

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT GALVALUM PADA BETON RINGAN DENGAN TEKNOLOGI FOAM TERHADAP KUAT LENTUR, *TOUGHNESS*, DAN *STIFFNESS*

¹⁾Purnawan Gunawan, ²⁾Wibowo, ³⁾Dewana Istiyan Primasatya

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

³⁾ Mahasiswa, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126 Telp: 0271-634524. Email : dewa.magnum@gmail.com

Abstract

Concrete is the most important part of the structure that has high compressive strength, easy to set up, low prices, and resistant to weather and surrounding environment. Lightweight concrete foam is made of concrete without coarse aggregate in the mix with added foam material agent (liquid foam). The purpose of this study was to determine how much influence the addition of fiber galvalum the flexural strength, toughness, and stiffness of lightweight concrete foam galvalum fiber. The method used in this study is an experimental method that is then theoretically analyzed. Value of flexural strength on fiber 0 %, 0.25 %, 0.5, and 1 %, respectively, 104.28 t/m² ; 110.31 t/m² ; 182.99 t/m² , and 134.98 t/m² , at 0.5 fibers % an increase in flexural strength of 75.48 % . Toughness values occurred in 0.5 % with the addition of fiber 1407 Nmm value unchanged at 121.92 % . Galvalum stiffness with the fiber content of 0% , 0.25 % , 0.5 % , 1 % were tested at 28 days is 5001.65 N / mm ; 7277.67 N / mm ; 8472.88 N / mm and 7957.14 N / mm. The addition of the fiber content of 0.5 % yield Stiffness value of 69.40 % compared to the lightweight foam concrete without fibers.

Keywords: Lightweight Concrete, Foam agent, Galvalum Fibers, Flexural strength, Toughness, Stiffness.

Abstrak

Beton merupakan bagian terpenting dalam struktur yang memiliki kuat desak tinggi, mudah dibentuk, harga yang murah, dan tahan terhadap cuaca dan lingkungan sekitar. Beton ringan foam merupakan beton yang dibuat tanpa agregat kasar dalam campuran disertai bahan tambah foam agent (cairan busa). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan serat galvalum terhadap kuat lentur, toughness, dan stiffness beton ringan foam berserat galvalum. Metode dalam penelitian ini yang digunakan adalah metode eksperimental yang kemudian dilakukan analisis secara teoritis. Nilai kuat lentur pada serat 0%; 0,25%; 0,5; dan 1% berturut-turut adalah 104,28 t/m²; 110,31 t/m²; 182,99 t/m²; dan 134,98 t/m², pada serat 0,5% terjadi kenaikan kuat lentur sebesar 75,48 %. Nilai Toughness terbesar terjadi pada penambahan serat 0,5% dengan nilai 1407 Nmm mengalami perubahan sebesar 121,92 %. Stiffness dengan kadar serat galvalum sebesar 0%, 0,25%, 0,5%, 1% yang diuji pada umur 28 hari adalah 5001,65 N/mm; 7277,67 N/mm; 8472,88 N/mm dan 7957,14 N/mm. Penambahan kadar serat sebesar 0,5% menghasilkan nilai Stiffness sebesar 69,40 % dibandingkan dengan beton ringan foam tanpa serat.

Kata Kunci: Beton ringan, Foam agent, Serat galvalum, Kuat lentur, Toughness, Stiffness.

PENDAHULUAN

Beton merupakan bagian dari struktur bangunan dimana campurannya terdiri atas air, semen, agregat halus, dan agregat kasar. Beton banyak diproduksi dan diaplikasikan di berbagai pekerjaan konstruksi. Beton memiliki keunggulan diantaranya adalah harga yang murah, memiliki kuat desak yang tinggi, dapat dibentuk dengan mudah, bahan selalu tersedia dan mudah ditemui serta ketahanannya yang baik terhadap cuaca dan lingkungan sekitar.

