

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

Purnawan Gunawan¹⁾, Wibowo²⁾, Rezha Renata³⁾

^{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 : rezharenata.r2@gmail.com

Abstract

Concrete density that ranges from 2400 kg/m³, will affect the loading structure. Alternatif solution it is made by adding a lightweight concrete foam agent (liquid foam) into the concrete mix. To increase the flexural strength, toughness and stiffness, one of them by adding zinc fibers. The method of this study is an experimental was to used 3 pieces of each specimen is to make lightweight foam concrete without coarse aggregate by adding fiber content as much as 0%, 0.25%, 0.5% and 1% of the volume to examine issues regarding lightweight concrete over the nature and quality of the concrete, ranging from how much influence the flexural strength, toughness, and stiffness after a given concrete additives and fiber zinc foam agent. From the research results obtained flexural strength with the addition of fiber zinc percentage of 0%; 0.25%; 0.5%; 1% were tested at 28 days in a row is 1.04 MPa; 1.61 MPa; 1.64 MPa; 1.05 MPa, with a maximum value of 1.67 MPa with a fiber content of 0.39%. Toughness values with the addition of fiber zinc percentage of 0%; 0.25%; 0.5%; 1% were tested at 28 days straight row is tested at 28 days of consecutive kNmm is 0.65; kNmm 1.53; kNmm 1.55; kNmm 0.72 with a maximum value of 1.62 kNmm the fiber content of 0.37%. Stiffness value with the addition of fiber content percentage rate on average in a sequence of 0%; 0.25%; 0.5%; 1% is 4692.93 N / mm; 5049.02 N / mm; 5069.44 N / mm; 4761.64 N / mm, with a maximum value of 5090.25 N / mm with a fiber content of 0.38%.

Keywords: lightweight concrete, foam agent, zinc fibers, flexural strength, toughness and stiffness.

Abstrak

Berat jenis beton yang tinggi yaitu berkisar antara 2400 kg/m³, akan berpengaruh terhadap pembebanan struktur. Salah satu cara untuk mengatasinya dibuat beton ringan, dengan menambahkan foam agent (cairanbusa) kedalam campuran beton. Untuk meningkatkan kuat lentur, toughness dan stiffness, salah satunya dengan menambahkan serat seng. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan menggunakan benda uji berbentuk balok, yang berjumlah 3 buah tiap sampelnya dengan kadar serat masing – masing 0%; 0,25%; 0,5%; dan 1% yang kemudian dianalisis untuk mengkaji seberapa besar pengaruh beton ringan foam berserat terhadap kuat lentur, toughness, dan stiffness. Dari hasil penelitian didapat kuat lentur dengan persentase penambahan serat seng sebesar 0%; 0,25%; 0,5%; 1% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 1,04 MPa ;1,61MPa ; 1,64 MPa ; 1,05 MPa, dengan nilai maksimum 1,67MPa dengan kadar serat sebesar 0,39%. Nilai toughness dengan persentase penambahan serat seng sebesar 0%; 0,25%; 0,5%; 1% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 0,65kNmm; 1,53kNmm; 1,55 kNmm; 0,72kNmm dengan nilai maksimum 1,62kNmm dengan kadar serat sebesar 0,37%. Nilai stiffness dengan angka presentase penambahan kadar serat rerata secara berurutan 0%; 0,25%; 0,5%; 1% adalah 4692,93 N/mm; 5049,02 N/mm; 5069,44 N/mm; 4761,64 N/mm, dengan nilai maksimum 5090,25 N/mm dengan kadar serat sebesar 0,38%.

Kata Kunci: beton ringan, foam agent, serat seng, kuat lentur, toughness, dan stiffness.

PENDAHULUAN

Dalam struktur bangunan sipil, penggunaan beton sebagai material struktur merupakan alternatif yang paling banyak digunakan. Hal ini disebabkan karena beton mempunyai beberapa kelebihan. Kebutuhan beton ringan dalam berbagai aplikasi teknologi konstruksi modern meningkat dengan cepat, dikarenakan beton ringan ini memiliki berat jenis yang cenderung kecil sehingga dapat mengurangi beban mati struktural yang membuat dimensi dari elemen struktur sendiri lebih efisien.

