

PEMANFAATAN ABU SAWIT SEBAGAI *BINDER* PADA *SELF-COMPACTING CONCRETE (SCC)*

Mei Eftarika Harahap

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293, email: mei.eftarika@gmail.com

Monita Olivia

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293, email: monitawibisono@yahoo.com

Alex Kurniawandy

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293, email: alexkurniawandy@gmail.com

ABSTRACT

This study analyse the workability and compressive strength of Self-Compacting Concrete (SCC) by using palm oil ash as mineral admixture for binder. Workability examined was flowability, fillingability, and passingability using a Slump Cone, V-Funnel and L-Box. Palm oil ash added in the mixture was 5%, 10%, 15%, and 20% from weight of the binder. Research showed the flowability and fillingability of SCC decreased with addition of palm oil ash in the mixture. Passingability increased with percentage of ash addition in the mixture. The optimum of flowability using T_{50} and slump flow was obtained at mixture with using 10% addition of palm oil ash. While the optimum flowability was determined for mixture with 5% ash using V-Funnel. Passing ratio of all mixtures was in the range from EFNARC, 2002. The maximum compressive strength of SCC was 34.82 MPa at 28 days concrete age for mixture using palm oil ash of 10%.

Keywords: palm oil ash, fillingability, flowability, passingability, SCC.

1. PENDAHULUAN

Abu sawit adalah hasil pembakaran limbah sawit dari industri perkebunan kelapa sawit. Menurut Dinas Perkebunan Riau, luas perkebunan sawit di Riau sejak tahun 2011 adalah berkisar 2,2 juta hektar. Limbah padat kelapa sawit yang terdiri dari cangkang dan serabut berjumlah 190 kg/ton TBS yang jika tidak dimanfaatkan akan menjadi sumber kerusakan lingkungan. Sejauh ini limbah sawit seperti cangkang, serabut (*fibres*), dan tandan kosong sawit hanya digunakan sebagai bahan bakar boiler oleh pabrik kelapa sawit (Anonim, 2012).

Abu sawit memiliki kadar silika (SiO_2) berkisar antara 50% hingga 80% (Safiuddin, 2010 dan Zahrina, 2007). Penggunaan abu sawit sebagai bahan

tambah mineral telah banyak digunakan, sebagai contoh yaitu penggunaan abu sawit pada beton normal oleh Olivia *et al* (2005). Seiring dengan perkembangan teknologi beton, abu sawit telah digunakan sebagai bahan dasar beton geopolimer oleh Donny (2005) dan sebagai bahan tambah mineral pada *Self-Compacting Concrete (SCC)* (Safiuddin *et al*, 2010).

SCC atau beton memadat sendiri adalah hasil inovasi dari penelitian pada tahun 1980-an di Jepang untuk memenuhi kebutuhan pembangunan struktur bangunan tinggi dengan tingkat pelaksanaan cukup kompleks. SCC dapat memadat sendiri tanpa alat pemadat konvensional sehingga mampu mengalir melewati sela-sela

tulangan rapat dan bagian konstruksi yang rumit (Okamura dan Ouchi 2003).

Komposisi SCC berbeda dengan komposisi beton konvensional, umumnya menggunakan kandungan semen yang tinggi, proporsi jumlah agregat kasar yang rendah, dan nilai perbandingan air dengan binder (W/B) yang rendah (Safiuddin *et al.*, 2010). Komposisi agregat kasar pada beton konvensional menempati 70% hingga 75% dari total volume beton, sedangkan dalam SCC agregat kasar dibatasi jumlahnya sekitar kurang lebih 50% dari total volume beton. Pembatasan agregat ini bertujuan agar beton bisa mengalir dan memadat sendiri tanpa alat pemadat (Okamura dan Ouchi, 2003).