Berat jenis beton perlu diperhatikan, karena berat jenis beton yang tinggi akan berpengaruh terhadap pembebanan struktur. Salah satu cara untuk mengatasinya dibuat beton ringan dengan berat jenis yang lebih rendah yaitu berkisar antara 400-1800 kg/m³, menurut Tjokrodimulyo, 1996. Berat jenis pada beton setidaknya kurang dari 2200 kg/m³.

Beton ringan foam merupakan beton yang dibuat tanpa adanya agregat kasar dan penerapan teknologi foam dengan adanya penambahan *foam agent* (cairan busa) sehingga beton menjadi ringan tidak seperti beton normal yang memiliki berat jenis tinggi. Beton sangat baik dalam menahan desak namun lemah terhadap tarikan sehingga untuk memperkuat beton pada bagian elemen yang mengalami lenturan diperlukannya perkuatan tahanan tarik dengan menambahkan serat galvalum pada beton yang menjadikan kuat lentur beton semakin tinggi.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan serat galvalum dalam campuran beton terhadap kuat lentur, *toughness*, dan *stiffness*.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton dengan berat kurang dari 1800 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 (Tjokrodimuljo, 1996).

Beton Serat

Beton serat (*fiber concrete*) ialah bagian komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Bahan serat dapat berupa : serat asbestos, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat plastik (*polypropylene*), atau potongan kawat baja. Jika serat yang dipakai mempunyai modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada beton, maka beton serat akan mempunyai kuat tekan, kuat tarik, maupun modulus elastisitas yang sedikit lebih tinggi daripada beton biasa (Tjokrodimuljo 1996).

Beton Foam

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).

Beton Ringan *Foam Berserat*

Beton ringan *foam berserat* adalah campuran antara air, semen, agregat halus dengan bahan tambah serat dan *foam agent*. *Foam agent* berguna untuk menurunkan berat jenis beton, sedangkan serat yang ditambahkan berguna untuk meningkatkan kuat lentur beton (Mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Elfas Amalia Cahyadi, dengan hasil nilai kuat tekan 21,21 MPa, nilai kuat tarik belah 2,60 MPa, dan nilai modulus elastisitas $17,654 \times 10^3$ MPa).

Material Pembentuk Beton

Semen *Portland*

Semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat dan juga mengisi rongga-rongga diantara butiran-butiran agregat. Salah satu jenis semen yang biasa dipakai dalam pembuatan beton ialah semen portland (Tjokrodimuljo 1996).

Agregat

Agregat merupakan butiran-butiran mineral yang berguna untuk isian campuran beton. Agregat menempati sebanyak 60% - 80% dari volume mortar atau beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat mortar atau beton. Bentuk, tekstur, serta gradasi agregatnya dapat mempengaruhi sifat kelecakan, pengikatan dan pengerasan beton segar, sedangkan sifat fisik, kimia, dan mineral dapat mempengaruhi kekuatan, kekerasan dan ketahanan dari beton, sehingga agregat merupakan bagian terpenting di dalam campuran beton ataupun mortar sehingga penting pula didalam pemilihan dan penggunaannya. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam hasil disintegrasi alami dari batu-batuan (*natural sand*) atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batuan (*artificial sand*) dengan ukuran kecil (0,15 mm - 5 mm) (SK SNI T-15-1991-03). Karena sangat menentukan dalam hal kemudahan pekerjaan (*Workability*), kekuatan (*Strength*), dan tingkat keawetan (*Durability*) dari beton yang dihasilkan (ASTM C 33-74a).

Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, untuk membasahi agregat dan untuk melumas butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan (SNI 03-2847-2002). Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 25% - 30% dari berat semen.

