

PENELITIAN AWAL TENTANG PENGGUNAAN *CONSOL FIBER STEEL* SEBAGAI CAMPURAN PADA BALOK BETON BERTULANG

Denny¹, Jonathan² dan Handoko³

ABSTRAK : Dalam dunia konstruksi, balok beton bertulang adalah barang yang sering kita jumpai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *consol fiber steel* pada campuran beton yang digunakan pada balok beton bertulang. Serat baja ini mempunyai beberapa tipe, namun untuk penelitian ini kita menggunakan serat baja dengan tipe *hooked*. Dalam penelitian ini dilakukan 2 jenis percobaan, yaitu pengujian kuat tekan dan momen nominal beton yang menggunakan campuran serat *consol fiber steel* ini. Kuat tekan dan momen nominal beton dilakukan pengujian pada 7, 14, dan 28 hari. Dari hasil kuat tekan dan momen nominal yang didapatkan, kita membandingkannya dengan harga untuk mencari efisiensi dari penggunaan serat baja tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa untuk kuat tekan, beton dengan jumlah kadar serat 0,75% merupakan campuran yang paling efisien dengan hasil 18,90 MPa. Sedangkan untuk momen nominal, beton dengan jumlah kadar serat 0,5% merupakan campuran yang paling efisien dengan hasil 1,47 kNm. Hal ini membuktikan bahwa penambahan *consol fiber steel* pada campuran beton dapat meningkatkan kekuatan beton dilihat dari kuat tekan maupun momen nominalnya.

KATA KUNCI : beton bertulang, *consol fiber steel*, serat baja, kuat tekan, momen nominal

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Untuk meningkatkan kekuatan mutu beton dapat ditambahkan serat baja ke dalam campuran beton. Serat baja sendiri terdiri dari berbagai tipe, bentuk permukaan, panjang serat, dan persentase serat. Penggunaan serat sebagai bahan tambah dalam campuran beton adalah salah satu cara, dimana penambahan serat dalam campuran beton yang disebar secara merata dalam adukan beton dengan orientasi random dapat menjadi tulangan sehingga mengurangi keretakan yang terlalu dini di daerah tarik akibat pembebanan (Suhendro : 1991).

Dengan alasan tersebut timbul keinginan untuk melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui dosis / kadar serat yang efisien dan ekonomis dalam meningkatkan kekuatan mutu beton.

1.2. Perumusan Masalah

- Bagaimana kekuatan balok beton bertulang yang menggunakan campuran *consol fiber steel* pada mix desigannya berdasarkan kuat tekan dan momen nominalnya?
- Bagaimana perbandingan kekuatan balok beton bertulang yang menggunakan *consol fiber steel* maupun tidak berdasarkan kuat tekan dan momen nominalnya?
- Bagaimana hubungan harga beton dengan campuran *consol fiber steel* berdasarkan kuat tekan dan momen nominalnya?

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, chrone90@yahoo.com

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, xafordx@gmail.com

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, hands@peter.petra.ac.id

1.3. Tujuan Penelitian

- Mengetahui kekuatan balok beton bertulang yang menggunakan *consol fiber steel* pada campuran mix designnya berdasarkan hasil tes kuat tekan dan momen nominalnya.
- Membandingkan kekuatan balok beton bertulang baik yang menggunakan *consol fiber steel* pada campuran mix design maupun yang tidak menggunakan berdasarkan hasil tes kuat tekan dan momen nominalnya.
- Mendapatkan efisiensi pemakaian kadar *consol fiber steel* dalam beton untuk menunjang kekuatan beton itu sendiri berdasarkan kuat tekan dan momen nominalnya.

1.4. Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini, kita dapat menggunakan *consol fiber steel* dalam campuran beton untuk meningkatkan mutu beton baik dari kuat tekan maupun momen nominalnya. Selain itu, kita juga dapat mengetahui jumlah kadar dari serat baja yang efisien dan ekonomis dalam meningkatkan kuat tekan dan lenturnya.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

- Lokasi penelitian di Laboratorium beton Universitas Kristen Petra.
- *Consol fiber steel* yang digunakan adalah dari PT. Concrete Technology Indonesia.
- Tulangan baja yang digunakan didapat dari toko bangunan di Surabaya.
- Semen yang digunakan adalah Semen Gresik.
- Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan dan tarik.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Beton

Beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa yang padat (SNI-03-2847-2002). Dalam prosesnya, semen yang bercampur dengan air membentuk pasta mengikat bahan yang lainnya berupa pasir dan kerikil. Dan beton yang sudah terbentuk akan mengeras dan mencapai puncak kuat tekan setelah 28 hari. Selain itu, beton pada umumnya akan mengalami kenaikan mutu beton sesuai dengan umurnya.