Agar tujuan pemadatan tanpa alat tercapai, maka SCC diisyaratkan memiliki *workability* tinggi. Pengujian *workability* SCC dilakukan dengan berbagai teknik seperti *flowability* (kemampuan mengalir), *fillingability* (kemampuan mengisi), *passingability* (kemampuan melewati tulangan), dan ketahanan terhadap segregasi yang harus memenuhi standar EFNARC (2002). Pengaruh komposisi SCC yang dimodifikasi dengan bahan tambah mineral seperti abu sawit dengan berbagai persentase akan dikaji pada penelitian ini.

Bahan tambah mineral adalah campuran tambahan yang bekerja karena kondisi fisiknya. Bahan tambah mineral sangat dibutuhkan oleh SCC untuk memiliki *workability* yang tinggi. Selain itu, bahan tambah mineral juga dapat berfungsi sebagai *filler* dan *binder* yang membantu pemadatan SCC. Ada beberapa bahan tambah mineral yang sering digunakan pada SCC, antara lain, *fly ash*, *slag*, *silica fume*, abu sekam padi (*rice rusk ash*), serat (*fibres*), dan abu batu (Shetty, 2000).

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pemeriksaan Karakteristik Material

Agregat terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus adalah pasir alam dan agregat kasar merupakan batu

pecah dengan ukuran maksimum yang digunakan untuk *Self-compacting Concrete* (SCC) adalah 20 mm (lolos saringan 3/4 inci).

Pengujian yang dilakukan untuk pemeriksaan agregat adalah pengujian berat volume agregat, pengujian kadar air agregat, analisa saringan agregat, analisa *specific gravity* dan penyerapan agregat, pengujian kadar lumpur agregat halus, dan pemeriksaan ketahanan aus agregat kasar dengan mesin *Los Angeles*.

Karakteristik fisik abu sawit dilakukan dengan pengujian kehalusan dan pengujian berat jenis (*specific gravity*), sedangkan pengujian karakteristik kimia dilakukan dengan menguji komposisi kimia yang terkandung pada abu sawit. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan mengirim sebagian sampel ke Laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi Bandung.

Tabel 1. Komposisi Kimia Abu Sawit PKS Lubuk Raja

Oksida	% Berat
SiO ₂	64,36
Al ₂ O ₃	4,36
Fe ₂ O ₃	3,41
MgO	4,58
CaO	7,92
K ₂ O	5,57
TiO ₂	0,87
MnO	0,1
P ₂ O ₅	3,64
SO ₃	0,04
Cu	46 ppm
Zn	60 ppm
H ₂ O	0,59
HD	4,97

Pengujian komposisi kimia abu sawit diperoleh kadar silika (SiO₂) sebesar 64,36%, banyaknya kandungan silika pada penelitian ini lebih besar dari abu sawit pada penelitian Donny (2005) yang hanya 45,20%. Selain SiO₂, kadar senyawa pozzolanik lainnya seperti Al₂O₃, dan Fe₂O₃ masing-masing sebesar 4,36% dan 3,41%, serta kandungan senyawa lainnya dapat dilihat pada Tabel 1.

2.2. Perencanaan Campuran SCC

Perencanaan Campuran SCC mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Kheder & Jadiri (2010), merupakan penelitian menentukan parameter *mix*

design SCC yang hasil komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi campuran SCC untuk 1 m³

No	Material	Variasi Kadar Abu Sawit					Total (kg)
		0%	5%	10%	15%	20%	
1	Berat Air (Kg)	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00	900,00
2	Berat Semen (Kg)	418,60	397,67	376,74	355,81	334,88	1883,72
3	Berat POFA (Kg)	0,00	20,93	41,86	62,79	83,72	209,30
4	Berat A. Kasar (Kg)	762,42	762,42	762,42	762,42	762,42	3812,08
5	Berat A. Halus (Kg)	1035,74	1027,35	1018,96	1010,58	1002,19	5094,82
6	Berat <i>Viscocrete 3115-ID</i> (Kg)	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37	41,86

Superplasticizer yang digunakan adalah *viscocrete 3115 ID* sebesar 2% dari berat *binder* yang merupakan jumlah maksimum yang disarankan oleh PT. Sika (2012). Dari hasil perhitungan diperoleh jumlah agregat halus yang lebih besar, jumlah ini sangat dibutuhkan untuk beton segar SCC dengan *workability* yang tinggi.