Berat jenis beton yang tinggi yaitu berkisar antara 2400 kg/m³, akan berpengaruh terhadap pembebanan struktur maka perlu diperhitungkan. Salah satu cara untuk mengatasinya dibuat beton ringan dengan berat jenis yang lebih rendah yaitu berkisar antara 400-1800 kg/m³ (Tjokrodimulyo, 1996), yaitu dengan menambahkan foam agent (cairan busa) kedalam campuran beton.

Beton ringan yang dibuat akan dicampurkan dengan serat. Beton berserat (fiber concrete) adalah bagian komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain berupa serat, sehingga beton ini dikenal dengan nama beton ringan berserat. Penelitian ini akan mengkaji permasalahan mengenai beton ringan terhadap sifat dan kualitas

beton, mulai dari seberapa besar pengaruh terhadap kapasitas lentur, toughness, dan stiffness beton setelah diberi bahan tambahan foam agent dan serat seng.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton Ringan

Beton ringan menurut Tjokrodimuljo (1996) adalah beton yang mempunyai berat jenis kurang dari 1800 kg/m³. Beton yang mempunyai berat jenis rendah sering disebut dengan beton ringan. Beton ringan pada dasarnya memiliki campuran sama dengan beton normal pada umumnya namun agregat kasar yang menempati 60% dari seluruh komponen, direduksi berat jenisnya. (Subari dan Rachman, A. 2008).

Beton Serat

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari campuran semen, agregat, air dan sejumlah serat yang disebar secara random. Prinsip penambahan serat adalah memberi tulangan pada beton yang disebar merata ke dalam adukan beton dengan orientasi random untuk mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini di daerah tarik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan (Tjokrodimuljo 1996).

Beton Foam

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

Beton Ringan *Foam* Berserat

Beton ringan *foam* berserat merupakan campuran antara air, semen, agregat halus yang ditambahkan dengan serat dan *foam agent*. Fungsi dari *foam agent* adalah untuk menurunkan berat jenis beton, sedangkan serat itu sendiri berguna untuk meningkatkan kuat lentur beton (Mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Aroma I.A.M, dengan hasil nilai kuat tekan 20,38 MPa, nilai kuat tarik belah 3,00 MPa, dan nilai modulus elastisitas 18810 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 adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Sifat yang paling penting dari suatu agregat adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas, dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan pada musim dingin, dan ketahanan terhadap penyusutan. 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). Karena sangat menentukan dalam hal kemudahan pekerjaan (*Workability*), kekuatan (*Strength*), dan tingkat keawetan (*Durability*) dari beton yang dihasilkan (SK SNI T-15-1991-03).

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 hanya sekitar 25% - 30% dari berat semen.

Foam Agent

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 dalam adukan semen, sehingga akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya.

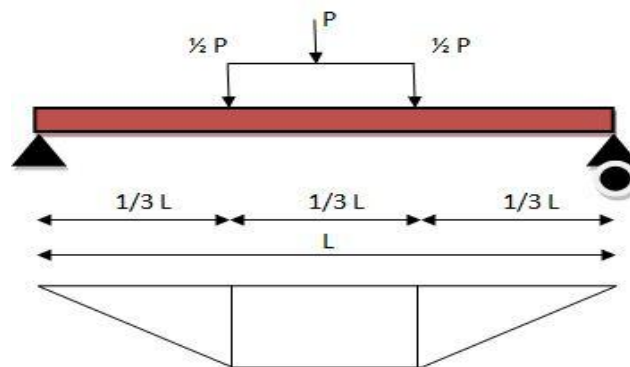
Serat Seng

Seng merupakan material yang jarang digunakan dalam pembuatan beton sebagai campuran tambahan dikarenakan bahan tersebut sulit didapat dan mungkin harus didatangkan dari luar negeri terlebih dahulu. Solusi alternatif untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menambahkan serat baja lapis seng (Bj LS) yang masih memiliki kandungan *seng* dilapisannya. Dimana baja lapis seng itu sendiri berupa lembaran atau gulungan hasil canai panas atau canai dingin yang kedua permukaannya dilapisi logam seng (Zn) dengan cara mencelupkan kedalam cairan seng dengan kandungan tidak kurang 97% (Zn) berat termasuk kandungan Aluminium (Al) dengan normal kandungan 0,30% berat atau lebih kecil, sesuai dengan SNI 07-2053-2006. Pada penelitian ini digunakan tebal 0,20 mm dengan berat jenis 7140 gr/cm³.

Pengujian Beton Serat

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. Pola pembebanan dapat dilihat pada Gambar 1 dan dapat dihitung dengan Persamaan 1 – 2.



