

# PENGARUH PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE* PADA BETON RINGAN DENGAN TEKNOLOGI *FOAM* TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH DAN MODULUS ELASTISITAS

Purnawan Gunawan<sup>1)</sup>, Wibowo<sup>2)</sup>, Nurmantian Suryawan<sup>3)</sup>

<sup>1), 2)</sup> Pengajar Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

<sup>3)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126

Telp: 0271-634524. Email : nurmantian\_suryawan@yahoo.com

## Abstract

The density of concrete is one of aspect which is calculated when planning a building framework because it influencing the weighting calculation. For that reason, there are many kinds of research on the lightweight concrete and one of them is making a lightweight concrete using foam technology. Foam lightweight concrete is made by adding foam agent which consist of *spectafoam*, *harder mild*, and *polymer* into a mortar mix. Nowadays, the using of lightweight concrete still directed only to a non-structural concrete because generally a lightweight concrete has maximum compressive strength at 15 MPa. The solution to improve this foam lightweight concrete's strength is by adding fiber to the mixing in form of *polypropylene*. The method used was experimental observations and theoretical analysis then performed to support the conclusion eventually. The specimen is in form of cylinder with diameter of 15 cm and height of 30 cm for testing the modulus of elasticity, compressive strength, and the split tensile strength. This experiment using CTM (*Compression Testing Machine*) tool. The result of the research is the increase of the value of foam lightweight concrete's compressive strength, split tensile strength, and modulus of elasticity on the *polypropylene* fiber addition rate of 0.75% from the concrete's volume weight. Fiber additional rate of 0.75% resulting the increase of compressive strength, split tensile strength, and the modulus of elasticity consecutively 27.93%; 60.38%; and 44.31% compared to the foam lightweight concrete which has no fiber.

**Keywords:** *lightweight concrete, polypropylene fiber, compressive strength, split tensile strength, modulus of elasticity*

## Abstrak

Berat jenis beton adalah salah satu unsur yang sangat diperhitungkan saat merencanakan struktur bangunan. Untuk itu, muncul berbagai penelitian mengenai beton ringan. Satu diantaranya adalah pembuatan beton ringan dengan teknologi *foam*. Beton ringan *foam* dibuat dengan menambahkan *foam agent* yang terdiri dari *spectafoam*, *harder mild*, dan *polymer* kedalam campuran mortar. Dewasa ini, pemakaian beton ringan masih ditujukan pada beton non struktural saja karena pada umumnya beton ringan mempunyai kuat tekan maksimum 15 MPa. Solusi untuk meningkatkan kekuatan beton ringan *foam* ini adalah dengan menambahkan serat kedalam adukan berupa serat *polypropylene*. Metode yang digunakan adalah pengamatan secara eksperimental dan kemudian dilakukan analisis secara teoritis untuk mendukung kesimpulan akhirnya. Benda uji berupa silinder 15cm x 30cm untuk pengujian modulus elastisitas, kuat tekan, dan kuat tarik belah. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah CTM (*Compression Testing Machine*). Hasil dari penelitian ini adalah peningkatan nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton ringan *foam* setelah ditambah serat *polypropylene* pada kadar 0,75% dari berat volume Penambahan kadar serat sebesar 0,75% menghasilkan peningkatan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas berturut-turut sebesar 27,93%; 60,38%; dan 44,31% dibandingkan dengan beton ringan *foam* tanpa serat.

**Kata kunci :** Beton ringan, serat *polypropylene*, kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas

## PENDAHULUAN

Pemakaian beton dalam bidang konstruksi dewasa ini memang sering kali dijumpai. Beton diminati karena mempunyai banyak kelebihan dibandingkan bahan yang lain. Berat jenis beton merupakan salah satu unsur yang diperhitungkan karena sangat berpengaruh terhadap perhitungan pembebanan struktur. Muncullah berbagai penelitian tentang beton ringan yang bertujuan untuk mengatasi permasalahan ini, satu diantaranya adalah metode *foamed concrete* yaitu dengan menambahkan *foam agent* (cairan busa) kedalam campuran. *Foam agent* diperoleh dari pencampuran *spectafoam*, *harder mild*, dan *polymer*.