2.2. Beton Serat

Ariatama (2007) mengemukakan bahwa salah satu bahan adiktif / tambahan pada beton adalah serat. Beton yang ditambahkan serat disebut beton serat (*fiber reinforced concrete*). Selanjutnya, karena ditambahkan serat menjadi suatu bahan komposit, yaitu: beton dan serat. Serat dapat berupa macam-macam, antara lain: gelas kaca, baja, ijul, atau plastik. Tjokrodimulyo (1996) mengemukakan bahwa maksud utama penambahan serat kedalam beton adalah untuk menambah kuat tarik beton, mengingat kuat tarik beton sangat rendah. Kuat tarik yang sangat rendah berakibat beton mudah retak, yang pada akhirnya mengurangi keawetan beton.

2.3. Serat Baja

Serat Baja adalah bagian baja dingin kecil yang rata atau bergelombang; bagian rata atau bergelombang potongan baja; leburan ekstrak serat atau serat baja lainnya yang kecil dan tersebar merata dalam campuran beton segar, dengan aspek rasio, yaitu: panjang serat dibagi dengan diameter serat (l/d) anatar 12,7 mm sampai 63,5 mm (ACI 544.3R-84) dengan tegangan tarik rata-rata f_u , tidak kurang dari 345 MPa (ASTM-A820) (Kadreni : 2002). Serat ini memiliki kelebihan pada kekuatan dan modulusnya yang tinggi, meskipun serat ini juga memiliki kelemahan, yaitu: sangat korosif.

2.4. *Consol Fiber Steel*

Consol Fiber Steel adalah serat yang terbuat dari baja dengan model *hooked* atau dengan kata lain pada kedua ujung dari serat baja bengkok membentuk jangkar. Secara umum, serat ini mampu meningkatkan

fleksibilitas dan daktilitas beton bertulang, tergantung dari bentuk dan jumlah serat yang dicampurkan dalam campuran beton. Serat dengan ujung yang dibengkokkan (*hooked end fiber*) dapat meningkatkan kuat tarik beton bila dibandingkan dengan serat dengan ujung yang lurus (*straight end fiber*) (Kadreni, 2002). Serat dengan ujung yang dibengkokkan juga lebih efektif dalam menahan pengaruh lentur dan tekan dalam perilaku beton.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Studi Literatur

Penelitian ini menggunakan studi literatur yang bertujuan untuk mendapatkan referensi yang tepat dan dapat digunakan sebagai bahan pendukung dalam observasi ini. Studi literatur dilakukan dengan browsing di internet, mencari artikel yang terkait, jurnal ilmiah dan buku referensi.

3.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa beberapa alat *treatment* dan beberapa alat untuk melakukan pengujian. Peralatan *treatment* terdiri atas : ayakan, *mixer*, dongkrak, piringan besi, dan bekisting.

Bekisting untuk sampel beton berbentuk balok dengan ukuran 10 x 10 x 60 cm³ dan untuk sampel kubus beton dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm³. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Universal Testing Machine*, yang digunakan untuk menguji kekuatan tekan dan lentur beton.

3.3. Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Semen : Semen yang kami gunakan pada penelitian ini adalah Semen Portland dengan merk Semen Gresik yang mudah ditemukan di toko bangunan di kota Surabaya dan berdasarkan SNI nomor 15-2049-2004.
- *Consol Fiber Steel* : *Consol Fiber Steel* yang digunakan dalam penelitian ini, diperoleh dari P.T. Concrete Technology Indonesia (CTI). Material ini berfungsi untuk membantu dalam meningkatkan kekuatan dan mutu beton. Untuk spesifikasi material ini dapat dilihat pada **Tabel 1.**

Tabel 1. Spesifikasi Teknis *Consol Fiber Steel*

Dosage	15 kg /m ³
Material Properties	Tensile Strength : 1.345 N/mm ²
	Tolerance : ± 7,5%
Geometry	Modulus Young : ± 210.000 N/mm ²
	Length (l) : 35 mm
	Diameter (d) : 0,55 mm
	Aspect Ratio (l/d) : 65