Foam Agent

Foam agent adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana penggunaannya dengan melarutkannya kedalam air. Surfaktan merupakan molekul yang memiliki gugus polar yang bersifat hidrofilik dan gugus non polar yang bersifat lipofilik sekaligus, sehingga dapat mempersatukan campuran yang terdiri dari minyak dan air, dan juga zat yang cenderung terkonsentrasi pada antar muka dan mengaktifkan antar muka tersebut dengan menghasilkan gelembung-gelembung yang bermunculan di dalam beton, sehingga terjadilah banyak pori-pori udara di dalam betonnya sehingga beton menjadi ringan karena berpori udara. Dalam penelitian foam agent menggunakan bahan yang digunakan adalah *Spectafoam*, HDM, *Polimer*.

Serat Galvalum

Galvalum adalah baja lapis yang mengandung logam campuran antara *Aluminium* dan *Zinc*, bahan tersebut memiliki keunggulan tahan terhadap segala cuaca, tidak berkarat, anti rayap, dan bahkan kuat untuk puluhan tahun. Sehingga galvalum itu sebagai bahan tambahan utamanya serat dalam beton ditujukan untuk menambah kuat lentur beton tanpa mengurangi keunggulan-keunggulan yang ada dengan menambah kelebihan mutu beton dalam berbagai kondisi. Serat yang digunakan di dalam penelitian ini berukuran 2 mm x 1,9 cm dengan galvalum yang memiliki berat jenis 7400 kg/m³.

Pengujian Beton Serat

Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur beton ringan pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 10 x 10 x 55 cm dengan jumlah 3 benda uji tiap satu jenis sampel. Jumlah sampel tersebut dipakai berdasarkan peraturan SNI 03-2823-1992 (2.1), dimana jumlah benda uji yang dipakai minimal 3 buah. Untuk membutuhkan kemampuan balok beton dalam menahan beban maka balok beton perlu diuji kuat lentur. Kuat Lentur adalah besarnya nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk balok yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar di atas permukaan meja penekan mesin uji lentur atau juga didefinisikan sebagai hasil bagi antara momen lentur terhadap momen inersia balok beton. Kuat lentur dapat dihitung dengan Persamaan 1-2.

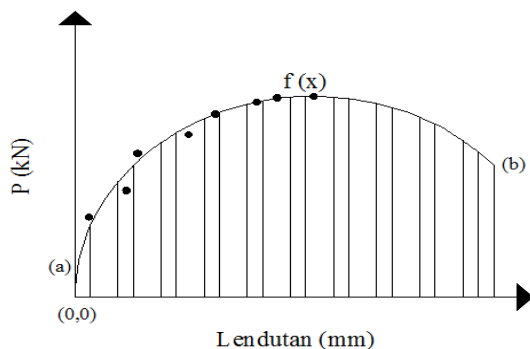
$$\sigma_f = \frac{M_x \cdot Y}{I} \dots\dots\dots [1]$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot x \cdot h^3 \dots\dots\dots [2]$$

Dimana : σ_f = Kuat Lentur (ton/m²)
 M_x = Momen Lentur (ton.m)
 Y = Jarak ke sumbu netral (m)
 I = Momen Inersia (m⁴)

Toughness

Toughness suatu penampang dari elemen balok adalah energi yang dapat diserap dan dihitung dari luas dibawah diagram beban lendutan dari sebuah uji lentur (Wahyono, 1996), diagram tersebut seperti tergambar pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hubungan antara P (kN) dengan Lendutan (mm)

Dari grafik $f(x)$ tersebut bisa diperoleh luas daerah yang merupakan nilai dari *index of toughness*. Luas daerah yang dimaksudkan merupakan luas daerah dibawah grafik $f(x)$ yang dibatasi oleh a dan b. Nilai a mempunyai koordinat (0,0) yang merupakan koordinat awal pengujian, saat benda uji belum dibebani dan defleksi belum terjadi. Untuk nilai b sendiri merupakan besar defleksi yang terjadi pada saat terjadi retakan. Cara perhitungan luas daerah tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan rumus Persamaan 3.

$$Toughness : \int_a^b f(x) dx \dots\dots\dots [3]$$

dengan :