Secara umum kekuatan beton ringan mempunyai kuat tekan maksimum 15 MPa atau masih dibawah beton struktural. Sehingga perlu perlakuan khusus untuk beton ringan yaitu hanya dibebani material non struktural seperti AC, wastafel, atau panel dinding lainnya yang beratnya relatif ringan. Beton ringan ditujukan antara lain untuk dinding atau pelat pracetak saja. Dalam penelitian ini, beton ringan yang dibuat akan ditambahkan serat *polypropylene*. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah keretakan sehingga menjadikan beton tersebut lebih daktail dibandingkan beton tanpa serat. Beton serat juga sangat berguna untuk memperbaiki atau meningkatkan sifat mekanik beton. Sifat mekanik beton yang dimaksud adalah kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur. Penambahan serat di dalam adukan beton, diharapkan akan menurunkan kelecakan adukan secara cepat, sejalan dengan pertambahan konsentrasi serat dan aspek ratio serat (perbandingan antara panjang serat dan diameter

serat) (Sudarmoko, 1993). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan serat *polypropylene* pada beton ringan *foam* terhadap sifat mekanik beton berupa kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Beton Ringan *Foam* Berserat *Polypropylene*

Beton ringan merupakan beton dengan berat kurang dari  $1800 \text{ kg/m}^3$ , kuat tekannya lebih kecil dibanding beton normal dan kurang dapat menghantarkan panas. Pembuatan beton ringan biasanya dibuat dengan cara pemberian gelembung udara kedalam campuran betonnya, dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung dan sebagainya (Tjokrodinuljo, 1996).

Beton foam adalah campuran antara semen, air, agregat dengan bahan tambah (*admixture*) tertentu yaitu dengan membuat gelembung-gelembung gas atau udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya (Husin, dan Setiaji, 2008).

Putra (2013) menguji beton ringan *foam* silinder pada kondisi normal dengan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas mencapai 15,19 MPa, 2,1 MPa, dan 14991 MPa, setelah diberi serat kawat bendrat kekuatan beton meningkat secara signifikan menjadi berturut-turut : kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas sebesar : 23,58 MPa, 3,4 MPa, dan 18383 MPa atau jika dilihat prosentasenya meningkat 55,26%, 61,90%, dan 22,63% dari beton ringan *foam* tanpa serat.

### *Foam Agent*/Cairan Busa

Foam agent adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. Surfaktan adalah zat yang cenderung terkonsentrasi pada antar muka dan mengaktifkan antar muka tersebut. Dengan membuat gelembung-gelembung udara dalam adukan semen, sehingga akan timbul banyak pori-pori udara di dalam betonnya (Husin dan Setiaji R. 2008). Dalam penelitian foam agent menggunakan bahan yang digunakan adalah (*Foaming Agent*) *Spectafoam*, HDM, *Polimer*.

### Serat Polimer Sintetis

Serat polimer sintetis (*synthetic polymeric fiber*) atau biasa disebut serat sintetis adalah serat yang dibuat oleh manusia dari hasil riset dan pengembangan dalam industri petrokimia dan tekstil (Balaguru dan Shah, 1992). Terdapat dua bentuk serat fisik, yaitu : serat filamen tunggal dan serat yang dihasilkan dari pita filamen. Sebagian besar aplikasi serat sintetis memiliki volume 0,1%. Pada tingkat ini, kekuatan beton dan karakteristiknya tidak berpengaruh karena retakan bisa dikendalikan (*Cement and Concrete Institute*, 2001).