Gambar 1. Pembebanan Benda Uji Lentur

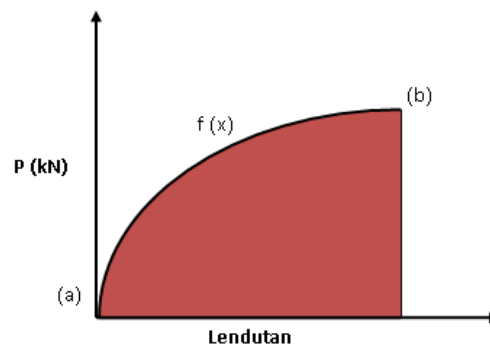
$$\sigma_f = \frac{M_x \cdot xY}{I} \dots\dots\dots [1]$$

$$I = \frac{1}{12} xbxh^3 \dots\dots\dots [2]$$

- Dengan :
- σ_f = Kuat Lentur (MPa)
 - M_x = Momen Lentur (Nmm)
 - Y = Jarak ke sumbu netral (mm)
 - I = Momen Inersia (mm⁴)

Toughness

Keuletan (*Toughness*) adalah sifat dari suatu bahan yang memungkinkan menyerap energi pada tegangan yang tinggi tanpa patah, yang biasanya di atas batas elastis. *Toughness* suatu penampang dari elemen balok adalah energi yang dapat diserap dan dihitung dari luas dibawah diagram beban lendutan dari sebuah uji lentur (Wibowo, 2006). Seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara P (kN) dengan Lendutan (mm)

Nilai *toughness* didapat dari perhitungan luas daerah dibawah grafik hubungan antara beban P (kN) dengan lendutan (mm). Luas daerah yang dimaksudkan adalah luas daerah yang diarsir dengan batas sebelah kiri dan batas sebelah kanan. 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 penghitungan 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

Kekakuan (*Stiffness*) adalah sifat yang didasarkan pada sejauh mana bahan mampu menahan perubahan bentuk (Wibowo, 2006). *Stiffness* balok beton didefinisikan sebagai hasil bagi antara beban dan lendutan dari uji lentur dan diformulasikan dengan Persamaan 4.

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

- Dengan :
- K = stiffness
 - P = beban
 - δ = lendutan

Berdasarkan formulasi di atas di dasarkan hasil atas pengujian sampel penelitian, dihitung kuat lentur, toughness, dan stiffness balok beton ringan dengan memperhitungkan kontribusi serat steel fiber.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret. Tahap awal, yaitu dengan membuat beton ringan foam tanpa agregat kasar dengan menambahkan kadar serat sebanyak 0%, 0,25%, 0,5% dan 1% dari volume beton dan foam, yang merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya. Benda uji berbentuk balok dengan berpenampang panjang 55 cm, dan berpenampang lebar 10 cm, sebanyak 3 buah benda uji tiap sampel (SNI 03-2823-1992).

Tahapan dan Prosedur Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini meliputi :

Tahapan I : Persiapan

Disebut tahapan persiapan. Pada tahapan ini seluruh bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat mudah dikerjakan dan berjalan dengan lancar.

Tahapan II : Pengujian Bahan

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

Tahapan III : Pembuatan Benda Uji

Disebut tahapan pembuatan benda uji. Pada tahapan ini dilakukan pekerjaan sebagai berikut :

- a. Perhitungan rencana campuran adukan beton ringan.
- b. Pembuatan adukan beton ringan.
- c. Pembuatan benda uji.

Tahapan IV : Perawatan Benda Uji

Pada tahapan ini dilakukan perawatan beton dengan umur 28 hari, dengan cara membasahi menggunakan karung gonidan disiram dengan air benda uji tersebut secara rutin pada hari kedua selama 14 hari, kemudian beton ringan diangin-anginkan selama 14 hari atau sampai benda uji berumur 28 hari.

Tahapan V : Pengujian Benda Uji

Pada tahap ini dilakukan pengujian berat jenis dan kuat lentur beton. Pengujian berat jenis dan kuat lentur dilakukan pada benda uji persegi panjang dengan panjang 55 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm setelah beton berumur 28 hari.

Tahapan VI : Analisis Data

Disebut tahapan analisis data. Pada tahap ini, data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisa untuk mendapatkan suatu kesimpulan hubungan antara variable-variabel yang diteliti dalam penelitian.