- Agregat Halus: Untuk agregat halus yang kami gunakan adalah pasir lumajang yang mudah ditemukan di toko bangunan di kota Surabaya dan sesuai dengan ketentuan SNI 03-1750-1990, yaitu: bersih dari unsur organik, keras, tidak bercampur dengan tanah liat atau lumpur.
- Agregat kasar: Agregat kasar yang digunakan adalah kerikil yang berukuran antara 10-15 mm yang dapat ditemukan di banyak toko bangunan di kota Surabaya, sesuai dengan ketentuan SNI 03-1750-1990 tentang Mutu dan Cara Uji Agregat Beton, yaitu: berbentuk tidak bulat, keras, tidak mudah retak dan pecah.
- Air : Air yang digunakan harus memenuhi syarat yaitu tidak mengandung banyak kotoran, tidak berasa, tidak berbau, dan tidak berwarna. Air yang digunakan berasal dari PDAM Laboratorium Beton Universitas Kristen Petra.

3.4. Mix Design

Pada tahap ini, digunakan *mix design* dengan metode DOE (*Department of Environment*) sesuai dengan SK.SNI. T-15-1990-03 dengan mutu K-150. *Mix design* ini diterapkan pada seluruh sampel yang akan dibuat untuk menjaga keseragaman pada keseluruhan sampel agar dapat diketahui dengan pasti seberapa besar pengaruh *Consol Fiber* terhadap momen nominal beton. Untuk *Consol Fiber* sendiri dilihat dari brosur yang ada untuk minimum dosis yang dapat digunakan adalah 15 kg/m³ atau 0,625% dari berat jenis beton. Penambahan serat baja ke dalam adukan beton dengan mutu K-175 dapat menurunkan kuat tekan beton, kecuali untuk kadar serat baja 0%-1% (Irawan : 1994). Oleh karena itu, kami menggunakan campuran serat *Consol Fiber* dengan kadar 0,5%, 0,75%, dan 1% dihitung dari berat jenis beton (2400 kg/m³). Untuk komposisi *mix design* dapat dilihat pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Mix Design untuk Beton (per 12 sampel)

Komposisi	Kadar <i>Consol Steel Fiber</i>			
	0%	0,5%	0,75%	1%
<i>Mix Design</i>				
Semen (Kg)	4,83	4,83	4,83	4,83
Pasir (Kg)	14,02	14,02	14,02	14,02
Kerikil (Kg)	21,03	21,03	21,03	21,03
<i>Consol Fiber (Kg)</i>		0,22	0,32	0,43
Air (L)	3,33	3,33	3,33	3,33

3.5. Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan dengan membuat 36 sampel beton kubus dan 36 sampel balok bertulang baik yang tanpa serat maupun menggunakan campuran serat baja masing-masing 9 sampel untuk 7, 14, dan 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah kubus beton dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm³ dan balok bertulang dengan ukuran 10 x 10 x 10 cm³. Berikut tahapan penelitian yang akan dilakukan:

- Melakukan persiapan pada bekisting termasuk diantaranya melumasi bekisting dengan oli untuk menghindari melekatnya beton pada bekisting.
- Melakukan persiapan pada material, dengan melakukan ayakan pada pasir maupun menimbang setiap material.
- Mencampur semua material yang telah disiapkan sebelumnya dengan menggunakan mesin *mixer* / molen.
- Melakukan *slump test*.
- Menuangkan dan memadatkan beton yang sudah siap ke dalam bekisting.
- Melakukan penomoran sehingga memudahkan dalam pencatatan hasil.
- Mengeluarkan beton yang sudah kering dari bekisting
- Memasukkan sampel beton ke dalam kolam curing.
- Melakukan pengetestan kuat tekan dan momen nominal pada sampel beton untuk 7, 14, dan 28 hari.

3.6. Pengujian Laboratorium

Pengujian sampel akan dilakukan di laboratorium Beton Universitas Kristen Petra. Pengujian akan meliputi kuat tekan dari kubus beton baik yang berisi campuran *consol fiber steel* maupun tidak dan pengujian kuat tarik untuk mendapatkan momen nominal pada balok beton bertulang yang berisi *consol fiber steel* maupun tidak.