### Serat *Polypropylene*

Serat *polypropylene* sering kali kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari diantaranya adalah plastik pembungkus makanan ringan, karung beras, tali rafia, sedotan, kantong obat, dan lain sebagainya. Dalam penelitian ini digunakan jenis serat *polypropylene* yakni berupa karung beras. Serat *polypropylene* mempunyai sifat tahan terhadap serangan kimia, permukaannya tidak basah sehingga mencegah terjadinya penggumpalan serat selama pengadukan. Serat ini mempunyai titik leleh  $165^\circ\text{C}$  dan mampu digunakan pada suhu lebih dari  $100^\circ\text{C}$  untuk jangka waktu pendek. Serat ini juga biasa digunakan sebagai bahan dasar dalam memproduksi bahan-bahan yang terbuat dari plastik. Material ini tersedia dalam bentuk filamen tunggal dan mempunyai panjang 0,25 – 2 in (6 – 50 mm) dengan tampang melingkar yang dapat dipotong-potong sesuai dengan yang diinginkan, serat ini juga tersedia dalam bentuk bubuk yang memiliki daya rentang lebih rendah dari *polyethylene* bubuk (Balaguru dan Shah, 1992).

## Pengujian

### Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton ditentukan oleh perbandingan semen, agregat halus, air, dan berbagai jenis bahan tambahan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh (Tjokrodinulyo, 1996). Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan menggunakan Persamaan 1.

$$f_c : \frac{P}{A} \left( \frac{N}{\text{mm}^2} \right) \dots\dots\dots [1]$$

dengan :

$f_c$  : Kuat tekan beton pada umur 28 hari yang didapat dari benda uji (MPa).

$P$  : beban maksimum (N)

$A$  : Luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

### Kuat Tarik Belah

Suatu perkiraan kasar nilai kuat tarik beton normal hanya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton yang tepat sulit diukur (Dipohusodo, 1994). Suatu nilai pendekatan yang umum dilakukan dengan menggunakan *modulus of rupture* yaitu tegangan tarik beton yang timbul pada pengujian hancur balok beton polos sebagai pengukur kuat tarik sesuai teori elastisitas. Gaya  $P$  bekerja pada kedua sisi silinder sepanjang  $L$  dan gaya ini disebarkan seluas selimut silinder ( $\pi \cdot D \cdot L$ ). secara berangsur-angsur pembebanan dinaikkan sehingga tercapai nilai maksimum dan silinder pecah terbelah oleh gaya tarik horizontal. Dari pembebanan maksimum yang diberikan, kekuatan tarik belah dihitung berdasarkan Persamaan 2.

$$f_t = \frac{2P}{\pi \cdot L_s \cdot D} \dots\dots\dots [2]$$

Dengan :

$f_t$  = kuat belah beton ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$P$  = beban maksimum yang diberikan (N)

$D$  = diameter silinder (mm)

$L_s$  = tinggi silinder (mm)

### Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan beton menahan beban yang besar dengan kondisi regangan yang terjadi kecil. Modulus elastisitas ditentukan berdasarkan rekomendasi ASTM C-459, yaitu Modulus Chord. Adapun modulus elastisitas chord ( $E_c$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus empiris dari ASTM C-459 yang diberikan pada Persamaan 3.

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \dots\dots\dots [3]$$

dimana,  $S_2$  = tegangan sebesar  $0,4 f_c$

$S_1$  = tegangan sesuai dengan regangan arah longitudinal sebesar  $0,0000531 \text{ MPa}$

$\epsilon_2$  = regangan longitudinal akibat tegangan  $S_2$

Regangan ( $\epsilon$ ) yang terjadi diperhitungkan dengan Persamaan 4.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 0,0254 \dots\dots\dots [4]$$

dimana,  $\Delta L$  = penurunan arah longitudinal

$L$  = tinggi beton relatif (jarak antara dua strain gauge)

$0,0254$  = konversi satuan dial menjadi mm

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. tahap awal, dilakukan pengujian agregat yang akan digunakan untuk membuat benda uji. Benda uji berupa beton ringan *foam* silinder dengan ukuran  $15\text{cm} \times 30\text{cm}$  untuk pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas dengan variasi kadar serat  $0\%$ ,  $0,25\%$ ,  $0,5\%$ ,  $0,75\%$ , dan  $1\%$  dari berat volume beton. Benda uji masing-masing berjumlah 4 buah per variasi penambahan serat, dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Pengujian dilakukan setelah umur beton 28 hari, dengan menggunakan CTM (*Compression Testing Machine*), kemudian data yang diperoleh akan diolah menggunakan program *Microsoft Excel*.

