5

Diketahui : $W_c = 2243,77 \text{ kg/m}^3$

$f'c = 9,84 \text{ MPa}$

Sehingga :

$$Ec = 0.043 \times (2243,77)^{1.5} \times (9,6)^{0.5} = 14172,2 \text{ MPa}$$

Tabel 11. Hasil Pengujian Uji Modulus Elastisitas Menurut SK SNI T-15-1991 ($1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$)

No	Kode Benda Uji	f'c (Mpa)	Modulus Elastisitas (Mpa)	Regangan pada batas elastis	Tegangan pada batas elastis (Mpa)
1	D.N.P.4	10.861	15408.170	0.000267	5.9394
2	Normal D.N.P.5	9.842	14358.737	0.000085	3.9596
3	D.N.P.6	10.521	14787.450	0.000169	5.3737
4	D.P.10%.4	7.919	13226.298	0.000169	3.6768
5	Fraksi 10 % D.P.10%.5	11.539	12987.966	0.000254	6.2222
6	D.P.10%.6	8.259	13690.519	0.000339	7.0707
7	D.P.15%.4	16.574	19035.894	0.000254	5.0909
8	Fraksi 15 % D.P.15%.5	20.024	21209.260	0.000254	7.0707
9	D.P.15%.6	18.101	19996.2825	0.000254	13.8586
10	D.P.20%.4	16.234	18937.1763	0.000169	5.0909
11	Fraksi 20 % D.P.20%.5	15.216	18367.7583	0.000254	6.7878
12	D.P.20%.6	9.729	18367.7583	0.000085	2.8282

b. Rumus yang digunakan untuk $W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$

Contoh Perhitungan :

Misal menghitung modulus elastisitas benda uji D.N.P.4

Diketahui : $f'c = 10,75 \text{ MPa}$

$$\text{Sehingga : } Ec = 4700 \times (10,75)^{0.5} = 154008,17 \text{ MPa}$$

Tabel 12. Hasil Pengujian Uji Modulus Elastisitas Menurut SK SNI T-15-1991 ($W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$)

No	Kode Benda Uji	f'c (Mpa)	Modulus Elastisitas (Mpa)	Regangan pada batas elastis	Tegangan pada batas elastis (Mpa)
1	D.N.P.4	10.861	15408.2	0.0002667	5.94
2	Normal D.N.P.5	9.842	14358.7	0.0000847	3.96
3	D.N.P.6	10.521	14787.5	0.0001693	5.37
4	D.P.10%.4	7.919	9352.4	0.0001693	3.68
5	Fraksi 10 % D.P.10%.5	11.539	9998.1	0.0002540	6.22
6	D.P.10%.6	8.259	11178.3	0.0003387	7.07
7	D.P.15%.4	16.574	13226.3	0.0002540	5.09
8	Fraksi 15 % D.P.15%.5	20.024	14139.5	0.0002540	7.07
9	D.P.15%.6	18.101	14574.7	0.0002540	13.86
10	D.P.20%.4	16.234	13690.5	0.0001693	5.09
11	Fraksi 20 % D.P.20%.5	15.216	13226.3	0.0002540	6.79
12	D.P.20%.6	9.729	12745.2	0.0000847	2.83

4. Perhitungan Modulus Elastisitas berdasarkan TS 500 (Turkey Standart)

Contoh Perhitungan :

Misal menghitung modulus elastisitas benda uji D.N.P.6

Diketahui : $f'c = 9,90 \text{ MPa}$

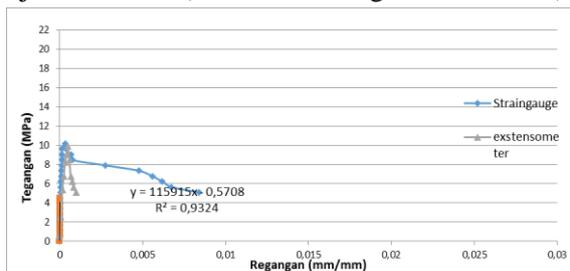
$$\text{Sehingga : } Ec = (3250 \times \sqrt{9,90}) + 14000 = 24225,364 \text{ Mpa}$$

Tabel 13. Hasil Pengujian Uji Modulus Elastisitas Menurut Cara TS 500 (Turkey Standart)

No	Kode Benda Uji	f _c (Mpa)	Modulus Elastisitas (Mpa)	Regangan pada batas elastis	Tegangan pada batas elastis (Mpa)	
1	D.N.P.4	10.861	14000.0	0.000267	5.9394	
2	Normal	D.N.P.5	9.842	23928.9	0.000085	3.9596
3	D.N.P.6	10.521	24225.4	0.000169	5.3737	
4	D.P.10%.4	7.919	20467.1	0.000169	3.6768	
5	Fraksi 10 %	D.P.10%.5	11.539	20913.6	0.000254	6.2222
6	D.P.10%.6	8.259	21729.6	0.000339	7.0707	
7	D.P.15%.4	16.574	23145.8	0.000254	5.0909	
8	Fraksi 15 %	D.P.15%.5	20.024	23777.3	0.000254	7.0707
9	D.P.15%.6	18.101	24078.2	0.000254	13.859	
10	D.P.20%.4	16.234	23466.8	0.000169	5.0909	
11	Fraksi 20 %	D.P.20%.5	15.216	23145.8	0.000254	6.7878
12	D.P.20%.6	9.729	22813.2	0.000085	2.8283	