4. HASIL DAN ANALISA

4.1. Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan hasil pengujian serta analisa hasil dari percobaan-percobaan yang telah dilakukan untuk menjawab permasalahan mengenai “Bagaimana kekuatan balok beton bertulang yang menggunakan *consol fiber steel* pada campuran *mix design*nya dan perbandingan dengan balok beton bertulang yang tidak menggunakan campuran tersebut berdasarkan hasil test kuat tekan dan momen nominalnya?”. Sebagai tolak ukur dalam menganalisa data, dilakukan uji kuat tekan beton (*compressive strength*) dan momen nominal pada benda uji. Pengujian kuat tekan dan momen nominal benda uji

dilakukan di Laboratorium Konstruksi Beton Universitas Kristen Petra. Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik agar pengaruh dari variabel - variabel pada penelitian yang dilakukan dapat terlihat dengan jelas dan akurat, sehingga dapat mempermudah dalam menganalisa data dan pengambilan keputusan langkah penelitian selanjutnya.

4.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan & Momen Nominal

4.2.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Tanpa Serat

Tabel 3. Hasil Kuat Tekan Beton tanpa Serat

Benda Uji	Kuat Tekan Beton (Mpa)		
	7 hari	14 hari	28 hari
1	14,08	14,68	15,82
2	14,08	15,46	16,28
3	14,74	15,2	15,13
Rata-Rata	14,3	15,11	15,74

Pada **Tabel 3.**, dapat dilihat bahwa mutu beton rata-rata pada 7 hari adalah 14,3 MPa. Sedangkan untuk 14 hari adalah 15,11 MPa, dan untuk 28 hari adalah 15,74 MPa. Dari hasil ini, dapat dibuktikan bahwa beton yang dilakukan pengecoran telah melampaui desain awal, yaitu 15 MPa.

4.2.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton *Consol Fiber Steel*

Tabel 4. Hasil Kuat Tekan Beton *Consol Fiber Steel*

Benda Uji	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)		
	7 hari	14 hari	28 hari
Serat 0,5%	15,83	16,31	16,63
Serat 0,75%	19,87	19,15	18,9
Serat 1%	17,47	17,43	17,31

Dari **Tabel 4.**, dapat dikatakan bahwa penambahan kadar serat baja dapat meningkatkan kuat tekan dari beton. Untuk beton serat kadar 0,5% meningkat menjadi 16,63MPa, beton serat kadar 0,75% meningkat menjadi 18,90MPa, dan untuk beton serat kadar 1% meningkat menjadi 17,31MPa.

4.2.3. Hasil Pengujian Momen Nominal Beton Tanpa Serat

Tabel 5. Hasil Momen Nominal Beton tanpa Serat

Benda Uji	Momen Nominal (kNm)		
	7 hari	14 hari	28 hari
1	1,18	1,26	1,29
2	1,16	1,2	1,33
3	1,24	1,29	1,24
Rata-Rata	1,19	1,25	1,29

Pada **Tabel 5.**, dapat dilihat bahwa tekanan yang dapat diterima pada 7 hari sudah mencapai rata-rata 1,19kNm, pada 14 hari mencapai rata-rata 1,25kNm, dan pada 28 hari mencapai rata-rata 1,29kNm.

4.2.4. Hasil Pengujian Momen Nominal Beton *Consol Fiber Steel*

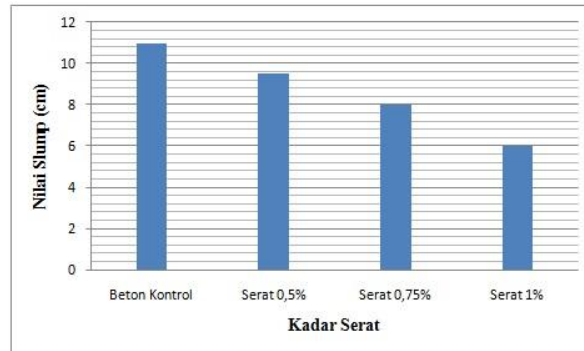
Tabel 6. Hasil Momen Nominal Beton *Consol Fiber Steel*

Benda Uji	Momen Nominal Rata-Rata (kNm)		
	7 hari	14 hari	28 hari
Serat 0,5%	1,26	1,39	1,47
Serat 0,75%	1,28	1,42	1,49
Serat 1%	1,3	1,46	1,53

Dari **Tabel 6.**, dapat dikatakan bahwa penambahan kadar serat baja berbanding lurus dengan kenaikan momen nominal yang dapat diterima oleh balok. Sebagai contoh pada hari ke-28, beton serat 0,5% mampu menerima 1,47kNm, beton serat 0,75% mampu menerima 1,49kNm, dan beton serat 1% mampu menerima 1,53kNm.

