

STUDI KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN MODULUS ELASTISITAS BETON RINGAN TEKNOLOGI FOAM DENGAN BAHAN TAMBAH SERAT POLYESTER

Purnawan Gunawan¹⁾, Sunarmasto²⁾, Andi Dwi Yunanto³⁾

^{1), 2)} Pengajar Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

³⁾ 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 : andidwiyunanto@yahoo.co.id

Abstract

The density of concrete is one of aspect which is calculated when planning a building framework because it influencing the weighting calculation. Foam lightweight concrete is made by adding foam agent which consist of spectaf foam, harder mild, and polymer into a mortar mix. The using of lightweight concrete still directed only to a non-structural concrete because lightweight concrete has less strength. Solutions to improve the tensile strength, compressive strength, modulus of elasticity and brittle properties owned lightweight concrete by adding polyester fibers. 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 where 3 test object for 1 percentage variation in fiber. The percentage of fiber used is 0%; 0.25%; 0.5%; 0.75%; and 1%. 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 polyester fiber addition rate of 0,75% consecutively 36,31%; 55,43%; and 35,46%.

Keywords: lightweight concrete, polyester fiber, compressive strength, tensile strength, modulus of elasticity

Abstrak

Berat jenis beton adalah salah satu aspek yang diperhitungkan ketika merencanakan struktur bangunan karena berpengaruh pada perhitungan beban. Beton ringan foam dibuat dengan menambahkan foam agent yang terdiri dari spectaf foam, harder mild, dan polymer kedalam campuran mortar. Pemakaian beton ringan masih ditujukan pada beton non struktural saja karena beton ringan memiliki kuat tekan rendah. Solusi untuk meningkatkan kuat tarik belah, kuat tekan, modulus elastisitas yang dimiliki beton ringan yaitu dengan menambahkan serat polyester. Metode yang digunakan adalah pengamatan secara eksperimental dan kemudian dilakukan analisis secara teoritis untuk mendukung kesimpulan akhirnya. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm berjumlah 3 buah untuk 1 variasi persentase serat. Persentase serat yang digunakan adalah 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75%; dan 1%. 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 polyester pada kadar 0,75% berturut-turut sebesar 36,31%; 55,43%; dan 35,46%.

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

PENDAHULUAN

Beton merupakan material bangunan yang paling banyak diminati dalam dunia konstruksi karena memiliki berbagai kelebihan. Namun disisi lain beton mempunyai kekurangan salah satunya adalah berat jenisnya yang tinggi yang tentu berpengaruh pada perhitungan beban sendiri suatu bangunan. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan berbagai penelitian terhadap sifat dan kualitas beton hingga ditemukan berbagai macam beton baru hasil modifikasi salah satunya adalah beton ringan. Salah satu metode pembuatan beton ringan adalah dengan menggunakan metode foamed concrete, yaitu dengan menambahkan foam agent (cairan busa) kedalam campuran. Foam agent didapat dari pencampuran spectaf foam, harder mild, dan polymer (Neville, A.M. 2006).

Beton ringan mempunyai nilai kuat tekan yang rendah, yaitu kurang dari 17 MPa sehingga cocok sebagai material non struktural (Neville and Brooks, 1987). Salah satu cara untuk meningkatkan sifat mekanik beton ringan adalah dengan menambahkan serat polyester pada beton ringan tersebut. Penambahan serat di dalam adukan beton, diharapkan akan menurunkan kecacakan adukan secara cepat, sejalan dengan pertambahan konsentrasi serat dan aspek ratio serat, oleh karena itu dengan penambahan serat tersebut diharapkan dapat meningkatkan performa pada beton ringan dari segi kuat tekan, kuat tarik belah maupun modulus elastisitas nya.

Beton Ringan Foam Berserat Polyester

Beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan dengan kepadatan lebih kecil dari 1900 kg/m³ (SNI 03-2847-2002)

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus atau agregat halus dan kasar serta sejumlah kecil serat (ACI Comitte 544, 1982)

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) menambahkan serat kawat benadrat kedalam campuran beton ringan. Dihasilkan adanya peningkatan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas.

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. Dengan demikian akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya (Husin dan Setiaji R. 2008). Dalam penelitian inibahan yang digunakan adalah (*Foaming Agent*) *Spectafoam*, HDM, *Polimer*.