Tahapan VII : Kesimpulan

Disebut tahapan pengambilan keputusan. Pada tahap ini, data yang telah dianalisis dibuat suatu kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat Halus

Pada tahapan ini dilakukan beberapa tahapan pengujian terhadap agregat halus yang tersaji 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%	-	-

Hasil 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 :

- Agregat Halus = 1150 kg
- Semen = 575 kg
- Air Campuran Adukan = 201,25 liter
- Air Campuran Specta Foam = 12 liter
- Specta Foam* = 0,3 kg
- Harder Mill (HDM)* = 1 kg
- Polymer* = 1 kg

Hasil Pengujian dan Pembahasan Berat Jenis

Berat jenis didapat dari berat sampel dibagi volume beton, hasil selengkapnya tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis Rerata

No	Kadar Serat	Berat Jenis Rerata
1	0%	1997,58 Kg/m ³
2	0,25%	2009,09 Kg/m ³
3	0,5%	2021,21 Kg/m ³
4	1%	2024,24 Kg/m ³

Dari tabel 2 dapat di simpulkan bahwa berat jenis rerata yang diperoleh antara 2009,09 kg/m³ sampai 2024,24 kg/m³, sehingga beton tersebut merupakan kategori beton ringan, karena sesuai dengan SK SNI bahwa beton normal memiliki berat jenis 2400 kg/m³.

Hasil Pengujian dan Pembahasan Kuat Lentur

Pada tahapan ini dilakukan pengujian kuat lentur terhadap masing – masing benda uji, hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.

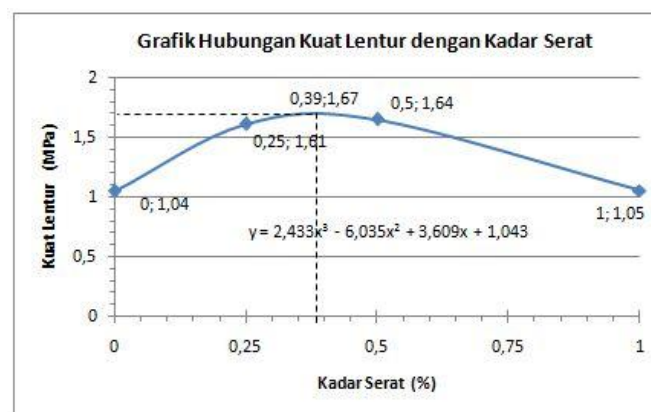
Tabel 3. Tabel Hasil Pengujian Kuat Lentur

No.	Kode	Berat Jenis (N/mm ³)	Gaya (N)	Gaya Rerata (N)	Mx (Nmm)	σ Lentur (MPa)
1	KL-S 0 %	2,00x10-5	2250	2250	173806,36	1,04
2			2250			
3			2250			

Tabel 3. Tabel Hasil Pengujian Kuat Lentur

1	KL-S 0,25%	2,01x10-5	3500	3383	258835,51	1,55
2			3250			
3			3400			
1	KL-S 0,5%	2,02x10-5	3750	3583	273866,19	1,64
2			3500			
3			3500			
1	KL-S 1%	2,02x10-5	2250	2267	175123,86	1,05
2			2250			
3			2300			

Pada Gambar 2 dapat diketahui perubahan penambahan serat sebesar 0,25% terjadi peningkatan kuat lentur sebesar 1,61MPa untuk serat 0,5% meningkat lagi hingga 1,64MPa sedangkan pada serat 1% terjadi penurunan 1,05MPa, sedangkan pada titik puncak sebesar 1,67 MPa pada kadar serat 0,39%.



Gambar 2. Grafik Hubungan Kuat Lentur dengan Kadar Serat

Terjadinya peningkatan kuat lentur yang signifikan pada variasi penambahan serat disebabkan oleh kemampuan serat untuk menahan tegangan tarik yang akan disebarkan secara merata ke seluruh elemen balok.

