

PENGARUH PERLAKUAN SERAT SABUT KELAPA TERHADAP KARAKTERISTIK DAN KEKUATAN *COCONUT FIBER REINFORCED SELF-COMPACTING CONCRETE*

Tomy Andrea Gunawan¹, Michael Moreno² dan Handoko Sugiharto³

ABSTRAK: Penggunaan Self-Compacting Concrete (SCC) mulai meningkat karena hanya memerlukan jumlah pekerja yang sedikit dibanding dengan beton biasa dalam pengecoran. Melihat tingginya angka limbah sabut kelapa Indonesia yang mencapai 2.811.954 ton dalam tahun 2020, diteliti pengaruh serat sabut kelapa dan perlakuannya terhadap setiap sampel SCC dalam fraksi volume 0%, 0,5%, dan 1% terhadap volume semen. Serat sabut kelapa diberi 2 jenis perlakuan, yaitu perebusan dan pencampuran dengan silica fume. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari kesesuaian karakteristik Coconut Fiber Reinforced Self Compacting Concrete (CFRSCC) sebagai SCC. Kuat tekan dan tarik belah CFRSCC diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa filling ability, flowability, dan passing ability CFRSCC akan memburuk, namun beberapa masih memiliki karakteristik SCC yang baik. Kuat tekan dan tarik belah beberapa CFRSCC akan meningkat, dan SCC dengan 0,5% fraksi volume serat sabut kelapa yang dicampur silica fume memberi peningkatan kekuatan yang optimal.

KATA KUNCI: *self compacting concrete*, serat sabut kelapa, *coconut fiber reinforced self compacting concrete*, kuat tekan, kuat tarik belah.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling umum digunakan. Beton dipakai dalam konstruksi karena material ini mudah menyesuaikan bentuk, harganya yang relatif murah dan memiliki ketahanan yang tinggi. SCC merupakan salah satu solusi untuk mengurangi jumlah pekerja. Pengecoran menggunakan SCC tidak memerlukan jumlah pekerja yang banyak selain itu juga tidak berpengaruh dengan kemampuan pekerja.

SCC memiliki sifat *flowability* dan *passing ability* yang lebih baik dari beton biasa. Peningkatan kekuatan SCC dengan material lain sudah banyak diteliti, salah satu material lain dapat dicampurkan dalam SCC yaitu serat sabut kelapa. Serat sabut kelapa merupakan salah satu limbah yang banyak dihasilkan di Indonesia. Produksi kelapa di Indonesia tahun 2020 sendiri mencapai berat 2.811.954 ton (Badan Pusat Statistik, 2020). Penggunaan sabut kelapa dapat mengurangi limbah dan biaya dalam pembuatan SCC. Walau begitu, serat sabut kelapa yang merupakan fiber dengan ukuran cukup besar tentunya akan memengaruhi sifat dari SCC, yaitu *flowability* dan *passing ability*.

Serat sabut kelapa sendiri dapat diberi berbagai macam perlakuan untuk memengaruhi karakteristik dari serat sabut tersebut sendiri. Perlakuan umumnya dimulai dari perendaman dan perebusan serat sabut kelapa (Vivek & Prabalini, 2021). Selain itu, serat sabut kelapa dapat dicampurkan dengan berbagai zat, mulai dari *silica fume*, *metakaolin*, H_2O_2 , NaOCl, NaOH, sampai $KMnO_4$ (Arsyad et al., 2015; Brígida et al., 2010; Silva et al., 2017). Penambahan serat sabut kelapa yang berlebihan dapat mengurangi kekuatan tarik belah maupun tekan dari beton. Analisa menunjukkan bahwa penurunan kekuatan ini disebabkan ukuran serat sabut kelapa yang secara umum lebih besar dari serat lain (Prahara et al., 2015).