$f(x)$ = hasil regresi dari persamaan grafik beban-lendutan

a = lendutan belum terjadi = 0 mm

b = lendutan maksimum sebelum balok beton patah atau retak

Stiffness

Stiffness balok beton didefinisikan sebagai hasil bagi antara beban dan lendutan dari uji lentur dan diformulasikan pada Persamaan 4.

$$K = P / \delta \dots\dots\dots [4]$$

Dimana : $K = \textit{stiffness}$ (N/mm)
 $P = \text{beban}$ (N)
 $\delta = \text{lendutan}$ (mm)

Proses perhitungan analisis antara kuat lentur dan *toughness* dapat dilanjutkan dengan proses ini yaitu perhitungan *stiffness* (kekakuan). Perhitungan ini mengolah data yang ada pada pengujian yang berupa hubungan antara beban P (N) dengan lendutan (mm) untuk menghasilkan nilai *stiffness* dengan adanya rumus perhitungan pembagian antara beban P dengan lendutan.

METODE

Metode dalam penelitian ini digunakan metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret. Pengujian kuat lentur terhadap benda uji balok berukuran 10 x 10 x 55 cm dengan variasi persentase serat 0%; 0,25%; 0,5%; dan 1%.

Tahapan dan Prosedur Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini meliputi :

Tahapan I :

Pada tahapan ini seluruh bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu.

Tahapan II :

Pada tahapan ini dilakukan penelitian terhadap agregat halus. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan tersebut.

Tahapan III :

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan benda uji yang meliputi perhitungan rencana campuran adukan beton ringan, pembuatan adukan beton ringan, serta pembuatan benda uji.

Tahapan IV :

Pada tahapan ini dilakukan perawatan terhadap benda uji. Perawatan beton umur 28 hari dilakukan dengan cara membasahi menggunakan karung goni dan disiram dengan air selama 14 hari, kemudian beton ringan diangin-anginkan sampai benda uji berumur 28 hari dan siap untuk uji kuat lentur.

Tahapan V :

Pada tahap ini dilakukan pengujian kuat lentur terhadap benda uji.

Tahapan VI :

Pada tahap ini data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisa untuk mendapatkan suatu kesimpulan.

Tahapan VII :

Pada tahap ini, data yang telah dianalisis dibuat suatu kesimpulan.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pengujian Agregat Halus

Pada tahapan uji bahan dimana dilakukan pengujian terhadap agregat halus didapatkan hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Kandungan	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
Kandungan zat organik	5%	0-10%	Memenuhi syarat
Kandungan lumpur	2%	Maks 5%	Memenuhi syarat
Bulk specific gravity	2,52 gr/cm ³	-	-
Bulk spesific SSD	2,53 gr/cm ³	2,5 - 2,7	Memenuhi syarat
Apparent spesific gravity	2,56 gr/cm ³	-	-
Absorbtion	0,60%	-	-

Perhitungan Rancang Campuran Adukan Beton

Perhitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode *trial error*. dari perhitungan tersebut didapat kebutuhan bahan per 1 m³ yaitu :

- a. Agregat Halus = 1150 kg
- b. Semen = 575 kg
- c. Air Campuran Adukan = 201,25 liter
- d. Air Campuran Specta Foam = 12 liter
- e. *Specta Foam* = 0,3 kg
- f. *Harder Mill (HDM)* = 1 kg
- g. *Polymer* = 1 kg

Pengujian dan Pembahasan Berat Jenis

Berat jenis benda uji balok beton ringan foam berserat galvalum didapat seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Ringan Foam Berserat Galvalum

No	Kadar Serat	Berat Jenis Rata-Rata
1	0%	1,99 ton/m ³
2	0,25%	2,01 ton/m ³
3	0,5%	1,97 ton/m ³
4	1%	1,96 ton/m ³

Pada Tabel 2. menunjukkan hasil penelitian didapat berat jenis beton ringan foam berserat dengan prosentase penambahan serat 0,25%; 0,5%; dan 1% berturut-turut adalah 2,01 ton/m³; 1,97 ton/m³; dan 1,96 ton/m³.

