

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BAJA PADA *SELF COMPACTING CONCRETE* MUTU TINGGI

Gabriella Agnes Luvena^{S1}, M. Fauzie Siswanto², dan Ashar Saputra³,

^{1,2,3}Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta

Email: agnesluvena17@gmail.com, fauzie.siswanto@ugm.ac.id, saputra@ugm.ac.id

Abstract: Problems in the structure of the tunnel and bridge span length is the difficulty of casting and properties of concrete which cause the brittle cracked. Thus, it's necessary research on the addition of fiber on concrete to get concrete with better durability and workability. This research aims to know the influence of the addition of steel fibers on the physical and mechanical properties of self-compacting concrete with high strength target $f_c' = 70$ MPa. Steel fibers used Dramix 3D with diameter 0.75 mm, aspect ratio (l/d) 80 and volume fraction 0%, 0.5%, 0.75%, and 1%. The physical properties tested were slump flow, V-funnel, and L-box. The mechanical properties tested were compressive strength refers to SNI 03-1974-1990 and impact resistance refers to ACI committee 544. The results indicate the increase of steel fiber content will decrease the workability of fresh concrete of high strength SCC. The physical properties of fresh concrete with 0.5% and 0.75% fibers are eligible in The European Guidelines for Self Compacting Concrete (TEGFSCC-2005) but SCC with 1% fiber is not eligible. The results of the compression strength test on SCC with fiber content 0%, 0.5%, 0.75% and 1% age 28 day were 85,44 MPa, 79,94 MPa, 90,38 MPa, 91,729 MPa And 9, 23.67, 25, and 27 blows until the concrete collapsed. Based on the results of this study, it is recommended the use of 0.75% fiber of concrete volume as it can improve the mechanical properties of concrete and meet for all requirements of self-compacting concrete.

Keywords: *Self compacting concrete, steel fiber, high strength concrete*

Abstrak: Permasalahan pada struktur terowongan dan jembatan bentang panjang adalah kesulitan pengecoran dan sifat getas beton yang menyebabkan retak-retak. Maka, diperlukan penelitian tentang penambahan serat pada beton untuk mendapatkan beton dengan durabilitas dan *workability* lebih baik. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan serat baja pada sifat fisik dan mekanik *self-compacting concrete* mutu tinggi dengan target $f_c' = 70$ MPa. Serat baja yang digunakan bermerek Dramix 3D dengan diameter 0,75 mm, rasio panjang-diameter (l/d) 80 dan variasi volume fraksi 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1%. Sifat fisik beton segar yang diuji adalah *slump flow*, *V-funnel*, dan *L-box*. Sifat mekanik yang diuji adalah kuat tekan beton dan ketahanan kejut beton pada saat umur 7, 14 dan 28 hari. Pengujian kuat tekan mengacu kepada standar SNI 03-1974-1990. Pengujian ketahanan kejut beton menggunakan standar ACI *committee* 544. Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan kadar serat baja akan menurunkan *workability* beton segar SCC mutu tinggi. Sifat fisik beton segar dengan serat 0,5% dan 0,75% memenuhi syarat dalam *The European Guidelines For Self Compacting Concrete* (TEGFSCC-2005) tetapi SCC dengan serat 1% tidak memenuhi syarat. Hasil rerata pengujian kuat tekan dan ketahanan kejut pada SCC dengan kadar serat 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% umur 28 hari adalah 85,44 MPa, 79,94 MPa, 90,38 MPa, 91,729 MPa dan 9, 23,67, 25, serta 27 pukulan hingga beton runtuh total. Berdasarkan hasil penelitian ini, direkomendasikan penggunaan serat 0,75% dari volume beton karena dapat meningkatkan sifat mekanik beton dan memenuhi untuk semua persyaratan *self-compacting concrete*.

Kata kunci: : *Self compacting concrete*, serat baja, beton mutu tinggi

PENDAHULUAN

Latar belakang

Kebutuhan infrastruktur bangunan tinggi karena lahan yang terbatas, jembatan bentang panjang,

terowongan air, jalan, dan terowongan untuk MRT, serta bendungan ataupun tanggul untuk menahan banjir semakin meningkat. Bangunan-bangunan seperti ini memerlukan kualitas bahan bangunan yang lebih baik sehingga aman, nyaman, dan awet. Salah satu inovasi yang

dapat digunakan adalah beton mutu yang tinggi. Menurut SNI-PD-T-04-2004-C beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan yang disyaratkan $f'c$ 40 MPa – 80 MPa. Beton mutu tinggi memiliki durabilitas dan kepadatan yang lebih tinggi daripada beton normal. Kekuatan beton dipengaruhi oleh nilai faktor air semennya (fas). Nilai fas yang rendah akan memiliki kuat tekan yang tinggi namun akan menurunkan *workability* beton tersebut.