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, b11180075@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, b11180081@john.petra.ac.id

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

Penelitian bahkan menunjukkan bahwa beton biasa yang diberi 0,6% dan 1,2% fraksi volume serat sabut kelapa terhadap volume binder belum mengalami penurunan kuat tekan maupun lentur dalam 546 hari dalam cuaca tropis (Ramli et al., 2013). Penelitian lain menunjukkan bahwa pada interval suhu 25-220 oC serat sabut kelapa beton yang diberi siklus pembasahan dan pengeringan yang dicampur dengan metakaolin menggunakan lateks akan memiliki kehilangan massa 4,2% lebih sedikit dibanding serat sabut kelapa tanpa perlakuan Universitas Kristen Petra dan serat sabut kelapa yang dicampur dengan silica fume menggunakan lateks akan memiliki kehilangan massa 32,4% lebih sedikit dibanding serat sabut kelapa tanpa perlakuan (Silva et al., 2017).

Penelitian penggunaan serat sabut kelapa telah dilakukan pada SCC dan menunjukkan bahwa perlakuan pada serat sabut kelapa mempengaruhi hasil dari SCC. Serat sabut kelapa yang telah direndam dalam air dan dicampur dengan cairan adhesif dengan *silica fume* dan *metakaolin* 1% mampu meningkatkan kekuatan tekan, tarik belah, dan lentur sebesar 23,48%, 36,86%, dan 12,5%. Namun hasil T_{500} *slump flow* menunjukkan peningkatan waktu aliran *slump* dari 3,47 detik ke 5,16 detik (Vivek & Prabalini, 2020). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa serat sabut kelapa menurunkan sifat *flowability* dari SCC, namun dapat meningkatkan kekuatan akhirnya.

Tujuan penelitian ini untuk melihat kesesuaian penggunaan serat sabut kelapa di Indonesia sebagai material campuran SCC dalam memenuhi syarat *flowability*, *viscosity*, dan *passing ability* serta memenuhi kuat tekan dan kuat tarik belah yang dimiliki SCC pada umumnya. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan keuntungan dari peningkatan kekuatan SCC dan kerugian dari berkurangnya sifat-sifat yang diperlukan SCC. Hal ini dilakukan dengan membandingkan SCC biasa dengan SCC yang diberi campuran serat sabut kelapa dengan 2 perlakuan berbeda, yaitu: perebusan dan pencampuran dengan *admixture silica fume* dengan kandungan serat sabut masing-masing sebesar 0,5% dan 1% volume semen.

2. MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

2.1 Material

Semen yang digunakan untuk pencampuran beton adalah *Ordinary Portland Cement* (OPC). OPC merupakan semen yang paling umum digunakan dalam pencampuran beton dan digunakan untuk penelitian ini karena tidak mengandung bahan tambahan *pozzolanic*. Agregat kasar yang digunakan untuk penelitian ini diayak dengan ukuran kisaran 5-14 mm. Campuran pasir sungai dan pasir Lumajang digunakan sebagai agregat halus untuk campuran beton. *Superplasticizer* dan *Viscosity Modifying Admixture* (VMA) juga digunakan untuk campuran beton. *Superplasticizer* digunakan untuk membantu meningkatkan *flowability* beton sementara VMA digunakan untuk meningkatkan viskositas beton dan mengurangi risiko segregasi beton karena *superplasticizer*.

Serat sabut kelapa yang digunakan untuk penelitian terlebih dahulu disiapkan dan dipotong dengan panjang masing-masing 3 cm. Pemotongan sepanjang ini akan menghasilkan rasio aspek serat 72,05 yang berada di kisaran standar ACI 544.1R-96 antara 20 dan 100 (American Concrete Institute, 1996). Rasio aspek serat 72,05 juga dianggap cukup baik karena tidak terlalu tinggi sehingga serat mudah menggumpal tetapi juga tidak terlalu rendah sehingga serat kelapa masih mempengaruhi beton yang dibuat.