Hasil Pengujian Toughness

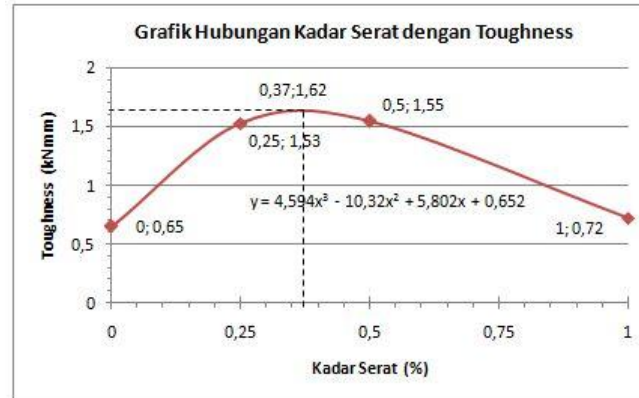
Nilai *Toughness* rerata tiap sampel didapat dari perhitungan luas dibawah diagram beban lendutan uji lentur hasil selengkapnya tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Toughness*

Sampel	Persamaan	Defleksi Max (mm)	<i>Toughness</i> (kNmm)	<i>Toughness</i> Rerata (kNmm)
KL-S 0%	$y = -6342,6x^2 + 7694,1x + 49,73$	0,46	0,63	0,65
KL-S 0%	$y = -5616,4x^2 + 7261x + 41,74$	0,48	0,65	
KL-S 0%	$y = -5832,9x^2 + 7373,5x - 0,14$	0,50	0,68	
KL-S 0,25%	$y = -7666,8x^2 + 10111x + 125,01$	0,68	1,62	1,53
KL-S 0,25%	$y = -4945,8x^2 + 8335,1x + 0,26$	0,65	1,31	
KL-S 0,25%	$y = -10334x^2 + 11855x + 7,25$	0,68	1,66	
KL-S 0,5%	$y = -6712,4x^2 + 10125x - 43,87$	0,72	1,76	1,55
KL-S 0,5%	$y = -2233,6x^2 + 6457,3x + 54,57$	0,70	1,36	
KL-S 0,5%	$y = -3789,6x^2 + 7561,4x + 142,9$	0,70	1,52	

KL-S 1%	$y = -6236,8x^2 + 7403,6x + 63,24$	0,50	0,70	0,72
KL-S 1%	$y = -8873,9x^2 + 8690,3x + 112,53$	0,46	0,69	
KL-S 1%	$y = -14223x^2 + 11307x + 74,95$	0,47	0,79	

Pada Gambar 3 dapat diketahui peningkatan nilai *toughness* pada kadar 0,25% sebesar 1,53 kNmm dan kadar serat 0,5% sebesar 1,55 kNmm sedangkan untuk kadar serat 1% mengalami penurunan *toughness* 0,72 kNmm atau hanya naik 10,88 % , sedangkan pada titik puncak sebesar 1,62 kNmm pada kadar serat 0,37%.



Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Serat dengan *Toughness*

Terjadinya peningkatan nilai *toughness* yang signifikan pada variasi penambahan serat disebabkan penyerapan energi secara merata oleh serat tersebut ke seluruh elemen balok dimana serat-serat yang melintang dapat menghambat retakan yang terjadi akibat pembebanan, hal ini dapat dilihat secara visual pada retakan setelah balok di uji.

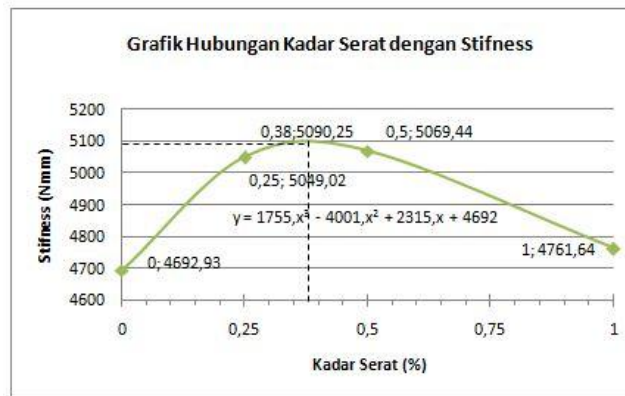
Hasil Pengujian *Stiffness*

Data pengujian *stiffness* didapat dari hitungan beban dengan lendutan, hasil tiap sampel selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Stiffness*

Sampel	P (N)	Lendutan (mm)	<i>Stiffness</i> (N/mm)	<i>Stiffness</i> Rerata (N/mm)
KL-S 0%	2250	0,46	4891,30	4692,93
KL-S 0%	2250	0,48	4687,50	
KL-S 0%	2250	0,50	4500,00	
KL-S 0,25%	3500	0,68	5147,06	5049,02
KL-S 0,25%	3250	0,65	5000,00	
KL-S 0,25%	3400	0,68	5000,00	
KL-S 0,5%	3750	0,72	5208,33	5069,44
KL-S 0,5%	3500	0,70	5000,00	
KL-S 0,5%	3500	0,70	5000,00	
KL-S 1%	2250	0,50	4500,00	4761,64
KL-S 1%	2250	0,46	4891,30	
KL-S 1%	2300	0,47	4893,62	

Pada Gambar 4 dapat diketahui kadar serat 0,25% perubahan mencapai 5049,02N/mm untuk 0,5% perubahan meningkat menjadi 5069,44N/mm dan 1% mengalami penurunan 4761,64N/mm, sedangkan pada titik puncak sebesar 5090,25N/mm pada kadar serat 0,38%.