Penggunaan beton mutu tinggi yang memiliki fas rendah ini akan menimbulkan kesulitan pada saat pemadatan terutama struktur-struktur yang memiliki dimensi kecil dan penulangan yang rumit. *Self-compacting concrete* (SCC) dapat menjadi solusi untuk permasalahan ini. SCC merupakan beton yang dapat memadat dengan sendirinya tanpa perlu bantuan alat vibrator. SCC akan mengisi dan memadati seluruh bagian di dalam cetakan meskipun bentuknya rumit ataupun dimensi yang kecil tanpa perlu alat pematat.

Permasalahan terkait keawetan adalah sifat getas dan mudah retak pada beton. Retak beton dapat terjadi pada masa awal pengerasan ataupun retak yang timbul karena beban yang bekerja. Sifat getas beton dapat dikurangi dengan menambahkan serat pada campuran beton segar dengan bahan-bahan yang bersifat lebih daktil dan mempunyai kuat tarik yang tinggi.

Terowongan-terowongan di Eropa sudah ada yang menggunakan beton serat sebagai solusi untuk mengurangi retak-retak yang terjadi terutama pada bagian ujung maupun pinggir dari komponen beton. Penelitian mengenai beton serat di Indonesia juga sudah mulai dikembangkan. Jenis serat yang dapat digunakan dalam beton serat antara lain berupa serat alam seperti ijuk atau serabut kelapa dan serat buatan seperti *polypropylene*, *polyethylene*, atau baja. Menurut Tjokrodimulyo (2007), penambahan serat ke dalam beton dimaksudkan untuk menambah kuat tarik, daktilitas, dan ketahanan terhadap retak.

Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan serat baja pada *self-compacting concrete* mutu tinggi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi maupun alternatif untuk menjawab kebutuhan dan permasalahan dalam bidang konstruksi terutama di Indonesia.

Tujuan penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut ini.

1. Mengetahui pengaruh serat baja pada beton memadat sendiri mutu tinggi pada aspek kemudahan pengerjaannya (*flowability/workability*).
2. Mengetahui pengaruh serat baja pada sifat fisik dan sifat mekanik dari *self compacting concrete* mutu tinggi.

TINJAUAN PUSTAKA

Rao (2010) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan serat baja dengan penambahan abu terbang kelas F. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggantian semen dengan *fly ash* pada sifat beton segar dan beton keras dengan menggunakan serat baja. Penelitian ini menggunakan abu terbang sebesar 35% untuk semua variasi. Aspek rasio yang digunakan sebesar 15, 25 dan 35 dan volume fraksi dari serat baja sebesar 0,5%, 1%, dan 1,5%. Hasil pengujian pada beton segar menunjukkan ada yang lebih rendah dari syarat SCC pada EF-NARC, tetapi semua campuran beton memiliki penyebaran (*flowability*) yang baik dan karakteristik sebagai SCC. Kekuatan dan daktilitas dari beton SCC dengan serat meningkat pada volume fraksi 1% untuk aspek rasio 15, 25, dan 35. Volume fraksi (V) dan aspek rasio (A) optimal pada 1% dan 25. Hasil pengujian menunjukkan pengaruh abu terbang tidak terlalu terlihat pada umur beton awal tetapi pada umur beton setelah 56 hari, pengaruh abu terbang terlihat terutama pada kekuatan beton.

Vasusmitha dan Rao (2013) meneliti mengenai kekuatan dan durabilitas *self compacting concrete* mutu tinggi untuk meningkatkan kualitas dari SCC. *Mx design* pada penelitian ini berdasarkan dari uji *trial mix*. Nilai *water/binder ratio* (w/b) yang digunakan sebesar 0,251. Pengujian beton segar yang digunakan adalah *slump flow*, T_{50cm} *slump flow*, *V-funnel*, *V-funnel* T_{5min} , dan *L-box*. Hasil pengujian beton segar memenuhi syarat SCC menurut EF-NARC. Pengujian beton segar pada penelitian ini adalah kuat tekan beton, kuat tarik belah, kuat lentur, permeabilitas dan durabilitas dari SCC mutu tinggi pada umur 28, 56, 90, dan 180 hari. Hasil kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur SCC mengalami peningkatan dengan meningkatnya umur beton. Hasil permeabilitas

chloride pada SCC mutu tinggi menunjukkan angka yang sangat rendah.

Reddy dan Pawade (2012) meneliti pengaruh kombinasi *silica fume* dan serat baja pada sifat mekanik pada standar kelas beton dan keterkaitannya. Kelas beton yang direncanakan adalah M35 dengan fas 0,41. Variasi *silica fume* digunakan 0%, 4%, 8%, dan 12% dengan kadar serat baja 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% dari volume beton. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan beton meningkat dengan meningkatnya substitusi *silica fume* penambahan serat baja. Kuat lentur beton mengalami peningkatan yang signifikan pada substitusi *silica fume* 8% baik dengan serat maupun tanpa serat.