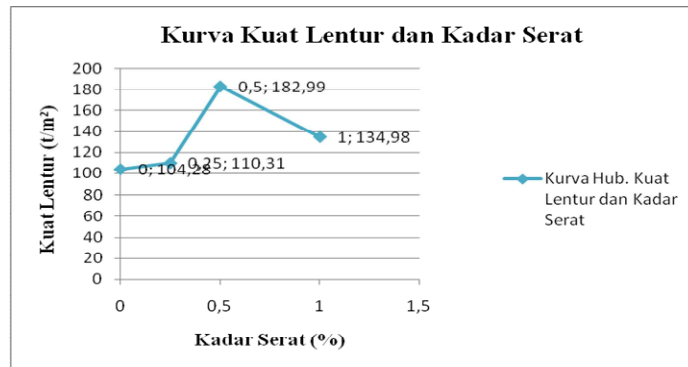
Pengujian Kuat Lentur

Benda uji yang telah melewati pengujian kuat lentur didapatkan hasil perhitungan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kuat Lentur Beton

No.	Kode	Berat Jenis (t/m ³)	Gaya (ton)	Gaya rata-rata (t)	Mc (ton.m)	σ_{lentur} (t/m ²)
1	KL-B 0%	1,99	0,225	0,225	0,02	104,28
2			0,225			
3			0,225			
1	KL-B 0,25%	2,01	0,315	0,238	0,02	110,31
2			0,255			
3			0,145			
1	KL-B 0,5%	1,97	0,420	0,400	0,03	182,99
2			0,330			
3			0,450			
1	KL-B 1%	1,96	0,155	0,293	0,02	134,98
2			0,370			
3			0,355			

Dari hasil kuat lentur pada Tabel 3 dapat dibuat kurva hubungan antara kuat lentur dengan kadar serat seperti tergambar pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Hubungan Kuat Lentur dengan Kadar Serat

Berdasarkan hasil penelitian didapat kuat lentur dengan kadar serat galvalum 0%; 0,25%; 0,5%; dan 1% berturut-turut sebesar 104,28 t/m²; 110,31 t/m²; 182,99 t/m²; dan 134,98 t/m². Kuat lentur maksimum terjadi pada serat 0,5%. Peningkatan kuat lentur tersebut antara lain disebabkan karena adanya kontribusi dari serat terhadap volume adukan beton yang semakin padat. Serat yang mempunyai kuat lentur tinggi mampu memikul beban lentur yang lebih besar.

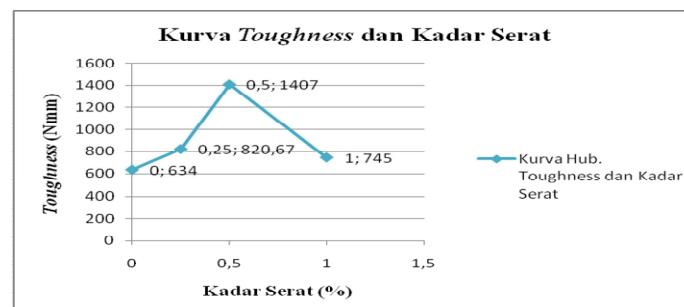
Pengujian Nilai *Toughness*

Nilai *Toughness* didapat dari perhitungan luas di bawah diagram beban lendutan uji lentur seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *Toughness*