Uji Modulus Elastisitas (*Strain Gauge*)

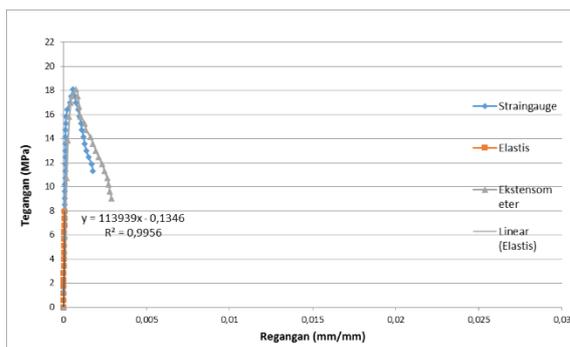
Sebagai data pendukung atau data pembanding, peneliti juga mencoba melakukan uji modulus elastisitas dengan menggunakan alat yang disebut *strain gauge*. Namun pada penelitian ini hanya satu benda uji yang diuji dengan menggunakan *strain gauge*, yaitu benda uji D.P.10%.6 (beton serat dengan fraksi 10 %).



Gambar 17. Grafik hubungan tegangan dan regangan normal *pumice 3* (*Strain Gauge* dan *Extensometer*) pada benda uji D.N.P.6

Tabel 14. Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas Benda Uji D.N.P.6 dengan Alat *Extensometer* dan *Strain Gauge*

Metode Perhitungan	Nilai Modulus Elastisitas (Mpa)		Presentase Selisih
	<i>Extensometer</i>	<i>Strain gauge</i>	
Eurocode 2-1992 atau Wang & Salmon (1986)	31695.26	117270.6839	270%
ASTM C469	28394.0	46479.34517	64%
SKSNI T-15-1991 (0,043 x $W_c^{1.5} \times f_c^{0.5}$)	14675.1	14675.07565	0%



Gambar 18. Grafik hubungan tegangan dan regangan D.P.15%.6 (*Strain Gauge* dan *Extensometer*)

Tabel 15. Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas benda uji D.P.15%.6 dengan Alat *Extensometer* dan *Strain Gauge*

Metode Perhitungan	Nilai Modulus Elastisitas (Mpa)		Presentase Selisih
	<i>Extensometer</i>	<i>Strain gauge</i>	
Eurocode 2-1992 atau Wang & Salmon (1986)	46893.5	126163.5519	169%
ASTM C469	53251.0	33036	38%
SKSNI T-15-1991 (0,043 x $W_c^{1.5} \times f_c^{0.5}$)	1728049.8%	17280.49804	0%

Berdasarkan perbandingan nilai modulus elastisitas untuk benda uji D.P.15%.6 dan D.N.P.6 yang dihasilkan dengan menggunakan alat *extensometer* dan *strain gauge* memiliki selisih yang sangat jauh. Nilainya melebihi 100% untuk metode perhitungan berdasarkan cara Eurocode 2, sedangkan untuk metode perhitungan berdasarkan cara ASTM C-469 nilainya dibawah 100%, hal ini dikarenakan grafik hubungan tegangan dan regangan yang dihasilkan juga berbeda karena pada *extensometer* data yang didapat kemudian dipilih dengan dirata-rata apabila sama dalam pembacaan *dial extensometer*, sedangkan dalam pembacaan *strain gauge* bacaan yang dibaca ketika nilai 10 dan jarang setiap bacaannya memiliki nilai yang sama sehingga tidak bisa dipilih dan dirata-rata. Berbeda halnya dengan cara SKSNI T-15-1991 yang menghasilkan nilai yang sama karena hanya dipengaruhi oleh berat isi dan kuat tekannya saja.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji kuat tekan terhadap beton serat menunjukkan bahwa beton dengan persentase fraksi serat kaleng sebesar 15% menghasilkan nilai kuat tekan maksimum yaitu sebesar 18,23 MPa. Dibandingkan dengan beton normal tanpa serat, kuat tekan beton meningkat 75.3% (f'_c beton normal = 10.4 MPa). Sedangkan nilai kuat tekan beton serat dengan fraksi 10% dan 20% berturut – turut adalah sebesar 9.24 MPa dan 13.73 MPa. Dengan meningkatnya fraksi serat