Sharma, dkk (2016) meneliti tentang perilaku batang tekan *self compacting concrete* dengan serat baja dan tanpa serat baja. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan beton dengan durabilitas tinggi dengan tenaga kerja yang sedikit. Penelitian ini menggunakan bahan tambah *superplasticizer* Glenium B233 dan *filler ultrafine calcium carbonate* dengan serat baja merek *Dramix*. Variasi serat baja yang digunakan sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dari berat semen. Hasil pengujian kuat tekan beton meningkat dengan kenaikan kadar serat sampai kadar serat 1%, kemudian menurun. Peningkatan maksimum kuat tekan beton sebesar 66% pada 28 hari dan 50% pada umur 60 hari. Penambahan serat baja menambah rasio serapan energi sebesar 1,5-2,6 kali dan meningkatkan rasio daktilitas beton.

Murali, dkk. (2014) meneliti tentang ketahanan kejut dan kekuatan keandalan dari beton serat menggunakan dua parameter distribusi Weibull. Pengujian ketahanan kejut menggunakan prosedur sesuai dengan *ACI committee 544*. Serat baja yang digunakan berdiameter 1 mm dan panjang 50 mm dengan variasi 0,5%, 1%, dan 1,5%. Fas yang digunakan sebesar 0,42. Variasi hasil uji dianalisa dengan menggunakan dua parameter distribusi Weibull. Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan serat dalam beton meningkatkan ketahanan terhadap kejut, mengubah pola kegagalan dari yang bersifat getas menjadi daktil.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan serat baja merek *Dramix* dengan diameter 0,75 mm, aspek rasio panjang terhadap diameter (*l/d*) 80, dan volume fraksi 0%, 0,5%, 0,75%, serta 1%. Spesifikasi

serat *Dramix* antara lain *tensile strength*: $R_{m,nom}$: 1,225 N/mm², *tolerances*: $\pm 7,5\%$ Avg, *Young's Modulus*: ± 210.000 N/mm². Sifat mekanik yang ditinjau adalah kuat tekan beton, dan ketahanan terhadap kejut SCC mutu tinggi pada saat umur 7, 14, dan 28 hari, sedangkan pengujian kuat tarik belah beton pada umur 7 dan 28 hari. Jumlah benda uji pada penelitian ini sebanyak 36 buah silinder dan 36 buah kubus.

Pengujian kuat tekan beton menggunakan standar SNI 03-1974-1990, alat yang digunakan adalah *compressive testing machine* merk ELE dengan kapasitas 20000 KN. Pengujian ketahanan kejut menggunakan standar *ACI Committee 544*, alat yang digunakan adalah *drop weight test machine* dengan berat beban 14,2 kg dan tinggi jatuh 0,345 m.

Perencanaan campuran dalam penelitian ini menggunakan proses trial mix karena untuk SCC mutu tinggi masih belum ada prosedur khusus atau peraturannya. Penelitian ini menetapkan nilai fas 0,25 untuk rencana kuat tekan 70 MPa. *Silica fume* sebagai *filler* digunakan sebesar 10% dari berat semen yang mengacu pada hasil penelitian Pujiyanto (2010). *Superplasticizer* sebagai bahan adiktif untuk menjaga *workability* SCC digunakan produk dari SIKA yaitu *Viscocrete-1003*. Kadar *Viscocrete-1003* yang digunakan dalam penelitian ini ditetapkan sebesar 1% melalui hasil uji coba. Perbandingan agregat kasar dan halus digunakan 48% dan 52% yang didapatkan dari hasil uji gradasi dan analisis modulus halus butir (MHB) campuran. Kadar serat yang digunakan 0%, 0,5%, 0,75%, 1% mengacu pada penelitian Rao (2010) dan Pawade (2012). Kadar rongga digunakan asumsi sebesar 1,1% Kebutuhan material SCC didapatkan dengan perhitungan volume absolut seperti pada persamaan (1).

$$\frac{C}{\gamma_c} + \frac{S}{\gamma_s} + \frac{CA}{\gamma_{cA}} + \frac{W}{\gamma_W} + \frac{Ad1}{\gamma_{ad1}} + \frac{Ad2}{\gamma_{ad2}} + \frac{V}{100} = 1 \text{ m}^3 \quad (1)$$

dengan:

C	= berat semen (kg)
S	= berat pasir (kg)
CA	= berat split (kg)
W	= air (kg)
Ad1	= <i>silica fume</i> (kg)

Ad2 = *viscocrete*-1003 (kg)
 V = kadar *void* (%)
 Yc = berat jenis semen
 Ys = berat jenis pasir
 Y_{CA} = berat jenis split
 Y_w = berat jenis air