Serat Polyester

Polyester adalah serat buatan manusia. Serat ini merupakan serat yang cukup berat dengan berat jenis 1,38 gr/cm³, sedikit lebih berat dibandingkan dengan nylon. Serat *polyester* merupakan serat yang sangat kuat karena adanya system pengkristalan polimer yang sungguh luar biasa. Keuletannya tetap tidak berubah baik dalam keadaan kering dan basah. Hal ini terjadi karena serat *polyester* bersifat sangat tidak menyerap air (*hydrophobic*). Serat *polyester* dapat bersifat plastis maupun elastis sebagaimana dapat dilihat dari penyimpangannya pada peregangan dan penegangan yang berulang-ulang (Ineke dan Anton dalam Resmi, 2008). Serat *polyester* sendiri nilai memiliki modulus elastisitas sebesar 17000 MPa (Cement and Concrete Institute, 2001)

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. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh (Tjokrodimulyo, 1996). Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan :

$$f_c : \frac{P}{A} \left(\frac{N}{mm^2} \right) \quad (1)$$

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 (mm²)

Kuat Tarik Belah

Suatu perkiraan kasar nilai kuat tarik beton normal hanya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya. 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 (Dipohusodo, 1994). 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.

$$f_t = \frac{2P}{\pi \cdot L_s \cdot D} \quad (2)$$

Dengan :

f_t = kuat belah beton (N/mm²)

P = beban maksimum yang diberikan (N)

D = diameter silinder (mm)

L_s = tinggi silinder (mm)

Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas yang besar menunjukkan beton mampu menahan beban yang besar dengan kondisi regangan yang kecil. Modulus elastisitas ditentukan berdasarkan rekomendasi ASTM C-459, yaitu Modulus Chord.

Adapun modulus elastisitas chord (E_c) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,00005} \quad (3)$$

dimana, S_2 = tegangan sebesar $0,4 f_c$
 S_1 = tegangan sesuai dengan regangan arah longitudinal sebesar $0,0000531$ MPa
 ε_2 = regangan longitudinal akibat tegangan S_2

Regangan (ε) yang terjadi diperhitungkan dengan Persamaan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 0,0254 \quad (4)$$

dimana, ΔL = penurunan arah longitudinal
 L = tinggi beton relatif (jarak antara dua strain gauge)
 $0,0254$ = konversi satuan dial menjadi mm

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Pengujian dilakukan setelah umur beton 28 hari, menggunakan CTM (*Compression Testing Machine*). Benda uji berupa beton ringan *foam* silinder dengan ukuran $15\text{cm} \times 30\text{cm}$. Jumlah dan kode benda uji disajikan pada Tabel 1 dan 2.

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

No	Kadar Serat <i>Polyester</i>	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0%	KTME Pes-0	3
2	0,25%	KTME Pes-0,25	3
3	0,5%	KTME Pes-0,5	3
4	0,75%	KTME Pes-0,75	3
5	1%	KTME Pes-1	3

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tarik Belah

No	Kadar Serat <i>Polyester</i>	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0%	KTB Pes-0	3
2	0,25%	KTB Pes-0,25	3
3	0,5%	KTB Pes-0,5	3
4	0,75%	KTB Pes-0,75	3
5	1%	KTB Pes-1	3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian terhadap agregat halus yang dilakukan meliputi pengujian kadar lumpur, kandungan zat organik, *specific gravity*, gradasi agregat dan berat jenis. Hasil pengujian agregat halus disajikan pada 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 ³	-	-
4	<i>Bulk specific SSD</i>	2,54 gr/cm ³	2,5-2,7	Memenuhi syarat
5	<i>Apparent specific gravity</i>	2,54 gr/cm ³	-	-
6	<i>Absorbtion</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 Perhitungan Rancang Campuran Adukan Beton

Perhitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode *trial error* dan . Dari perhitungan tersebut didapat kebutuhan bahan per 1 m^3 yaitu :

- a. Agregat Halus = 1150 kg
- b. Semen = 575 kg
- c. Air Campuran Adukan = 201,3 liter
- d. Air Campuran Specta Foam = 12 liter
- e. *Specta Foam* = 0,3 kg
- f. *Harder Mill (HDM)* = 1 kg
- g. *Polymer* = 1 kg

Kebutuhan bahan untuk tiap sampel yaitu :