Sebelum serat sabut kelapa ini digunakan dalam pencampuran beton, terlebih dahulu diolah dengan cara direbus selama 2 jam. Setelah serat direbus, setengah dari serat digunakan sebagai serat perlakuan pertama sedangkan sisanya diberikan perlakuan kedua. Serat ini dimasukkan ke dalam larutan karet untuk membantu proses pencampuran. Serat-serat tersebut kemudian dikeluarkan dan dimasukkan ke dalam wadah yang berisi *silica fume*.

Silica fume merupakan salah satu bahan tambahan yang mampu meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas beton. *Silica fume* merupakan hasil samping yang diambil dari proses peleburan industri silikon dan ferrosilikon. Selain memiliki partikel yang kecil, *silica fume* juga memiliki kandungan silika yang tinggi yang mengakibatkan *silica fume* menjadi bahan pozzolan yang kuat. Dalam penelitian ini *silica fume* dicampur dengan serat kelapa untuk membantu merekatkan dan memperkuat sampel beton serta membantu serat agar tahan terhadap degradasi.

2.2 Metode Penelitian

2.2.1 Mix Design

Komposisi dari SCC berikut ini mengikuti peraturan dari EFNARC *guidelines* 2002. *Mix design* didapatkan melalui uji coba yang telah dilakukan. Dalam penelitian ini menggunakan satu *mix design* untuk SCC biasa, dua jenis *mix design* untuk SCC dengan 0,5% serat sabut kelapa, dan dua jenis *mix design* SCC dengan 1% serat sabut kelapa. *Mix design* SCC dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Mix Design SCC

Material	Fraksi Volume Serat Sabut Kelapa terhadap Volume Semen		
	0%	0,50%	1%
rasio w/c	0,38	0,38	0,38
SP (% massa semen)	1,3	1,5	1,5
VMA (% massa semen)	0,2	0,2	0,2
Semen (kg/m ³)	500	500	500
Pasir Kali (kg/m ³)	400	400	480
Pasir Lumajang (kg/m ³)	400	400	320
Agregat Kasar (kg/m ³)	780	780	780

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil tes penelitian terdiri dari 2 bagian, yaitu beton segar dan beton keras. Dilakukan pengujian beton segar untuk mengamati karakteristik beton segar. Tes beton keras dilakukan dengan melakukan tes kuat tekan dan kuat tarik belah beton pada umur 7, 14, dan 28 hari.

3.1 Hasil Tes Beton Segar

Tes beton segar yang dilakukan setiap pengecoran beton dibagi menjadi 3 tes yaitu: *V-Funnel test*, *L-Shaped Box test*, *slump test*.

3.1.1 Hasil V-Funnel Test

Tes *V-Funnel* digunakan untuk pengujian sifat *filling ability* maupun *flowability* pada setiap sampel beton segar. Mengikuti standar SKh-1.7.23, kecepatan mengalir SCC harus berada dalam rentang waktu 6-12 detik agar sesuai dengan yang diharapkan (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017). Hasil tes *V-Funnel* dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil V-Funnel Test

Tes	Fraksi Volume Serat Sabut Kelapa terhadap Volume Semen				
	0%	0,5%		1%	
		Rebus	Campur	Rebus	Campur
Waktu mengalir (s)	9,75	11,28	10,23	14,63	15,23

Hasil pengujian menunjukkan bahwa SCC dengan kandungan 0% dan 0,5% fraksi volume serat sabut kelapa memiliki kecepatan aliran yang sesuai, sedangkan kandungan 1% fraksi volume mengalir dalam waktu lebih dari 12 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa SCC dengan kandungan 1% fraksi volume serat sabut kelapa memiliki sifat *filling ability* dan *flowability* yang kurang baik.