Yad1 = berat jenis *silica fume*
 Yad2 = berat jenis *viscocrete*-1003
 Kebutuhan bahan dari hasil perhitungan dan perencanaan *mx design* untuk 1 m3 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Kebutuhan bahan untuk 1 m3 SCC mutu tinggi dengan kadar serat 0%, 0,5%, 0,75% dan 1%

Volume fraksi serat	Semen (kg)	Pasir (kg)	Split (kg)	Air (kg)	<i>Sikafume</i> (kg)	<i>Viscocrete</i> -1003 (kg)	Serat <i>Dramix</i> (kg)
0,00%	983,45	472	511,3	245,8	98,35	9,83	0
0,50%	983,45	472	511,3	245,8	98,35	9,83	39
0,75%	983,45	472	511,3	245,8	98,35	9,83	58,5
1,00%	983,45	472	511,3	245,8	98,35	9,83	78

Tabel 2 Jumlah benda uji silinder dan kubus SCC

Umur (hari)	Volume Fraksi	Kuat Tekan	Ketahanan <i>Impact</i>
7	0,00%	3	3
7	0,50%	3	3
7	0,75%	3	3
7	1,00%	3	3
14	0,00%	3	3
14	0,50%	3	3
14	0,75%	3	3
14	1,00%	3	3
28	0,00%	3	3
28	0,50%	3	3
28	0,75%	3	3
28	1,00%	3	3
Total		36	36

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian beton segar

Hasil pengujian beton segar yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain *Slump-flow test*, *V-funnel test*, dan *L-Box test*. Hasil pengujian beton segar dapat dilihat pada Tabel 3 dan pada Gambar 1-Gambar 3. Standar yang digunakan untuk pengujian beton segar adalah EFNARC 2002 dan TEGFSCC-2005.

a. Uji Sebar (*Slump-Flow*)

Pengaruh penambahan serat pada diameter *slump-flow* dapat dilihat pada Gambar 1. Diam-

eter penyebaran beton segar SCC ini pada kadar 0% serat baja sedikit melebihi dari syarat yang disebutkan pada TEGFSCC-2005, sedangkan pada SCC dengan penambahan serat 0,5% - 1% memenuhi syarat SCC pada kelas SF1 (untuk pengecoran pondasi tiang dan beberapa pondasi dalam) dan SF2 (untuk pengecoran dinding, balok, lantai, dan kolom). Hasil pengukuran diameter *slump-flow* ini cenderung mengalami penurunan dengan bertambahnya kadar serat dalam adukan beton. Hal ini disebabkan serat baja saling berkait dan mengurangi kelecakan dari beton segar.

b. Uji *V-Funnel*

Pengujian *V-funnel* bertujuan mengetahui kemampuan beton segar untuk mengisi ruang dengan cara menguji waktu yang dibutuhkan beton segar untuk mengalir melalui corong V. Hasil pengujian *V-funnel* dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil pengujian *V-funnel* menunjukkan bahwa benda uji termasuk dalam kelas VS1/VF1 pada SCC tanpa serat, sedangkan untuk SCC dengan serat termasuk dalam kelas VS2/VF2. Pengaruh penambahan serat pada SCC memperlambat kemampuan beton segar untuk mengisi ruang. Kadar serat 1% pada SCC tidak dapat memenuhi syarat *V-funnel* karena terjadi *blocking* oleh serat baja sehingga beton segar tidak dapat melewati corong *V-funnel*.

c. Uji *L-Box*

Pengujian *L-box* bertujuan untuk mengetahui *passing ability* dari SCC. Hasil pengujian *L-box* dapat dilihat pada Gambar 3. Menurut EFNARC (2002), nilai h2/h1 pada pengujian L-

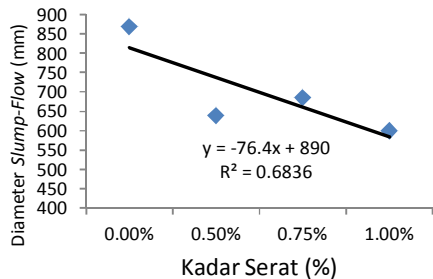
box antara 0,8-1. Pada penelitian ini, SCC dengan kadar serat 0% sampai 0,75% masih memenuhi syarat *passing ability*, sedangkan pada SCC dengan penambahan 1% serat sudah tidak memenuhi syarat. Peningkatan jumlah serat dalam SCC cenderung mengurangi kemampuan *passing ability* SCC.