- a. Agregat Halus = 6095 gr
- b. Semen = 3047,5 gr
- c. Air Campuran Adukan = 1066,6ml
- d. Air Campuran Specta Foam = 63 ml
- e. *Specta Foam* = 1,59 gr
- f. *Harder Mill (HDM)* = 5,3 gr
- g. *Polymer* = 5,3 gr

Hasil Pengujian dan Pembahasan Berat Jenis

Berat jenis didapat dari berat sampel beton dibagi volume beton. Hasil Perhitungan berat jenis masing – masing benda uji disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Berat Jenis

NO	KADAR SERAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	VOLUME (x 10 ⁻³ m ³)	BERAT (kg)	BERAT JENIS (kg/m ³)
1	0%	KTME Pes 0%	1	5,46	10,1	1849,17
			2	5,39	9,9	1836,64
			3	5,30	9,8	1848,56
		KTB Pes 0%	1	5,41	10	1849,05
			2	5,27	9,7	1841,97
			3	5,34	9,8	1836,31
Rerata						1843,62
2	0,25%	KTME Pes 0,25%	1	5,48	10	1824,80
			2	5,37	9,8	1824,15
			3	5,41	9,9	1830,56
		KTB Pes 0,25%	1	5,41	9,9	1830,56
			2	5,32	9,7	1823,61
			3	5,50	10,1	1836,97
Rerata						1828,44
3	0,5%	KTME Pes 0,50%	1	5,48	10	1824,80
			2	5,44	9,9	1818,60
			3	5,41	9,8	1812,07
		KTB Pes 0,5%	1	5,50	10	1818,78
			2	5,37	9,8	1824,15
			3	5,30	9,7	1829,69
Rerata						1821,35
4	0,75%	KTME Pes 0,75%	1	5,50	10	1818,78
			2	5,48	9,9	1806,56
			3	5,44	9,9	1818,60
		KTB Pes 0,75%	1	5,46	9,9	1812,56
			2	5,37	9,7	1805,54
			3	5,28	9,6	1816,89
Rerata						1813,15
5	1%	KTME Pes 1%	1	5,46	9,9	1812,56
			2	5,41	9,8	1812,07
		KTB Pes 1%	3	5,30	9,6	1810,83
			1	5,41	9,8	1812,07

2	5,39	9,8	1818,09
3	5,30	9,6	1810,83
Rerata			1812,74

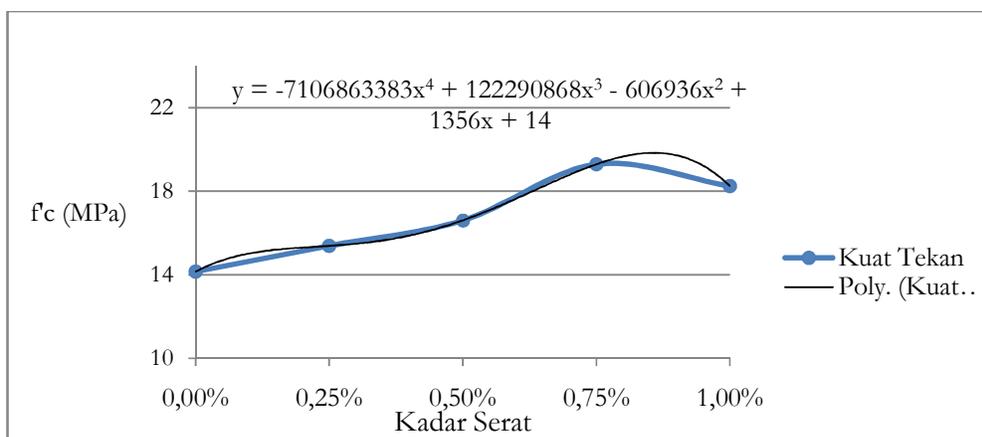
Dari hasil pengujian diatas diperoleh berat jenis berkisar 1812,07 kg/m³ sampai dengan 1849,17 kg/m³, sehingga beton tersebut termasuk beton ringan. Menurut SNI menyatakan bahwa beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan dengan kepadatan 1900kg/m³.