3.1.2 Hasil L-Shaped Box Test

Tes *L-Shaped Box* digunakan untuk mengetahui *passing ability* dari setiap sampel yang dibuat. Sesuai standar SKh-1.7.23, nilai H_2/H_1 harus berada dalam rentang 0,8-1 untuk menunjukkan *passing ability* yang baik (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017). Hasil tes *L-Shaped Box* dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil L-Shaped Box Test

Tes	Fraksi Volume Serat Sabut Kelapa terhadap Volume Semen				
	0%	0,5%		1%	
		Rebus	Campur	Rebus	Campur
H_2/H_1	0,95	0,92	0,93	0,85	0,87

Hasil tes *L-Shaped Box* menunjukkan bahwa seluruh campuran SCC dapat melewati tulangan dengan baik. SCC dengan kandungan 0% dan 0,5% fraksi volume serat sabut kelapa memiliki nilai H_2/H_1 yang melebihi dari 0,9. Hal ini menunjukkan bahwa kedua campuran tersebut memiliki *passing ability* yang sangat baik. SCC dengan kandungan 1% serat sabut kelapa memiliki nilai H_2/H_1 yang lebih rendah dari 0,9, namun masih berada dalam rentang 0,8-1 Hasil tes menunjukkan bahwa penambahan serat sabut kelapa dengan kedua perlakuan mengurangi *passing ability* dari beton segar.

3.1.3 Hasil Slump Test

Slump test digunakan untuk menguji *filling ability* sampel beton. Mengikuti standar SKh-1.7.23, *slump* harus mencapai diameter 500 mm dalam rentang waktu waktu 2-5 detik dan memiliki diameter akhir 550-850 mm (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017). Hasil *slump test* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Slump Test

Tes	Fraksi Volume Serat Sabut Kelapa terhadap Volume Semen				
	0%	0,5%		1%	
		Rebus	Campur	Rebus	Campur
T_{500} (s)	4,94	5,31	5,12	7,76	7,84
<i>Slump flow</i> (mm)	695	660	675	635	645

Hasil pada pengujian menunjukkan SCC dengan kandungan 0% fraksi volume serat sabut kelapa memiliki hasil yang paling baik dan sesuai standar. Hasil SCC dengan kandungan 0,5% serat sabut kelapa memiliki diameter yang sesuai tapi *slump*-nya mencapai diameter 500 mm dalam waktu yang lebih dari 5 detik. Walaupun begitu, selisih lebih waktunya tidak sampai 0,5 detik sehingga masih bisa diterima. SCC dengan kandungan 1% fraksi volume serat sabut kelapa memiliki diameter akhir yang

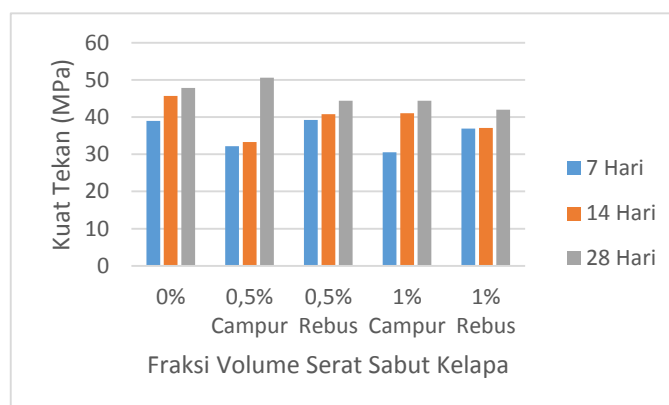
sesuai tapi *slump*-nya mencapai diameter 500 mm dalam waktu 7,75 dan 7,84 detik yang jauh melebihi 5 detik. Hasil yang didapatkan oleh SCC dengan kandungan 1% fraksi volume serat ini dipengaruhi jumlah serat sabut yang ada dalam campuran, serta adanya perbedaan campuran pasir yang dapat mengubah kekentalan dari SCC yang dibuat.

3.2 Hasil Tes Beton Keras

Terdapat dua pengujian pada beton keras yaitu kuat tekan dan kuat tarik belah, kedua pengujian tersebut dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine*. Seluruh pengujian dilaksanakan pada 3 umur yaitu 7, 14, dan 28 hari.