Tabel 3 Pengaruh kadar serat baja terhadap sifat beton segar

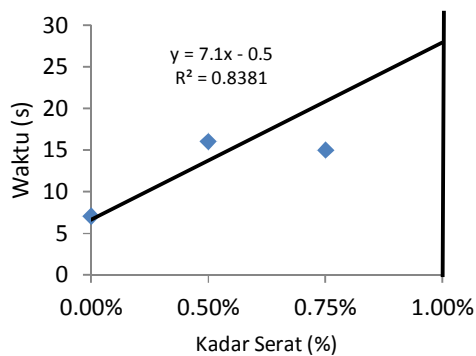
Kode Beton	Kadar serat	Slump Flow (mm)	V-Funnel (s)	L-Box
SCC	0%	870	7	0,87
BF 0.5%	0,50%	640	16	0,88
BF 0.75 %	0,75%	686	15	0,81
BF 1%	1,00%	600	-	0,70

Keterangan:

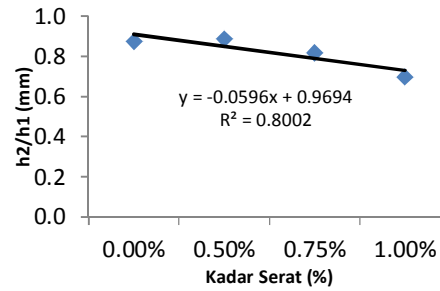
- SCC = SCC tanpa penambahan serat
- BF 0.5% = SCC dengan serat sebesar 0,5%
- BF 0.75%F = SCC dengan serat sebesar 0,75%
- BF 1%F = SCC dengan serat sebesar 1%



Gambar 1 Hasil pengujian *Slump-Flow* berdasarkan kadar serat



Gambar 2 Hasil pengujian *V-Funnel* berdasarkan kadar serat



Gambar 3 Grafik hasil pengujian *L-Box* berdasarkan kadar serat

Pengujian ketahanan kejut (*impact*) beton

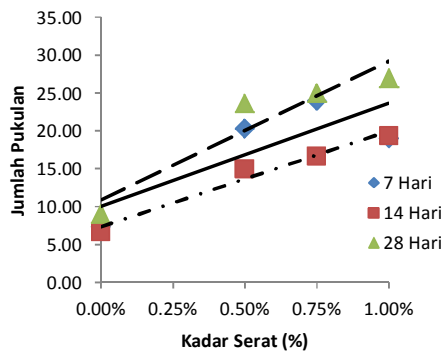
Benda uji untuk pengujian ini adalah kubus beton dengan ukuran 75x75x75 mm. Dari pengujian ini diperoleh data jumlah pukulan yang diperlukan hingga beton runtuh total. Analisis energi serapan dihitung berdasarkan jumlah pukulan yang diperlukan untuk membuat benda uji runtuh total. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4, Gambar 4, dan Gambar 5.

Tabel 4 Hasil uji ketahanan terhadap kejut beton

Umur Beton	Jumlah Pukulan Beban Kejut (<i>Impact</i>) Rerata			
	SCC	BF 0,5%	BF 0,75%	BF 1%
Kadar serat	0%	0,50%	0,75%	1,00%
7	7,33	20,33	24,00	19,00
14	6,67	15,00	16,67	19,33
28	9,00	23,67	25,00	27,00

Keterangan:

- ISCC = SCC tanpa penambahan serat untuk pengujian *impact*
- IF 0,5% = SCC dengan penambahan serat sebesar 0,5% untuk pengujian *impact*
- IF 0,75%F = SCC dengan penambahan serat sebesar 0,75% untuk pengujian *impact*
- IF 1%F = SCC dengan penambahan serat sebesar 1% untuk pengujian *impact*



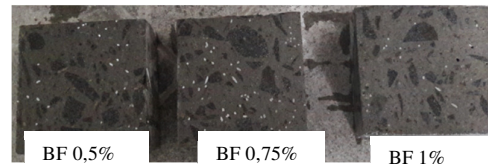
Gambar 4 Grafik hubungan ketahanan kejut (*impact*) beton dengan kadar serat

Beton dengan kuat tekan yang tinggi akan memiliki ketahanan terhadap kejut yang lebih tinggi (Neville, 1987). Penggunaan serat dalam beton meningkatkan kekerasan dan daktilitas dari beton yang terlihat dari hasil uji ketahanan kejut. Beton dengan serat memiliki ketahanan terhadap kejut lebih tinggi daripada beton tanpa serat. Energi serapan dihitung berdasarkan jumlah pukulan yang diperlukan untuk membuat benda uji runtuh total. Serat baja akan mulai berkontribusi setelah terjadi retak pertama dengan mencegah penyebaran retak dan memberikan kekuatan tambahan untuk menahan beban. Pada saat beton sudah retak, serat yang memiliki kekuatan tarik akan menegang (*fiber bridging*), kemudian serat ini akan menyerap energi yang disebabkan oleh beban sehingga memiliki ketahanan kejut yang lebih baik daripada beton tanpa serat. Serat baja memiliki daktilitas yang tinggi sehingga dapat meningkatkan daktilitas dari beton serat.