Hasil Pengujian dan Pembahasan Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan beton pada benda uji silinder pada umur 28 hari disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan

NO	KADAR SERAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	LUAS PERM. (mm ²)	UJI TEKAN (kN)	f _c (MPa)
1	0%	KTME Pes 0%	1	18145,84	250000	13,78
			2	17907,86	250000	13,96
			3	17671,46	260000	14,71
			Rerata			14,15
2	0,25%	KTME Pes 0,25%	1	18145,84	280000	15,43
			2	17907,86	280000	15,64
			3	17907,86	270000	15,08
			Rerata			15,38
3	0,5%	KTME Pes 0,5%	1	18145,84	300000	16,53
			2	18145,84	310000	17,08
			3	17907,86	290000	16,19
			Rerata			16,60
4	0,75%	KTME Pes 0,75%	1	18145,84	360000	19,84
			2	18145,84	350000	19,29
			3	18145,84	340000	18,74
			Rerata			19,29
5	1%	KTME Pes 1%	1	18145,84	330000	18,19
			2	17907,86	320000	17,87
			3	17671,46	330000	18,67
			Rerata			18,24



Gambar 1. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil pengujian, dapat dilihat bahwa penambahan serat *polyester* 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 *polyester* sebesar 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75%; dan 1% dari berat volume beton yang diuji pada umur beton 28 hari berturut-turut adalah 14,15 MPa; 15,38 MPa; 16,60 MPa; 19,29 MPa; dan 18,24 MPa.

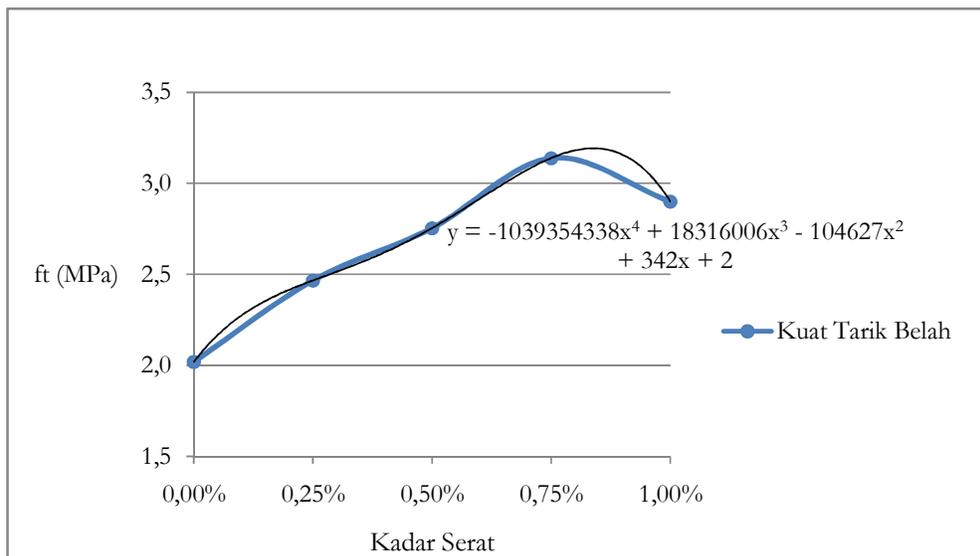
Peningkatan kuat tekan tersebut antara lain disebabkan karena adanya kontribusi dari serat terhadap volume adukan beton yang semakin padat. Serat yang ditambahkan masih dapat menyebar secara random dimana serat seolah-olah berfungsi sebagai tulangan. Serat *polyester* juga mampu terikat kuat dengan adukan beton yang menyebabkan terbentuklah suatu massa yang kompak dan padat sehingga dapat meningkatkan nilai kuat tekannya.

Hasil Pengujian dan Pembahasan Kuat Tarik Belah

Hasil pengujian kuat tekan beton pada benda uji silinder umur 28 hari selengkapnya disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

NO	KADAR SERAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	UJI TEKAN (N)	Ft MPa
1	0%	KTB Pes 0%	1	140000	1,95
			2	150000	2,14
			3	140000	1,97
			Rerata		2,02
2	0,25%	KTB Pes 0,25%	1	170000	2,37
			2	180000	2,54
			3	180000	2,49
			Rerata		2,47
3	0,5%	KTB Pes 0,5%	1	200000	2,76
			2	200000	2,81
			3	190000	2,69
			Rerata		2,75
4	0,75%	KTB Pes 0,75%	1	220000	3,06
			2	230000	3,23
			3	220000	3,12
			Rerata		3,14
5	1%	KTB Pes 1%	1	220000	3,07
			2	200000	2,80
			3	200000	2,83
			Rerata		2,90



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan hasil pengujian, dapat dilihat bahwa penambahan serat *polyester* 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 *polyester* sebesar 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75%;

dan 1% dari berat volume beton yang diuji pada umur beton 28 hari berturut-turut adalah 2,02 MPa; 2,47 MPa; 2,75 MPa; 3,14 MPa; dan 2,90 MPa.