Sampel	Persamaan	Defleksi	<i>Toughness</i>	<i>Toughness</i>
		Max (mm)	(Nmm)	Rata-rata (Nmm)
KL-B 0%-1	$y = -9165x^2 + 8977x + 45,13$	0,45	651	634
KL-B 0%-2	$y = -8613x^2 + 8867x - 4,989$	0,46	656	
KL-B 0%-3	$y = -7450x^2 + 8410x - 16,59$	0,44	595	
KL-B 0,25%-1	$y = -6690x^2 + 9935x + 158,6$	0,42	778	820,67
KL-B 0,25%-2	$y = -53554x^2 + 23926x + 10,44$	0,19	311	
KL-B 0,25%-3	$y = -384,4x^2 + 1560x - 52,96$	1,59	1373	
KL-B 0,5%-1	$y = -6103x^2 + 10797x - 12,24$	0,59	1454	1407
KL-B 0,5%-2	$y = -1933x^2 + 5161x + 36,23$	1,00	1972	
KL-B 0,5%-3	$y = -31026x^2 + 25246x - 205,6$	0,30	795	
KL-B 1%-1	$y = -52895x^2 + 19588x - 43,88$	0,25	325	745
KL-B 1%-2	$y = -20429x^2 + 17481x + 118,9$	0,35	820	
KL-B 1%-3	$y = -9951x^2 + 12293x - 62,84$	0,50	1090	

Dari hasil perhitungan *Toughness* pada Tabel 4 dapat dibuat kurva hubungan antara *Toughness* dengan kadar serat seperti tergambar pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Hubungan *Toughness* dengan Kadar Serat

Berdasarkan pengujian nilai *Toughness* rata-rata pada beton ringan foam tanpa serat sebesar 634 Nmm, pada beton ringan foam berserat galvalum dengan persentase serat 0,25%; 0,5%; dan 1% sebesar 820,67 Nmm; 1407 Nmm; dan 745 Nmm. Pengujian tersebut menunjukkan bahwa nilai *Toughness* beton ringan berserat dapat mengalami perubahan sebesar 29,44 %; 121,92 %; dan 17,51 %. Nilai *Toughness* terbesar terdapat pada beton ringan foam berserat 0,5 %. Peningkatan nilai *Toughness* yang terjadi pada beton berserat dikarenakan serat bekerja maksimum sesuai fungsi yang diharapkan.

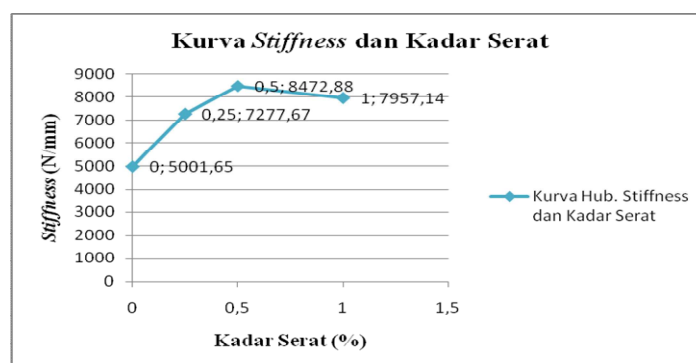
Perhitungan *Stiffness*

Dari data yang diperoleh dari uji kuat lentur, selanjutnya dapat dihitung nilai *Stiffness* seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Nilai *Stiffness*

Sampel	P	Lendutan	<i>Stiffness</i>	<i>Stiffness</i>
	Konversi kg ke N (N)	(mm)	(N/mm)	Rata-rata (N/mm)
KL-B 0%-1	2250	0,45	5000,00	5001,65
KL-B 0%-2	2250	0,46	4891,30	
KL-B 0%-3	2250	0,44	5113,64	
KL-B 0,25%-1	3150	0,42	7500,00	7277,67
KL-B 0,25%-2	2550	0,19	13421,05	
KL-B 0,25%-3	1450	1,59	911,95	
KL-B 0,5%-1	4200	0,59	7118,64	8472,88
KL-B 0,5%-2	3300	1,00	3300,00	
KL-B 0,5%-3	4500	0,30	15000,00	
KL-B 1%-1	1550	0,25	6200,00	7957,14
KL-B 1%-2	3700	0,35	10571,43	
KL-B 1%-3	3550	0,50	7100,00	

Dari hasil perhitungan *Stiffness* pada Tabel 5 dapat dibuat kurva hubungan antara *Stiffness* dengan kadar serat seperti tergambar pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Hubungan *Stiffness* dengan Kadar Serat