Ketahanan kejut beton cenderung mengalami peningkatan dengan meningkatnya umur beton karena proses hidrasi pada beton. Nilai ketahanan terhadap kejut pada umur 14 hari mengalami penurunan yang disebabkan distribusi serat tidak merata untuk benda uji pada umur 7, 14, dan 28 hari. Jumlah serat baja yang lebih sedikit di dalam beton mengurangi pengaruhnya pada beton serat. Gambar 6 menunjukkan benda uji setelah pengujian kejut (a) dan menunjukkan bahwa persebaran serat pada benda uji kubus tidak merata (b).



(a)



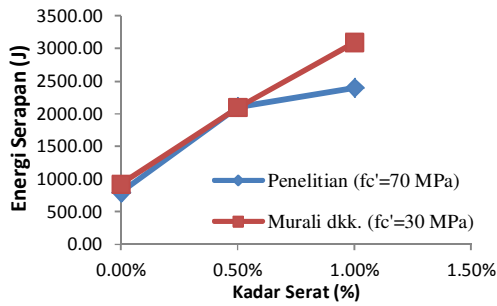
(b)

Gambar 5 (a) Benda uji pengujian ketahanan kejut beton (b) distribusi serat dalam benda uji pengujian ketahanan kejut beton

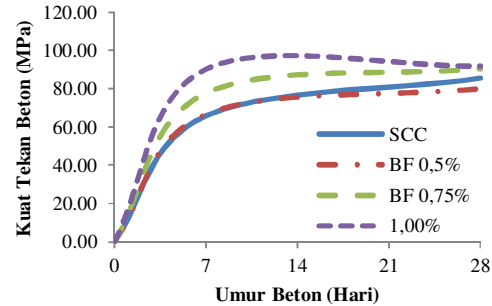
Gambar 6 menunjukkan perbandingan hasil penelitian dengan penelitian penelitian Murali, dkk. (2014) yang menggunakan serat *hooked-end* dengan panjang 50 mm dan aspek rasio 50. Hasil ketahanan kejut penelitian ini dan penelitian Murali, dkk. (2014) memiliki kecenderungan yang sama yaitu meningkat hingga penambahan serat 1%. Peningkatan ketahanan kejut pada penelitian ini mencapai 200% sedangkan pada penelitian Murali dkk. mencapai 238%. Distribusi dan orientasi serat dalam tiap benda uji akan sangat berpengaruh pada ketahanan beton terhadap kejut. Hal ini yang mempengaruhi peningkatan pada penelitian Murali lebih tinggi daripada hasil penelitian ini meskipun kuat tekannya lebih rendah.

Penelitian Haryanto (2006) tentang ketahanan kejut pada beton ringan dengan serat menunjukkan kenaikan energi serapan hingga kadar serat 0,75% dan menurun pada kadar serat 1%, sedangkan pada penelitian ini masih meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa beton dengan mutu yang tinggi memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap kejut dengan penambahan serat hingga 1%.

Penggunaan serat dalam beton akan meningkatkan jumlah udara di dalam beton. Hal ini dapat menurunkan kekuatan dan ketahanan terhadap kejut dari beton.



Gambar 6 Grafik hubungan kadar serat dengan energi serapan penelitian dengan penelitian sebelumnya



Gambar 8 Grafik hubungan kuat tekan beton dengan umur beton

Pengujian kuat tekan beton

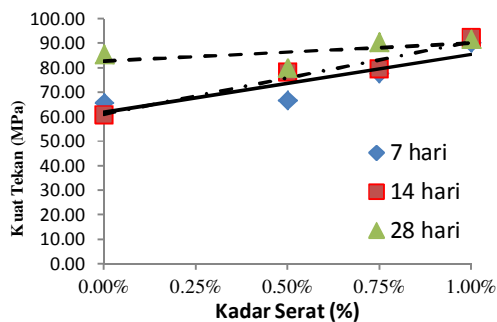
Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dilakukan saat umur beton silinder 7, 14, dan 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan Ø 100 mm dan tinggi 200 mm. Pengujian dilakukan dengan bantuan *compressive testing machine* merk *ELE*, data hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 8- Gambar 10.