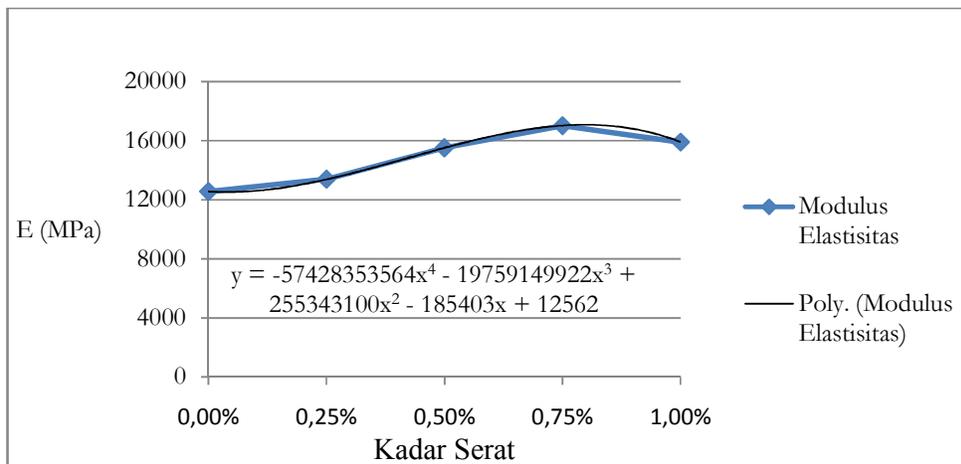
Peningkatan ini terjadi karena adanya penambahan serat *polyester* menghasilkan aksi komposit yang lebih baik yaitu tegangan lekat (*bond strength*) yang lebih besar. Mekanisme kerja yang diharapkan yaitu tegangan kerja yang terjadi pada beton akan ditahan oleh rekatan antara serat dengan massa betonnya.

Hasil Pengujian dan Pembahasan Modulus Elastisitas

Hasil hitungan perhitungan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

NO	KADAR SERAT	KODE BENDA UJI	Ec PERHITUNGAN (MPa)	Ec RATA-RATA (MPa)
1	0%	Pes 0 - 1	12192,35	12562.41
		Pes 0 - 2	12932,00	
		Pes 0 - 3	12562,89	
2	0,25%	Pes 0,25 - 1	14249,12	13383.82
		Pes 0,25 - 2	13006,22	
		Pes 0,25 - 3	12896,11	
3	0,5%	Pes 0,5 - 1	15741,94	15513.19
		Pes 0,5 - 2	15207,54	
		Pes 0,5 - 3	15590,08	
4	0,75%	Pes 0,74 - 1	17887,81	17017.34
		Pes 0,74 - 2	16285,96	
		Pes 0,74 - 3	16878,25	
5	1%	Pes 1 - 1	14507,45	15909.26
		Pes 1 - 2	16694,09	
		Pes 1 - 3	16526,22	



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

Berdasarkan hasil pengujian, dapat dilihat bahwa penambahan serat *polyester* 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 *polyester* sebesar 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75%; dan 1% dari berat volume beton yang diuji pada umur beton 28 hari berturut-turut adalah 12562,41 MPa; 13383,82 MPa; 15513,19 MPa; 17017,34 MPa; dan 15909,26 MPa.