3.2.1 Hasil Tes Kuat Tekan

Tes kuat tekan dilakukan pada tiga sampel benda uji di setiap umur. Benda uji kuat tekan yang digunakan adalah silinder berdiameter 20 cm dengan tinggi 10 cm. Hasil dari tes kuat tekan dirata-rata setiap umur, untuk mengetahui perkembangan dari setiap campuran beton. Hasil tes kuat tekan beton dapat dilihat pada **Gambar 1**.

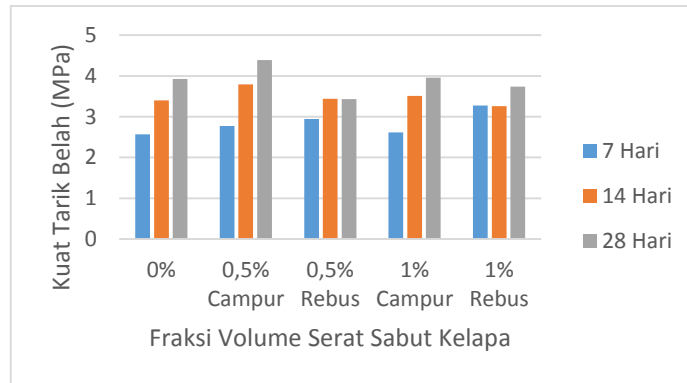


Gambar 1. Hasil Tes Kuat Tekan SCC

Hasil tes kuat tekan menunjukkan bahwa SCC dengan kandungan 0,5% serat sabut kelapa yang dicampur dengan *silica fume* memiliki nilai kuat tekan yang paling tinggi pada umur 28 hari, tetapi memiliki perkembangan yang sangat signifikan dari umur sebelumnya. Perkembangan signifikan tersebut dapat disebabkan oleh *human error* saat mencampurkan bahan beton dan perbedaan waktu pengolahan setiap bahan beton. Waktu dan kecepatan pencampuran merupakan sesuatu yang terkait dengan energi yang diperlukan untuk mengaduk bahan agar terdispersi dengan baik dan terdistribusi dengan seragam pada setiap campuran di dalamnya (Joshi, 2020).

3.2.2 Hasil Tes Kuat Tarik Belah

Tes kuat tarik belah dilakukan pada dua sampel benda uji di setiap umur. Benda uji kuat tarik belah yang digunakan adalah silinder berdiameter 10 cm dengan tinggi 20 cm. Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan menekan bagian badan dari benda uji. Hasil dari tes kuat tarik belah di rata-rata setiap umur untuk mengetahui perkembangan kekuatan pada setiap campuran beton. Hasil tes kuat tarik belah dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Hasil Tes Kuat Tarik Belah SCC

Hasil tes kuat tarik belah menunjukkan bahwa SCC dengan kandungan 0,5% fraksi volume serat sabut kelapa yang dicampur dengan *silica fume* memiliki kekuatan tarik belah paling besar saat umur 28 hari. Grafik peningkatan pada kandungan tersebut juga menunjukkan nilai yang baik setiap umurnya. Terlihat perbedaan kekuatan pada setiap umur beton pada SCC dengan kandungan 0,5% serat yang dicampur *silica fume* dibanding SCC biasa. Hasil tes menunjukkan bahwa penambahan serat sabut kelapa yang dicampur *silica fume* menimbulkan peningkatan pada setiap umur. Penambahan serat sabut kelapa rebus menimbulkan penurunan nilai kekuatan dari SCC baik dalam fraksi volume 0,5% maupun 1%. Hasil tes menunjukkan bahwa penambahan serat sabut kelapa dalam fraksi volume kandungan 1% menimbulkan penurunan nilai kekuatan pada SCC dibanding fraksi volume 0,5% serat.