Tabel 1. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas

No	Kadar Srat <i>Polypropylene</i>	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0%	KTME PP-0	4
2	0,25%	KTME PP-0,25	4
3	0,5%	KTME PP-0,5	4
4	0,75%	KTME PP-0,75	4
5	1%	KTME PP-1	4

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tarik Belah

No	Kadar Strat <i>Polypropylene</i>	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0%	KTB PP-0	4
2	0,25%	KTB PP-0,25	4
3	0,5%	KTB PP-0,5	4
4	0,75%	KTB PP-0,75	4
5	1%	KTB PP-1	4

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian terhadap agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian kadar lumpur, kandungan zat organik, *specific gravity*, gradasi agregat dan berat jenis dengan hasil yang disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Kandungan zat organik	Kuning Muda	Kuning Tua	Memenuhi syarat
2	Kandungan lumpur	4 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
3	<i>Bulk specific gravity</i>	2,54 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
4	<i>Bulk specific SSD</i>	2,54 gr/cm <sup>3</sup>	2,5-2,7	Memenuhi syarat
5	<i>Apparent specific gravity</i>	2,54 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
6	<i>Absorbition</i>	1,01%	-	-
7	Modulus Halus	2,74	2,3-3,1	Memenuhi syarat

Sumber : \*) SNI 03 – 1969 – 1990 dan SNI 03 – 2417 – 1991

### Hasil Penghitungan Rancang Campuran Adukan Beton

Penghitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode *trial error*. Dari penghitungan tersebut didapat kebutuhan bahan per 1 m<sup>3</sup> yaitu :

- Agregat Halus = 1150 kg
- Semen = 575 kg
- Air Campuran Adukan = 201,3 liter
- Air Campuran Specta Foam = 12 liter
- Specta Foam* = 0,3 kg
- Harder Mill (HDM)* = 1 kg
- Polymer* = 1 kg

Kebutuhan bahan untuk tiap sampel yaitu :

- Agregat Halus = 6095 gr
- Semen = 3047,5 gr
- Air Campuran Adukan = 1066,6 ml
- Air Campuran Specta Foam = 63 ml
- Specta Foam* = 1,59 gr
- Harder Mill (HDM)* = 5,3 gr
- Polymer* = 5,3 gr

### Hasil Pengujian dan Pembahasan Berat Jenis

Berat jenis beton diperoleh dari berat silinder beton dibagi dengan volume silinder. Hasil penghitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Berat Jenis

NO	KADAR SERAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	VOLUME (m <sup>3</sup> )	BERAT (kg)	BERAT JENIS (kg/m <sup>3</sup> )	
1	0%	KTME PP 0%	1	0,005408	10,10	1867,54	
			2	0,005390	9,90	1836,64	
			3	0,005301	10,00	1886,28	
		KTB PP 0%	1	0,005408	10,00	1849,05	
			2	0,005426	9,90	1824,52	
			3	0,005337	10,00	1873,79	
				Rata-rata	0,005378	9,98	1856,30

Lanjutan Tabel 4.