- kaleng yang ditambahkan, nilai kuat tekan beton juga meningkat, meskipun beton fraksi 10% dan 20% tidak mencapai nilai kuat tekan beton normal. Tekstur kaleng yang cukup lunak dalam menerima beban tekan serta penyebaran serat yang tidak merata (*random*) juga menjadi faktor yang menyebabkan kaleng tidak meningkatkan nilai kuat tekan beton serat.
2. Hasil uji kuat tarik belah terhadap beton serat menunjukkan bahwa beton dengan persentase fraksi serat kaleng sebesar 10% menghasilkan nilai kuat tarik belah yang maksimum yaitu sebesar 2,003 MPa. Dibandingkan dengan beton normal tanpa serat, kuat tarik belah beton serat dengan fraksi 15% dan 20% meningkat sebesar 7.5% dan 8% (ft beton normal = 1,631 MPa). Sedangkan nilai kuat tarik untuk beton serat dengan fraksi 15% dan 20% berturut – turut adalah sebesar 1,754 MPa dan 1,763 MPa. Penambahan serat kaleng hanya memberikan sedikit pengaruh pada kuat tarik beton. Hal ini dikarenakan lapisan kaleng yang memiliki tekstur permukaan yang licin menyebabkan kaleng tidak homogen terhadap campuran beton. Selain itu, penyebaran serat yang tidak merata (*random*) juga menjadi alasan tidak bekerjanya serat dalam meningkatkan kuat tarik beton.
 3. Modulus elastisitas rata-rata yang maksimum pada metode ASTM C469 yaitu sebesar 32913.67 MPa. Namun jika dibandingkan dengan beton normal tanpa serat, nilai modulus elastisitas mengalami penurunan 4,3% (E beton normal *pumice* = 34353,078 MPa). Nilai modulus elastisitas beton dengan fraksi 10% dan 15% berturut – turut adalah 21341 MPa dan 26788,66 MPa. Hal ini membuktikan bahwa fraksi 15% merupakan fraksi yang paling optimum dengan nilai maksimum dalam metode lainnya.

Saran

Terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Mencari dan menganalisis metode penyebaran serat kaleng yang efisien ketika pengecoran, agar serat kaleng bekerja secara optimal saat dilakukan uji kuat tarik belah dan uji kuat tekan.
2. Untuk penelitian lanjutan, sebaiknya menghindari penggunaan kaleng sebagai serat campuran beton.
3. Diperlukan adanya penelitian pendahuluan mengenai jenis batu apung yang akan digunakan sebagai agregat kasar pada beton.
4. Diadakannya penelitian lebih lanjut mengenai bahan pelapis batu apung agar dapat dipastikan bahwa cat pelapis dapat mengurangi sifat porositas batu apung secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1982, ACI 544. 1R 82. *State of The Art Report on Fiber Reinforced Concrete*. May, pp. 9 – 25.
- American Society for Testing and Material C 33-97. 1998. *Standart Spesification for Concrete Aggregate*. American : Annual Book.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural* (SNI 03-2461-2002). Jakarta.
- Bideci, O.S., Alper B., Ali H.G., Sabit O. & Hasan Y. 2014. *Polymer Coated Pumice Aggregates and Their Properties. Composites*. Part B: p. 239-243.
- Gunawan, Punawan, Slamet Prayitno dan Wahyu Aldoko. (2015). *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Gas Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas*. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Nurlina, Siti. 2011. *Teknologi Bahan I*. Malang: Bergie Media.
- Nurlina, Siti. 2008. *Struktur Beton*. Malang: Bergie Media

- Murdock, L., T., dan Brook, K., M. 1986. *Bahan dan Praktek Beton*. Edisi ke empat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Sudarmoko. 1990. *Kuat Lentur Beton Serat dengan Model Skala Penuh*. Yogyakarta: PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Standar Nasional Indonesia 03-2847. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Suhendro. 1991. *Beton Fiber Lokal Konsep, Aplikasi dan Permasalahannya*. Yogyakarta: PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Syarat Industri Indonesia 0052-80. 1980. *Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*. Jakarta: Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Yoso, Haryanto dan Recky Suhartono. 2006. *Pengaruh Penambahan Fiber Kawat Kasa Terhadap Kapasitas Kolom Penampang Segi Empat*. Skripsi. Yogyakarta.
- Yildirim, Hasan dan Ozkan Sengul. 2011. *Modulus of Elasticity of substandard and normal concretes*. Istanbul Technical University. Faculty of Civil Engineering.
- Nainggolan, C.R., Wijatmiko, I., Wibowo, A. (2017). Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beam With Polymer Coated Pumice. AIP Conference Proceedings, 1887, 020026
- Wijatmiko, I., Wibowo A., Remayanti C. (2017). The Effect of Polymer Coated Pumice to the Stiffness and Flexural Strength of Reinforce Concrete Beam. MATEC Web of Conference, 101, 01019