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Serat dengan *Stiffness*

Hal ini dikarenakan serat seng pada beton berperan sebagai pengganti tulangan, serta seng juga mampu terikat kuat dengan adukan beton yang menyebabkan terbentuklah suatu massa yang kompak dan padat sehingga dapat meningkatkan nilai *stiffness*.

SIMPULAN

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

- Dari hasil penelitian didapat kuat lentur dengan persentase penambahan serat seng sebesar 0%; 0,25%; 0,5%; 1% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 1,04 MPa ;1,61 MPa; 1,64 MPa ; 1,05 MPa. Kuat lentur maksimum adalah pada beton dengan kadar penambahan serat sebesar 0,36%. Penambahan kadar serat sebesar 0,36% menghasilkan kuat lentur sebesar 1,7MPa , dimana terjadi kenaikan dibandingkan dengan beton ringan biasa.
- Dari hasil penelitian didapat nilai *toughness* dengan persentase penambahan serat seng sebesar 0%; 0,25%; 0,5%; 1% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 0,65kNmm; 1,53kNmm; 1,55 kNmm; 0,72kNmm. nilai *toughness* maksimum adalah pada beton dengan kadar penambahan serat sebesar 0,35%. Penambahan kadar serat sebesar 0,35% menghasilkan nilai *toughness* sebesar 1,63 kNmm, dimana terjadi kenaikan dibandingkan dengan beton ringan biasa.
- Dari hasil penelitian didapat nilai *stiffness* dengan angka presentase penambahan kadar serat rata-rata secara berurutan 0%; 0,25%; 0,5%; 1% adalah 4692,93 N/mm; 5049,02N/mm; 5069,44N/mm;4761,64N/mm. Nilai *stiffness* rata-rata maksimum didapat pada kadar serat seng 0,37% dengan nilai sebesar 5098,63N/mm. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan terhadap beton ringan foam tanpa serat.

UCAPAN TERIMAKASIH

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 ucapan terima kasih padaBPOPTN 2013 yang telah memberi dana hibah dalam penelitian ini.

REFERENSI

- ACI Committee 544.4R-88 1999.*Design Considerations for Steel Fiber Reinforced Concrete*. Michigan: ACI International Michigan.
- Aroma I.A..M 2013.*Pengaruh Penambahan Serat Seng Pada Beton Ringan Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Modulus Elastisitas*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta.
- Hartono, W, 2001. *Merancang Campuran Beton Ringan Struktural Dengan agregat Kasar Alwa Menurut Metode Drex-Corrise*.Gema Teknik. Volume 1/ Tahun IV Januari 2001. Gema Teknik Majalah Ilmiah Teknik. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Husin, A dan Setiadji, R. 2008.*Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton*.Pusat Litbang Permutkiman. Bandung.
- Mediyanto, A., et al. 2004. *Kajian sifat mekanik dan kapasitas elemen structural beton ringan berserat aluminium*. Penelitian Hibah Pekerti, UNS. Surakarta.
- Ridho, B dan Biyanto T. 2009.*Evaluasi Density Lightweight Foam Concrete Menggunakan Metoda Statistical Process Control (SPC)*.Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Surabaya. Surabaya.
- Subari dan Rachman, A. 2008.*Pembuatan Bata Beton Ringan Untuk Diterapkan Di IKM Bahan Bangunan*.Jurnal Bahan Galian Industri. Bandung.

SK SNI T-15-1991-03. “ Persyaratan Penggunaan Agregat Untuk Konstruksi “.

SNI 03-2823-1992. “ Metode Pengujian Kuat Lentur Beton “.

Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafitri. Yogyakarta.

Wibowo. 2006. *Kapasitas Lentur, Toughness, dan Stiffness Balok Beton Berserat Polyethylene*. Penelitian Dosen: Universitas Sebelas Maret Surakarta.