Tabel 5 Hasil Kuat Tekan

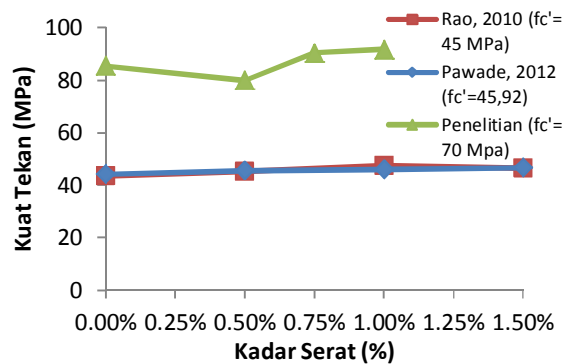
Umur Beton	Kuat Tekan Rerata (MPa)			
	SCC	BF 0,5%	BF 0,75%	BF 1%
	0%	0,50%	0,75%	1,00%
0	0,00	0,00	0,00	0,00
7	65,71	66,53	77,57	90,11
14	60,64	78,22	79,45	92,07
28	85,44	79,94	90,38	91,73

Keterangan:

- SCC = SCC tanpa serat
- BF 0.5% = SCC dengan serat sebesar 0,5%
- BF 0.75%F = SCC dengan serat sebesar 0,75%
- BF 1%F = SCC dengan serat sebesar 1%



Gambar 7 Grafik hubungan kuat tekan beton dengan kadar serat



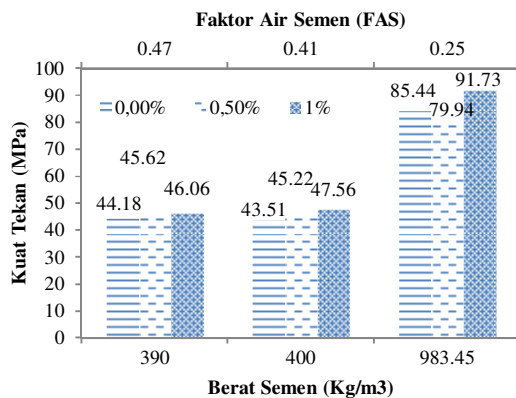
Gambar 9 Grafik perbandingan kuat tekan beton terhadap kadar serat dengan penelitian sebelumnya pada umur 28 hari

Kuat tekan SCC pada umur 28 hari memenuhi target untuk SCC mutu tinggi dengan rata-rata 86,87 MPa. Kuat tekan beton meningkat dengan meningkatnya kadar serat baja yang ditambahkan pada SCC hingga kadar serat 1% seperti pada penelitian Rao (2010) dan Pawade (2012). Penelitian Rao (2010) menggunakan *silica fume* 12% dan serat baja dengan diameter 0,5 dan panjang 30 mm. Penelitian Pawade (2012) menggunakan *fly ash* 35% dan serat dengan diameter 0,92 dan panjang 13,8 mm. Kuat tekan dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian Rao dan Pawade seperti pada Gambar 9. Pada penelitian Rao, kuat tekan beton menurun dengan penggunaan kadar serat 1,5%. Hal ini dikarenakan dengan semakin meningkatnya jumlah serat, kadar udara dalam beton meningkat sehingga menurunkan kuat tekannya dan menyebabkan terjadi penggumpalan (*balling*).

Serat tidak memberikan kontribusi apapun pada retak pertama tetapi mencegah persebaran retak (Nemati, 2015). Kenaikan nilai kuat tekan beton dengan serat disebabkan oleh tegangan

serat (*fiber bridging*) yang terjadi setelah beton mengalami retak. Peningkatan kuat tekan beton serat ini dipengaruhi oleh persebaran serat pada daerah retak.

Kuat tekan beton cenderung meningkat dengan meningkatnya umur beton. Hal ini disebabkan oleh adanya proses hidrasi yang terjadi antara air dengan semen. Senyawa C_3S dalam semen akan cepat bereaksi dengan air dan menghasilkan panas. Panas tersebut akan mempengaruhi kecepatan mengeras sebelum umur 14 hari. Senyawa C_2S dalam semen lebih lambat bereaksi dengan air dan hanya berpengaruh terhadap semen setelah umur 7 hari. C_2S memberikan ketahanan terhadap serangan kimia dan mempengaruhi susut dari pengaruh panas akibat lingkungan (Mulyono, 2004). Nilai kuat tekan BF 0,5% dan BF 1% cenderung menurun pada umur beton 28 hari. Hal ini disebabkan distribusi serat yang tidak merata sehingga benda uji dengan serat yang lebih sedikit memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah.