Penelitian ini terdiri dari 5 (lima) variasi *mix design*, yaitu berdasarkan persentase abu sawit yang digunakan. Masing-masing variasi ditetapkan dengan nilai *water/binder* (W/B) yang sama, yaitu 0,43 dengan kuat tekan rencana saat persentase abu sawit 0% adalah sebesar 40 MPa.

2.3. Pengujian *Workability* SCC

Pengujian *workability* SCC terdiri dari *flowability*, *fillingability*, dan

passingability. Pengujian *flowability* dan *fillingability* menggunakan *slump cone* dilakukan pada beton segar SCC yang telah diaduk. *Slump cone* yang digunakan sama dengan beton konvensional, namun pada SCC yang diukur adalah diameter sebaran (aliran) dan waktu yang dibutuhkan saat beton segar mengalir mencapai diameter 50 cm (T_{50}). Pengujian *flowability* dan *fillingability* menggunakan *slump cone* dapat dilihat pada Gambar 1.

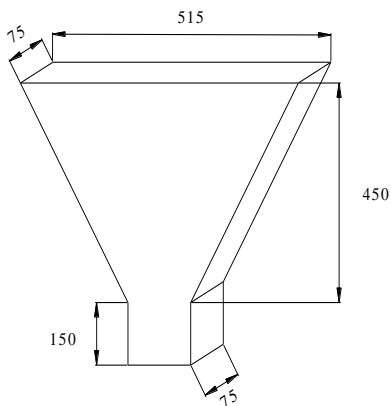
Pengujian *fillingability* menggunakan *V-funnel* bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan beton segar SCC untuk mengalir setelah mengisi corong berbentuk V. Standar pengujian berdasarkan EFNARC (2002) dengan standar alat seperti pada Gambar 2 dan proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.



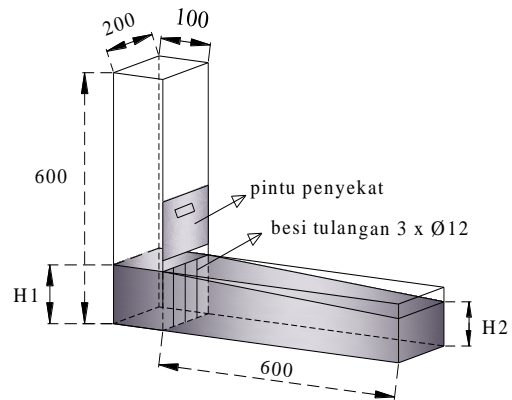
Gambar 1. Pengukuran diameter aliran slump flow



Gambar 3. Pengujian *flowability* dan *fillingability* dengan V-Funnel



Gambar 2. V-funnel
(Sumber: EFNARC, 2002)



Gambar 4. L-Box
(Sumber: EFNARC, 2002)



Gambar 5. Pengujian *passingability*, (a) menuang SCC ke dalam L-Box, (b) SCC mulai mengalir, (c) SCC berhenti mengalir, (d) mengukur H2

Pengujian *passingability* (*Passing ratio*) menggunakan L-box bertujuan untuk mengetahui nilai *passing ratio* beton segar SCC. Alat ini berbentuk kotak L, dimana pada pertemuan kotak vertikal dan horizontal diberi besi tulangan dan sekat penutup seperti pada Gambar 4 dan proses pengujiannya dapat dilihat pada Gambar 5. *Passing ratio* adalah perbandingan ketinggian beton segar SCC yang mengalir

di ujung dan di pangkal kotak horizontal ($H2/H1$).

2.4. Benda Uji

Benda uji dibuat sebanyak 30 buah silinder. Variasi campuran sebanyak 5 (lima) variasi sesuai dengan kadar abu sawit yang diberikan, yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Masing-masing variasi disiapkan sebanyak 6 (enam) silinder untuk pengujian kuat tekan pada umur 7 dan 28 hari.