4.3. Analisa Hasil Penelitian

4.3.1. *Workability* (Keleccakan)



Gambar 1. Hasil Slump Test

Dari **Gambar 1.**, dapat dilihat bahwa penambahan *consol fiber* menyebabkan nilai slump dari beton terjadi pengurangan. Beton tanpa serat memiliki nilai slump yang paling baik dengan nilai 11. Sedangkan Beton campuran *consol fiber* dengan kadar 0,5%-0,75% masih memiliki nilai slump yang baik, yaitu masing: 9,5cm dan 8cm. Sedangkan beton campuran *consol fiber* dengan kadar 1% memiliki nilai slump yang buruk, yaitu 6cm. Dengan berkurangnya nilai slump ikut mempengaruhi adonan beton yang menjadi padat dan lebih cepat kering yang menyebabkan penurunan *workability* (keleccakan) dari beton sendiri.

4.3.2. Pengaruh Penambahan *Consol Fiber Steel* terhadap Kuat Tekan

Tabel 7. Analisa Hasil Test Kuat Tekan

No. Sampel	Jenis Beton	7		14		28	
		MPa	%	MPa	%	MPa	%
1	Beton Tanpa Serat	14,30		15,11		15,74	
2	Beton Serat 0,5%	15,83	10,70%	16,31	7,94%	16,63	5,65%
3	Beton Serat 0,75%	19,87	38,95%	19,15	26,74%	18,90	20,08%
4	Beton Serat 1%	17,47	22,17%	17,43	15,35%	17,31	9,97%

Dari **Tabel 7.**, didapatkan hasil penambahan serat baja pada beton mampu menambah kuat tekan beton. Selain itu, kenaikan kuat tekan yang paling optimal ada pada beton serat dengan kadar 0,75% karena setelah itu mengalami penurunan pada beton serat 1%. Hal ini disebabkan karena serat baja dengan komposisi yang terlalu banyak akan mengganggu terbentuknya lekatan yang baik antara agregat dengan pasta semen.

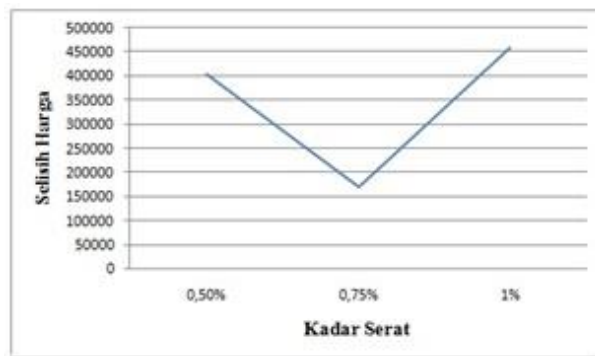
4.3.3. Pengaruh Penambahan *Consol Fiber Steel* Terhadap Momen Nominal

Tabel 8. Analisa Hasil Test Momen Nominal

No. Sampel	Jenis Beton	7		14		28	
		MPa	%	MPa	%	MPa	%
1	Beton Tanpa Serat	5,73		6		6,18	
2	Beton Serat 0,5%	6,05	5,58%	6,69	11,5%	7,05	14,08%
3	Beton Serat 0,75%	6,14	7,16%	6,83	13,83%	7,17	16,02%
4	Beton Serat 1%	6,26	9,25%	7,01	16,83%	7,37	19,22%

Dari **Tabel 8.**, didapatkan hasil penambahan serat baja pada beton mampu menambah kekuatan beton tidak hanya pada kuat tekan tetapi berlaku juga pada momen nominal beton sendiri. Dari hasil pengujian dengan kadar maksimal 1% dari berat jenis beton, jumlah penambahan serat berbanding lurus dengan penambahan kemampuan beton dalam menahan momen nominal. Hal ini terjadi karena serat baja pada beton serat dapat menjadi tulangan tarik meskipun tidak terlalu signifikan dibanding dengan tulangan utama yang memang fungsinya menahan beban lentur pada balok beton bertulang.