Modulus elastisitas beton berserat sangat dipengaruhi oleh modulus elastisitas serat campurannya. Apabila serat yang dicampurkan memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi, maka modulus elastisitas beton berserat akan

meningkat. Serat polyester mempunyai modulus elastisitas sebesar 17000 MPa, sedangkan modulus elastisitas rata-rata beton ringan sebelum dicampur serat adalah sebesar 12562,41 MPa. Karena itu terjadi peningkatan modulus elastisitas pada beton ringan berserat *Polyester*.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian serta analisis data dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a) Berat jenis dari hasil pengujian berkisar antara 1812,07 kg/m³ sampai dengan 1849,17 kg/m³, sehingga beton masih termasuk beton ringan karena berat jenis dibawah 1900 kg/m³.
- b) Nilai kuat tekan beton ringan *foam* dengan kadar penambahan serat *polyester* sebesar 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 14,15 MPa, 15,38 MPa, 16,60 MPa, 19,29 MPa, dan 18,24 MPa dengan peningkatan 8,70%; 17,34%; 36,31%; dan 28,92% dari kuat tekan beton ringan *foam* tanpa serat. Peningkatan kuat tekan tersebut antara lain disebabkan karena adanya kontribusi dari serat terhadap volume adukan beton yang semakin padat. Serat yang ditambahkan masih dapat menyebar secara random dimana serat seolah-olah berfungsi sebagai tulangan. Serat *polyester* juga mampu terekat kuat dengan adukan beton yang menyebabkan terbentuklah suatu massa yang kompak dan padat sehingga dapat meningkatkan nilai kuat tekannya.
- c) Nilai kuat tarik belah beton ringan *foam* dengan kadar penambahan serat *polyester* sebesar 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 2,02 MPa; 2,47 MPa; 2,75 MPa; 3,14 MPa; dan 2,90 MPa, dengan peningkatan 22,14%; 36,40%; 55,43%; dan 43,64% dari kuat tarik belah beton ringan *foam* tanpa serat. Peningkatan ini terjadi karena adanya penambahan serat *polyester* menghasilkan aksi komposit yang lebih baik yaitu tegangan lekat (*bond strength*) yang lebih besar. Mekanisme kerja yang diharapkan yaitu tegangan kerja yang terjadi pada beton akan ditahan oleh rekatan antara serat dengan massa betonnya.
- d) Hasil nilai modulus elastisitas rata-rata beton ringan *foam* dengan kadar penambahan serat *polyethylend* 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1% secara berturut - turut adalah 12562,41 MPa, 13383,82 MPa, 15513,19 MPa, 17017,34 MPa, dan 15909,26 MPa. Modulus elastisitas beton berserat sangat dipengaruhi oleh modulus elastisitas serat campurannya. Apabila serat yang dicampurkan memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi, maka modulus elastisitas beton berserat akan meningkat. Serat polyester mempunyai modulus elastisitas sebesar 17000 MPa, sedangkan modulus elastisitas rata-rata beton ringan sebelum dicampur serat adalah sebesar 12562,41 MPa. Karena itu terjadi peningkatan modulus elastisitas pada beton ringan berserat *Polyester*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan pada hibah PNPB UF 2014 yang telah membiayai penelitian ini., serta Purnawan Gunawan, ST, MT dan Ir. Sunarmasto, MT, selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberi koreksi dan arahan.

REFERENSI

- ACI Committee 544. 1996. *Fiber Reinforced Concrete*. Michigan: ACI International Michigan.
- 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.
- Cement & Concrete Institute. (2001). *Fibre Reinforced Concrete*, Cement & Concrete Institute, Midrand.
- Dipohusodo, I. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia. Jakarta.
- Gere, J.M., Timoshenko, S.P., 1996. *Mekanika Bahan*, Jakarta: Penerbit Erlangga
- Husin A, Setiadi R. 2008. *Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton*. Pusat Litbang Permukiman. Bandung.
- Neville, A.M. 2006. *Concrete Technology 2nd Revised Edition*. Trans Atlantic Publisher. London
- Neville, A.M., and J.J. Brook. 1987. *Concrete Technology*. New York: Longman Scientific & Technical.
- 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.
- Resmi, S. (2008). *Kajian Tentang Aplikasi Serat Sintetis dan Serat Alami Untuk Campuran Beton*. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata.
- Standar Nasional Indonesia (SNI), 2002 , "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung", Pusjatan – Balitbang PU. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia (SNI), 1990 , "Metode Pengujian Kuat Tekan Beton", Pusjatan – Balitbang PU. Bandung.

Standar Nasional Indonesia (SNI), 2002 , ”Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton”, Pusjatan – Balitbang PU.
Bandung.
Tjokrodimulyo, K. 1996. Teknologi Beton, Nafitri. Yogyakarta.