2	0,25%	KTME PP 0,25%	1	0,005354	10,00	1867,61
			2	0,005372	9,90	1842,77
			3	0,005337	9,80	1836,31
		KTMB PP 0,25%	1	0,005390	9,90	1836,64
			2	0,005301	9,80	1848,56
			3	0,005480	10,10	1843,05
		Rata-rata	0,005373	9,92	1845,82	
3	0,5%	KTME PP 0,50%	1	0,005462	10,00	1830,87
			2	0,005498	10,20	1855,16
			3	0,005337	9,90	1855,05
		KTMB PP 0,5%	1	0,005337	9,80	1836,31
			2	0,005553	10,30	1854,98
			3	0,005426	9,90	1824,52
		Rata-rata	0,005435	10,02	1842,81	
4	0,75%	KTME PP 0,75%	1	0,005408	9,90	1830,56
			2	0,005480	10,00	1824,80
			3	0,005462	10,00	1830,87
		KTMB PP 0,75%	1	0,005462	10,10	1849,17
			2	0,005301	9,80	1848,56
			3	0,005480	10,00	1824,80
		Rata-rata	0,005432	9,97	1834,79	
5	1%	KTME PP 1%	1	0,005337	9,80	1836,31
			2	0,005426	9,80	1806,09
			3	0,005372	9,90	1842,77
		KTMB PP 1%	1	0,005426	9,90	1824,52
			2	0,005408	10,00	1849,05
			3	0,005301	9,70	1829,69
		Rata-rata	0,005378	9,85	1831,41	

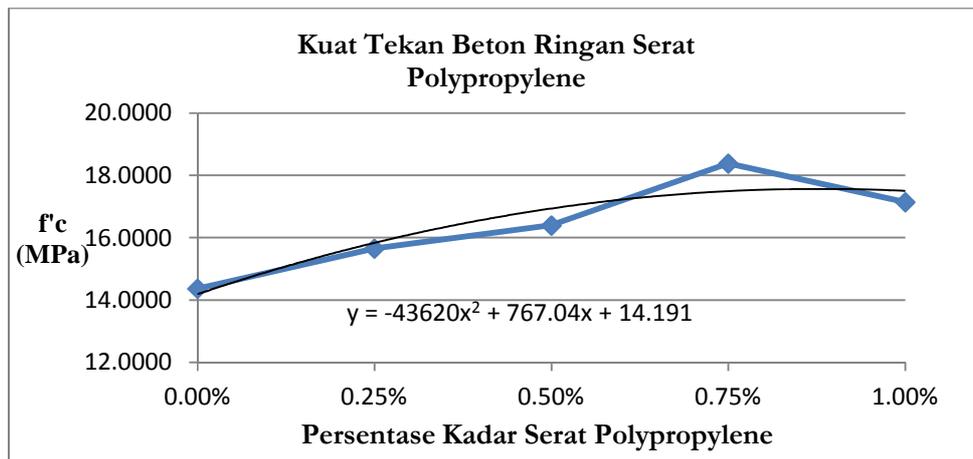
Dari hasil pengujian diatas diperoleh berat jenis berkisar 1806,09 kg/m<sup>3</sup> sampai dengan 1886,28 kg/m<sup>2</sup>, sehingga beton tersebut termasuk beton ringan. Menurut SNI menyatakan bahwa beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan dengan kepadatan 1900kg/m<sup>3</sup>.

### Hasil Pengujian dan Pembahasan Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton ringan *foam* dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan *Compression Testing Machine* untuk mendapatkan beban maksimum yaitu beban pada saat beton hancur ketika menerima beban tersebut ( $P_{max}$ ). Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 1.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan

NO	KADAR SERAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	LUAS PERM. (mm <sup>2</sup> )	UJI TEKAN (kN)	f <sub>c</sub> (MPa)
1	0%	KTME PP 0%	1	17907,86	240,00	14,21
			2	17907,86	240,00	14,21
			3	17671,46	245,00	14,70
			Rata-rata		241,67	14,37
2	0,25%	KTME PP 0,25%	1	17907,86	270,00	15,98
			2	17907,86	255,00	15,09
			3	17671,46	265,00	15,90
			Rata-rata		263,33	15,66
3	0,5%	KTME PP 0,5%	1	18145,84	275,00	16,06
			2	18145,84	290,00	16,94
			3	17671,46	270,00	16,20
			Rata-rata		278,33	16,40
4	0,75%	KTME PP 0,75%	1	17907,86	305,00	18,05
			2	18145,84	320,00	18,69
			3	18145,84	315,00	18,40
			Rata-rata		313,33	18,38
5	1%	KTME PP 1%	1	17671,46	285,00	17,10
			2	17907,86	290,00	17,17
			3	17907,86	290,00	17,17
			Rata-rata		288,33	17,14



Gambar 1. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

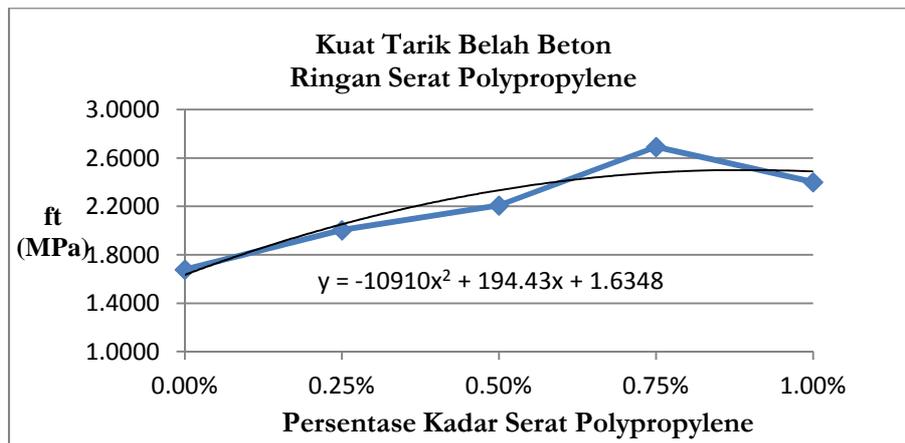
Berdasarkan hasil pengujian, dapat dilihat bahwa penambahan serat *polypropylene* cenderung menambah nilai kuat tekan beton ringan. Peningkatan kuat tekan paling maksimum terjadi pada kadar penambahan serat 0,75% dari berat volume beton. Secara lengkap, pengaruh penambahan serat *polypropylene* sebesar 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75%; dan 1% dari berat volume beton yang diuji pada umur beton 28 hari berturut-turut adalah 14,37 MPa; 15,66 MPa; 16,40 MPa; 18,38 MPa; dan 17,14 MPa. Dari penghitungan analisis regresi *polynomial* orde-2 diperoleh nilai optimum penambahan serat pada kadar 0,88% dari berat volume beton dengan nilai kuat tekan maksimum 25,31 MPa.

#### Hasil Pengujian Kuat dan Pembahasan Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah beton ringan *foam* dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan *Compression Testing Machine* untuk mendapatkan beban maksimum yaitu beban pada saat beton hancur ketika menerima beban tersebut ( $P_{max}$ ). Hasil pengujian kuat tarik belah dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 2.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

NO	KADAR SERAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	UJI TEKAN (KN)	ft MPa
1	0%	KTB PP 0%	1	110,00	1,63
			2	110,00	1,62
			3	120,00	1,79
			Rata-rata	113,33	1,68
2	0,25%	KTB PP 0,25%	1	140,00	2,08
			2	130,00	1,95
			3	135,00	1,99
			Rata-rata	135,00	2,01
3	0,5%	KTB PP 0,5%	1	160,00	2,38
			2	150,00	2,18
			3	140,00	2,07
			Rata-rata	150,00	2,21
4	0,75%	KTB PP 0,75%	1	180,00	2,66
			2	185,00	2,78
			3	180,00	2,65
			Rata-rata	181,67	2,69
5	1%	KTB PP 1%	1	155,00	2,29
			2	165,00	2,44
			3	165,00	2,48
			Rata-rata	161,67	2,40