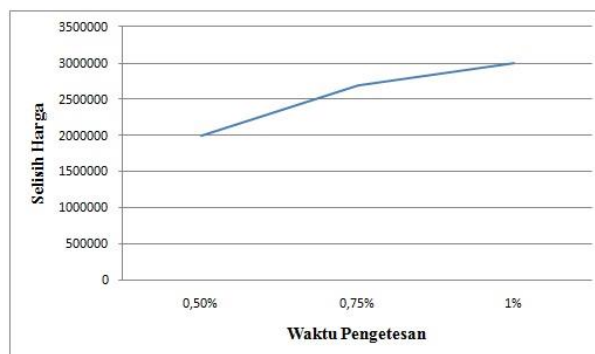
4.3.4. Efisiensi Penggunaan *Consol Fiber Steel* Terhadap Kuat Tekan



Gambar 2. Perbandingan Hasil Test Kuat Tekan Dengan Biaya

Dari **Gambar 2.**, didapatkan bahwa beton serat dengan kadar 0,75% merupakan beton serat dengan kadar yang paling efisien terhadap kuat tekan. Hal ini dimungkinkan karena beton serat dengan kadar 0,5% tidak terlalu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan, sedangkan beton serat dengan kadar 1% memberikan kekuatan yang lebih besar tetapi diikuti juga dengan mahalnya harga yang harus dibayarkan.

4.3.5. Efisiensi Penggunaan *Consol Fiber Steel* Terhadap Momen Nominal



Gambar 3. Perbandingan Hasil Test Momen Nominal Dengan Biaya

Dari **Gambar 3.**, didapatkan bahwa penambahan pemakaian jumlah serat kurang efisien apabila dibandingkan dengan peningkatan mutu beton dalam hal momen nominal. Hal ini menyebabkan pembengkakan biaya apabila memakai serat dengan kadar yang cukup tinggi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- Penelitian ini dapat menghasilkan beton dengan campuran *consol fiber steel* yang memiliki kuat tekan dengan mutu yang lebih besar daripada desain, yaitu 15MPa. *Mix design* yang digunakan adalah *mix design* dengan perhitungan berdasarkan metode DOE mutu K-150 / 15MPa dengan kadar air 69% dan target *slump* antara 8-12cm.
- Beton yang memiliki penambahan kuat tekan paling optimum dan paling efisien adalah beton dengan kadar serat *consol fiber steel* sebesar 0,75%, yaitu sebesar 3,16MPa atau sebesar 20,08% dari beton normal tanpa serat.
- Peningkatan momen nominal beton bertulang berbanding lurus dengan penambahan jumlah serat *consol fiber steel* yang ditambahkan pada campuran beton. Untuk beton bertulang dengan campuran serat yang paling efisien apabila dibandingkan dengan harga adalah beton serat kadar 0,5%, yaitu sebesar 0,87MPa atau sebesar 14,08% dari beton normal tanpa serat.
- Penurunan nilai *slump* berbanding lurus dengan penambahan jumlah kadar serat *consol fiber steel*. Hal ini menyebabkan *workability* (kelecekan) beton ikut berkurang.

5.2. Saran

- Sampel serat baja *consol fiber steel* dapat dikembangkan dengan mengambil beberapa tipe serat baja yang lainnya, tidak hanya tipe *hooked* seperti yang kita gunakan.
- Dalam pembuatan beton diatas, metode pemadatan beton yang digunakan adalah secara manual, sehingga kekuatan beton dalam *mix design* yang sama sekalipun, hasilnya dapat berbeda. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan dapat menggunakan metode pemadatan dengan menggunakan *vibrator* untuk mengurangi adanya udara yang terjebak atau *microvoids* dalam beton.
- Ruang lingkup penelitian ini masih bisa dikembangkan, yaitu dengan menambah variabel persentase kadar dari pemakaian serat *consol fiber steel*.

6. DAFTAR REFERENSI

- Ariatama, A. (2007). *Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasi Diameter Serat*. Tesis Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Irawan, I., (1994). *Studi Tentang Pengaruh Penambahan Serat Baja terhadap Kekuatan Beton Normal K 175*. Tesis Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Kadreni, E., (2002). *Pengaruh Steel Fiber pada Sifat Mekanis Beton dan Kapasitas Balok Beton Bertulang Pasca Kebakaran*. Tesis Program Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Suhendro, B., (1991). *Pengaruh Fiber Kawat Lokal Pada Sifat – Sifat Beton*. Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian UGM, Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, K., (1996). *Teknologi Beton*, Penerbit Nafiri, Jakarta, Indonesia.