Gambar 10 Grafik perbandingan kuat tekan beton terhadap berat semen dan fas dengan penelitian sebelumnya pada umur 28 hari

Penelitian Rao (2010) menggunakan semen seberat 390 kg/m^3 , penelitian Pawade (2012) menggunakan semen seberat 400 kg/m^3 sedangkan dalam penelitian ini digunakan semen seberat $983,45 \text{ kg/m}^3$. Perbandingan jumlah semen, fas, dan kuat tekan antara penelitian ini dengan Rao dan Pawade dapat dilihat pada Gambar 10. Nilai kuat tekan beton cenderung meningkat dengan meningkatnya jumlah semen dan semakin rendahnya nilai fas. Fas yang rendah menyebabkan air diantara semen sedikit dan jarak antar butiran semen

menjadi pendek. Hal ini menyebabkan massa semen lebih rapat sehingga lebih padat dan memiliki kuat tekan yang lebih tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pada hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Serat baja *dramix* memberikan pengaruh pada *self compacting concrete* mutu tinggi. Penambahan serat baja *dramix* menurunkan *workability* dari *self compacting concrete* mutu tinggi. Hasil pengujian *workability* dengan *slump flow* memenuhi syarat dalam *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete* (TEGFSCC-2005) pada kelas SF1 dan SF 2.
2. Hasil pengujian dengan *V-funnel* diperoleh waktu alir beton segar meningkat dengan meningkatnya jumlah serat. Waktu alir memenuhi syarat dalam *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete* (TEGFSCC-2005) untuk SCC dengan penambahan serat 0%, 0,5%, dan 0,75%, sedangkan pada SCC dengan penambahan serat 1%, beton segar tidak dapat mengalir karena terjadi penggumpalan sehingga tidak dapat melewati corong *V-funnel*.
3. Hasil pengujian dengan *L-Box* memenuhi syarat dalam *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete* (TEGFSCC-2005) untuk SCC dengan penambahan serat 0%, 0,5%, dan 0,75%, sedangkan pada SCC dengan penambahan serat 1%, beton segar tidak dapat mengalir melewati lubang *L-Box*.
4. Penambahan serat baja *dramix* meningkatkan sifat mekanik dari beton SCC mutu tinggi. Ketahanan terhadap kejut pada SCC meningkat 200% pada SCC dengan penambahan serat 1% dengan jumlah pukulan 27 kali.

Kuat tekan SCC tanpa serat memenuhi syarat sebagai beton mutu tinggi yaitu sebesar $85,444 \text{ MPa}$. Kuat tekan SCC dengan serat mengalami peningkatan sampai 10,46% dari beton SCC tanpa serat untuk SCC dengan penambahan serat 1%

pada umur 28 hari. Kuat tekan beton meningkat dengan meningkatnya kadar serat. Nilai modulus elastisitas SCC cenderung meningkat dengan meningkatnya penambahan serat baja.

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat diberikan saran yang diharapkan dapat bermanfaat, antara lain adalah sebagai berikut ini.

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan bahan tambah yang lain seperti fly ash, jenis superplasticizer, dan jenis serat yang lain.
2. Lingkup dari penelitian yang dilakukan hanya mencakup sifat fisik dan mekanik SCC, masih perlu penelitian lebih lanjut untuk penggunaan SCC mutu tinggi dengan serat pada struktur balok atau kolom.
3. Penelitian lanjutan diperlukan untuk sifat mekanik SCC mutu tinggi dengan serat seperti serapan air dan durabilitas.
4. Perlu diperhatikan saat mencetak beton segar sehingga mendapatkan benda uji beton yang seragam.

DAFTAR PUSTAKA

EFNARC. 2002. *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete*.
 Haryanto, Y. 2006. Kajian Ketahanan Kejut Beton Ringan Serat Alumunium Dengan Agregat Alwa. *Dinarek, II*.
 Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Murali, G., Santhi, A. S., & Ganesh, G. M. 2014. Impact Resistance And Strength Reliability Of Fiber Reinforced Concrete Using Two Parameter Weibull Distribution. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences, IX*.
 Nemati, K. M. 2015. *Fiber Reinforced Concrete (FRC)*. Washington D.C: University of Washington.
 Neville, A. M. 1987. *Properties Of Concrete*. England: Pearson Education Limited.
 Pujianto, A. 2010. Beton Mutu Tinggi dengan Admixture Superplasticizer dan Aditif Silicafume. *XIV*.
 Rao, B. K., & Ravindra, P. V. 2010. Steel Fiber Reinforced Self Compacting Concrete Incorporating Class F Fly Ash. *International Journal of Engineering Science and Technology*.
 SCC028. 2005. *The European Guidelines For Self-Compacting Concrete*. UK: Specification, Production and Use.
 Sharma, S., Sharma, V. K., & Meena, M. 2016. Comparison of Behaviour of SCC Compression Members With and Without Steel Fibre. *SSRG International Journal of Civil Engineering (SSRG-IJCE), III(5)*.
 Vasusmitha, R., & Rao, P. S. 2013. Strength And Durability Study Of High Strength Self Compacting Concrete. *International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering (IJMMME), I(1)*.
 Y.Pawade, P., & Reddy, D. V. 2012. Combine Of Silica Fume and Steel Fibre On Mechanical Properties On Standard Grade Of Concrete and Their Interrelations. *International Journal of Advanced Engineering Technology, III(1)*.