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

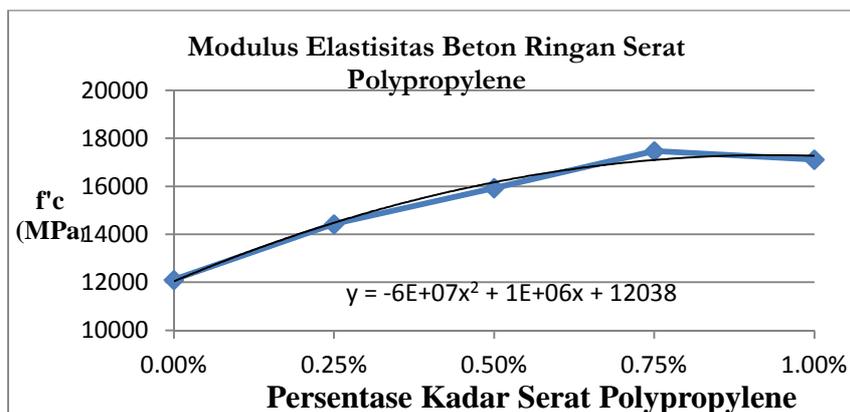
Berdasarkan hasil pengujian, dapat dilihat bahwa penambahan serat *polypropylene* cenderung menambah nilai kuat tarik belah beton ringan. Peningkatan kuat tarik belah paling maksimum terjadi pada kadar penambahan serat 0,75% dari berat volume beton. Secara lengkap, pengaruh penambahan serat *polypropylene* sebesar 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75%; dan 1% dari berat volume beton yang diuji pada umur beton 28 hari berturut-turut adalah 1,68 MPa; 2,01 MPa; 2,21 MPa; 2,69 MPa; dan 2,40 MPa. Dari penghitungan analisis regresi *polynomial* orde-2 diperoleh nilai optimum penambahan serat pada kadar 0,89% dari berat volume beton dengan nilai kuat tarik belah maksimum 4,23 MPa.

#### Hasil Pengujian dan Pembahasan Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas menggunakan sampel yang sama dengan kuat tekan dengan memperhitungkan regangan yang terjadi pada beton. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 3.

Tabel 7. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

NO	KADAR SERAT	KODE BENDA UJI	Ec PERHITUNGAN (MPa)	Ec RATA-RATA (MPa)
1	0%	PP 0 - 1	11848,80	12107,79
		PP 0 - 2	11818,97	
		PP 0 - 3	12655,60	
2	0,25%	PP 0,25 - 1	14716,81	14422,07
		PP 0,25 - 2	13521,31	
		PP 0,25 - 3	15028,10	
3	0,5%	PP 0,5 - 1	15630,80	15931,36
		PP 0,5 - 2	15486,52	
		PP 0,5 - 3	16676,77	
4	0,75%	PP 0,74 - 1	16447,76	17473,27
		PP 0,74 - 2	18453,87	
		PP 0,74 - 3	17518,18	
5	1%	PP 1 - 1	17875,72	17120,32
		PP 1 - 2	16525,49	
		PP 1 - 3	16959,73	



Gambar 3. Nilai Modulus Elastisitas pada Berbagai Variasi Kadar Serat *Polypropylene*

Berdasarkan hasil pengujian, dapat dilihat bahwa penambahan serat *polypropylene* cenderung menambah nilai modulus elastisitas beton ringan. Peningkatan modulus elastisitas paling maksimum terjadi pada kadar penambahan serat 0,75% dari berat volume beton. Secara lengkap, pengaruh penambahan serat *polypropylene* sebesar 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75%; dan 1% dari berat volume beton yang diuji pada umur beton 28 hari berturut-turut adalah 12107,79 MPa, 14422,07 MPa, 15931,36 MPa, 17473,27 MPa, dan 17120,32 MPa. Dari penghitungan analisis regresi *polynomial* orde-2 diperoleh nilai optimum penambahan serat pada kadar 0,83% dari berat volume beton dengan nilai modulus elastisitas maksimum 24538 MPa.