Pencetakan beton dilakukan menggunakan cetakan silinder setelah diuji *workability*-nya. Cetakan dibuka setelah 24 jam dan dilakukan proses perawatan (*curing*). Perawatan SCC dilakukan dengan cara direndam dalam air pada suhu $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ sampai dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 7 dan 28 hari. Perawatan ini dilakukan untuk menjaga beton agar terjaga kelembabannya dan agar proses hidrasi pada beton terjaga dengan baik.

Beton yang telah direndam diangkat 1 (satu) hari sebelum pengujian kuat tekan. Beton yang telah diangkat dilapisi permukaan atasnya dengan belerang agar permukaan silinder datar, lalu diuji kuat tekannya menggunakan alat uji kuat tekan *Universal Testing Machine* (UTM).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dapat dibahas meliputi hasil pengujian karakteristik material SCC, hasil pengujian *workability* SCC, dan hasil pengujian kuat tekan SCC.

3.1. Hasil Pengujian Karakteristik Material

Abu sawit yang diuji adalah 100% lolos saringan No. 200. *Specific gravity* abu sawit yang dihasilkan sebesar 2,13, nilai ini lebih kecil dari abu sawit pada penelitian Safiuddin *et al* (2010) yaitu sebesar 2,78, namun masih mencapai kriteria *specific gravity* pozzolan hasil industri seperti *fly ash*, *silica fume*, dan *rice husk ash* yang ada

pada Nugraha dan Antoni (2007) yaitu berkisar antara 2,0 hingga 2,4.

Hasil pemeriksaan agregat kasar merupakan parameter untuk menghitung komposisi material pada campuran SCC. Syarat fisik utama agregat kasar yang digunakan untuk campuran SCC adalah ukuran butiran maksimum harus lolos saringan 3/4 inci (20 mm). Hasil uji karakteristik agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil pemeriksaan agregat halus yang berasal dari *Quarry* Rimbo Panjang Kabupaten Kampar Riau dapat dilihat pada Tabel 4. Parameter pemeriksaan agregat halus secara langsung dapat digunakan untuk perhitungan komposisi SCC adalah modulus kehalusan (*fine modulus*). Nilai modulus kehalusan untuk syarat SCC sebesar 3,00, sedangkan agregat halus pada penelitian ini mempunyai modulus kehalusan sebesar 3,08. Nilai ini mengakibatkan jumlah agregat kasar yang digunakan sebesar jumlah maksimum dari ketentuan komposisi campuran SCC yaitu sebanyak 50% dari volume beton (Kheder & Jadiri, 2010). Namun masih memenuhi kriteria *fine modulus* agregat halus secara umum untuk beton konvensional yaitu sebesar 1,5-3,8 (Nugraha & Antoni, 2007). Berdasarkan *British Standard* (BS) agregat halus berada pada gradasi 2 yaitu gradasi agak kasar (gradasi baik).

Tabel 3. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Standar
1	<i>Fine Modulus</i>	6,72	6,0-7,1
2	Berat Volume kondisi padat (gr/cm^3)	1,525	1,4-1,9
3	<i>Specific gravity on SSD</i>	2,60	2,56-2,86
4	Kadar air (%)	1,63	3-5
5	Penyerapan air (%)	1,41	2-7
6	Keausan	36,19	< 40

Tabel 4. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Standar
1	<i>Fine Modulus</i>	3,08	1,5-3,8
2	Berat Volume kondisi padat (kg/m ³)	1,782	1,4-1,9
3	<i>Specific gravity on SSD</i>	2,63	2,58-2,86
4	Kadar air (%)	0,87	3-5
5	Penyerapan air (%)	0,28	2-7
6	Kadar Lumpur	2,57	< 5