4. KESIMPULAN

Melalui hasil analisa, dapat ditarik kesimpulan dari penelitian pengaruh perlakuan serat sabut kelapa terhadap SCC, antara lain:

1. Penambahan serat sabut kelapa menyebabkan penurunan sifat-sifat SCC, terbukti dari semua hasil tes beton segar. Penurunan sifat ini terlihat pada *v-funnel test* dan *slump test* walaupun sudah diberi sedikit tambahan SP.
2. SCC dengan tambahan 0,5% serat sabut kelapa yang dicampur dengan *silica fume* memberi peningkatan kekuatan tekan 28 hari beton sebesar 5,75% dari SCC biasa. SCC dengan tambahan serat sabut kelapa lainnya mengalami penurunan.
3. SCC dengan tambahan serat sabut kelapa yang dicampur dengan *silica fume* dengan kedua fraksi volume memberi peningkatan kuat tarik belah beton. Di sisi lain, SCC dengan serat sabut kelapa rebus menyebabkan penurunan kuat tarik belah beton. Campuran yang paling optimal yaitu SCC dengan tambahan 0,5% serat sabut kelapa dengan *silica fume* yang memberi peningkatan kuat tarik belah sebesar 11,87% dari SCC biasa.
4. Hasil pengujian kuat tekan dan tarik belah beton yang meningkat setiap umur pengecekan. Oleh karena itu, dampak degradasi serat sabut kelapa dalam beton belum terlihat secara nyata dalam umur 28 hari.
5. Kesimpulan yang didapat melalui penelitian ini yaitu bahwa penggunaan serat sabut kelapa dalam fraksi volume 0,5% terhadap semen dalam SCC masih memiliki karakteristik yang sesuai sebagai SCC. Dalam fraksi volume 0,5%, serat sabut kelapa yang dicampur dengan *silica fume* memberi peningkatan kuat tekan dan tarik belah umur 28 hari dari SCC biasa dan merupakan tambahan yang paling optimal untuk SCC.

5. DAFTAR REFERENSI

- American Concrete Institute. (1996). "Report on Fiber Reinforced Concrete." *ACI 544.1R-96*.
- Arsyad, M., Wardana, I., Pratikto, P., and Irawan, Y. S. (2015). "Bonding Ability of Coconut Fiber with Polyester Matrix as a Result of Chemical Treatment." *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(4), 9561–9570.
- Brígida, A. I. S., Calado, V. M. A., Gonçalves, L. R. B., and Coelho, M. A. Z. (2010). "Effect of Chemical Treatments on Properties of Green Coconut Fiber." *Carbohydrate Polymers*, 79(4), 832–838. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.10.005>.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). *Spesifikasi Khusus - Interim SKh-1.7.23 Beton Memadat Sendiri (Self Compacting Concrete)*.
- Joshi, B. R. (2020). "Effect of Mixing Speed and Time on Fresh Properties of Cement Mortar." *Global Scientific Journal*, Vol.8(Issue 2), 5106–5115.
- Prahara, E., Liong, G. T., and Rachmansyah, R. (2015). "Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa dalam Presentase Tertentu pada Beton Mutu Tinggi." *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 6(2), 208. <https://doi.org/10.21512/comtech.v6i2.2265>.
- Ramli, M., Kwan, W. H., and Abas, N. F. (2013). "Strength and Durability of Coconut-Fiber-Reinforced Concrete in Aggressive Environments." *Construction and Building Materials*, 38, 554–566. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.002>.
- Silva, E. J. da, Marques, M. L., Velasco, F. G., Fornari Junior, C., Luzardo, F. M., and Tashima, M. M. (2017). "A New Treatment for Coconut Fibers to Improve the Properties of Cement-Based Composites – Combined Effect of Natural Latex/Pozzolanic Materials." *Sustainable Materials and Technologies*, 12, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2017.04.003>.
- Vivek, S. S., and Prabalini, C. (2021). "Experimental and Microstructure Study on Coconut Fibre Reinforced Self Compacting Concrete (CFRSCC)." *Asian Journal of Civil Engineering*, 22(1), 111–123. <https://doi.org/10.1007/s42107-020-00302-7>.