## SIMPULAN

Dari hasil penelitian serta analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut :

- a) Berat jenis dari hasil pengujian paling maksimum ada pada beton ringan *foam* tanpa serat. Berikut adalah 3 benda uji dengan berat jenis paling besar yaitu KTME PP 0%-3, KTB PP 0%-3, dan KTME PP 0%-1, mempunyai berat jenis berturut-turut adalah 1886,28 kg/m<sup>3</sup>, 1873,79 kg/m<sup>3</sup>, dan 1867,54 kg/m<sup>3</sup>, sehingga beton masih termasuk beton ringan karena berat jenis dibawah 1900 kg/m<sup>3</sup>.
- b) Nilai kuat tekan beton ringan *foam* berdasarkan hasil pengujian laboratorium mengalami peningkatan paling maksimum adalah pada kadar penambahan serat *polypropylene* 0,75%, yaitu meningkat 27,93% dari beton ringan *foam* tanpa serat. Berdasarkan analisis regresi *polynomial* diperoleh kadar optimum penambahan serat adalah 0,88% dengan kuat tekan 24,31 MPa.
- c) Nilai kuat tarik belah beton ringan *foam* berdasarkan hasil pengujian laboratorium mengalami peningkatan paling maksimum adalah pada kadar penambahan serat *polypropylene* 0,75%, yaitu meningkat 60,38% dari beton ringan *foam* tanpa serat. Berdasarkan analisis regresi *polynomial* diperoleh kadar optimum penambahan serat adalah 0,89% dengan kuat tarik belah 4,23 MPa.
- d) Nilai modulus elastisitas beton ringan *foam* berdasarkan hasil pengujian laboratorium mengalami peningkatan paling maksimum adalah pada kadar penambahan serat *polypropylene* 0,75%, yaitu meningkat dari 12107,79 MPa pada beton ringan *foam* tanpa serat menjadi 17473,27 MPa. Berdasarkan analisis regresi *polynomial* diperoleh kadar optimum penambahan serat adalah 0,83% dengan kuat tekan 24538 MPa.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terselesaikannya penyusunan penelitian ini berkat dukungan dan doa dari orang tua, untuk itu kami ucapkan terima kasih. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Purnawan Gunawan, ST, MT dan Wibowo, ST, DEA, selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberi koreksi dan arahan sehingga menyempurnakan penyusunan. Rasa terima kasih penulis sampaikan khusus untuk Afaza, Andi, Doni, selaku tim kerja yang pantang menyerah.

## REFERENSI

- ASTM C 33-74a. American Society For Testing and Materials. 1918. Concrete and Material Agregates (Including Manual of Agregates and Concrete Testing). Philadelphia: ASTM Philadelphia.
- Balaguru, P.N., Shah, S.P. 1992. *Fiber Reinforced Cement Composites*, McGraw-Hill International Edition, Singapore
- Cement & Concrete Institute. (2001). *Fibre Reinforced Concrete*, Cement & Concrete Institute, Midrand.
- Husin A, Setiadi R. 2008. Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton. Pusat Litbang Permukiman. Bandung.
- Dipohusodo, I. 1994. Struktur Beton Bertulang. Jakarta: Gramedia.
- Putra, S.A. 2013. Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Beton Ringan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Modulus Elastisitas. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Sudarmoko. 1993. Pengaruh Panjang Serat Pada Sifat Structural Beton Serat. Media Teknik. No 1 Tahun XV :22-40.
- Standar Nasional Indonesia (SNI), 2002 , "Metode, Spesifikasi dan Tata Cara", Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah (Kimpraswil), Badan Penelitian dan Pengembangan. Jakarta.
- Tjokrodimulyo, K. 1996. Teknologi Beton, Nafitri. Yogyakarta.