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan yang didapatkan dengan kadar serat galvalum sebesar 0%, 0,25%, 0,5%, 1% yang diuji pada umur 28 hari adalah 5001,65 N/mm; 7277,67 N/mm; 8472,88 N/mm dan 7957,14 N/mm. Nilai *Stiffness* maksimum adalah pada beton ringan foam dengan kadar penambahan serat sebesar 0,5%. Penambahan kadar serat sebesar 0,5% menghasilkan nilai *Stiffness* sebesar 69,40 % dibandingkan dengan beton ringan foam tanpa serat. Besarnya nilai *Stiffness* akan sebanding dengan kuat lentur yang dihasilkan pada 0,5 % serat, semakin besar nilai kuat lenturnya maka nilai *Stiffness* akan besar pula. Sehingga penambahan serat dapat berfungsi dimana dapat diketahui pada penambahan serat sebesar 0,5 % mendapatkan hasil paling maksimum diantara penambahan serat lain.

SIMPULAN

Dari apa yang diperoleh selama penelitian, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut ini:

- a. Berdasarkan hasil penelitian didapat kuat lentur dengan kadar serat galvalum sebesar 0%; 0,25%; 0,5; dan 1% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 104,28 t/m²; 110,31 t/m²; 182,99 t/m²; dan 134,98 t/m². Kuat lentur maksimum adalah pada beton ringan foam dengan kadar penambahan serat sebesar 0,5 %, menghasilkan kuat lentur sebesar 182,99 t/m² atau terjadi kenaikan kuat lentur sebesar 75,48 % dibandingkan dengan beton ringan foam tanpa serat.
- b. Berdasarkan pengujian nilai *Toughness* rata-rata pada beton ringan foam tanpa serat sebesar 634 Nmm, pada beton ringan foam berserat galvalum dengan persentase serat 0,25%; 0,5%; dan 1% sebesar 820,67 Nmm; 1407 Nmm; dan 745 Nmm. Pengujian tersebut menunjukkan bahwa nilai *Toughness* beton ringan berserat dapat mengalami perubahan sebesar 29,44 %; 121,92 %; dan 17,51 %. Nilai *Toughness* terbesar terdapat pada beton ringan foam yang berserat 0,5 % dengan *Toughness* rata-rata 1407 Nmm.
- c. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan *Stiffness* yang didapatkan dengan kadar serat galvalum sebesar 0%, 0,25%, 0,5%, 1% yang diuji pada umur 28 hari adalah 5001,65 N/mm; 7277,67 N/mm; 8472,88 N/mm dan 7957,14 N/mm. Nilai *Stiffness* maksimum adalah pada beton ringan foam dengan kadar penambahan serat sebesar 0,5%. Penambahan kadar serat sebesar 0,5% menghasilkan nilai *Stiffness* sebesar 69,40 % dibandingkan dengan beton ringan foam tanpa serat.
- d. Dengan demikian dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada penambahan serat galvalum variasi 0,5% , beton ringan foam berserat mengalami peningkatan, baik kuat lentur, nilai *toughness* maupun nilai *stiffness*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Purnawan Gunawan, S.T., M.T. dan Wibowo, S.T., DEA yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini, serta tidak lupa terima kasih kepada Hibah BPOPTN 2013 yang telah mendanai penelitian ini.

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.
- Cahyadi, E.A. 2013. "Pengaruh Penambahan Serat Galvalum AZ 150 Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Modulus Elastisitas", Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Husin, A dan Setiadji, R. 2008. *Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton*. Pusat Litbang Permukiman. Bandung.
- SK SNI T-15-1991-03. "Persyaratan Penggunaan Agregat Untuk Konstruksi".
- SNI 03-2823-1992. "Metode Pengujian Kuat Lentur Beton".
- SNI 03-2847-2002. "Persyaratan Penggunaan Air Untuk Konstruksi".
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafitri. Yogyakarta.
- Wahyono.1996. *Teknologi Beton Ringan*.