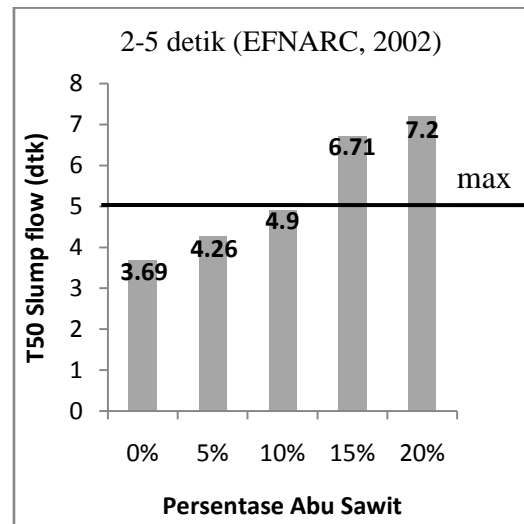
3.2. Hasil Pengujian *Workability* SCC

Hasil pengujian *slump flow* terdiri dari pengujian waktu aliran beton SCC saat mencapai diameter aliran sebesar 50 cm yang dikenal dengan T_{50} dan pengujian diameter aliran saat beton segar SCC berhenti mengalir. Menurut EFNARC 2002, standar nilai untuk T_{50} adalah 2-5 detik dan diameter aliran sebesar 650-800 mm.

Gambar 6 memperlihatkan nilai T_{50} terhadap persentase abu sawit. Secara umum semakin besar persentase abu sawit dalam campuran SCC maka semakin lama beton segar mencapai diameter 50 cm. Nilai T_{50} berkisar antara 3,69-7,2 detik untuk variasi kadar abu sawit dari 0-20% dalam campuran beton. Berdasarkan standar EFNARC (2002), SCC menggunakan campuran abu sawit sebesar 10% masih memenuhi standar dengan nilai T_{50} sebesar 4,9 detik.

Meningkatnya waktu aliran beton segar SCC untuk mencapai diameter 50 cm (T_{50}) menunjukkan bahwa viskositas beton segar SCC meningkat dengan persentase abu sawit yang tinggi. Jumlah air bebas pada campuran beton segar SCC berkurang karena penyerapan abu sawit yang permukaan spesifik butirannya lebih besar dari pada semen. Oleh karena itu, campuran SCC dengan persentase abu sawit yang lebih besar mengalami

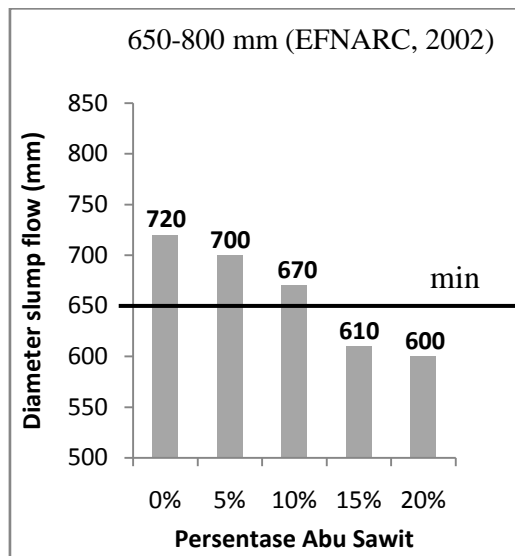
hambatan aliran yang lebih tinggi dalam pengujian penyebaran T_{50} . Pemanfaatan abu sawit untuk campuran SCC yang diteliti oleh Safiuddin *et al* (2010) menunjukkan hasil yang sama. Hambatan aliran tersebut sangat baik untuk menghindari memisahkannya pasta beton dengan material lainnya.



Gambar 6. Grafik nilai T_{50} terhadap persentase abu sawit

Gambar 7 memperlihatkan bahwa penurunan aliran *slump* (*slump flow*) meningkat saat persentase abu sawit ditambah. Diameter penyebaran beton segar SCC yang masih memenuhi standar SCC menurut EFNARC (2002) adalah

sebesar 670 mm pada persentase abu sawit sebanyak 10%.

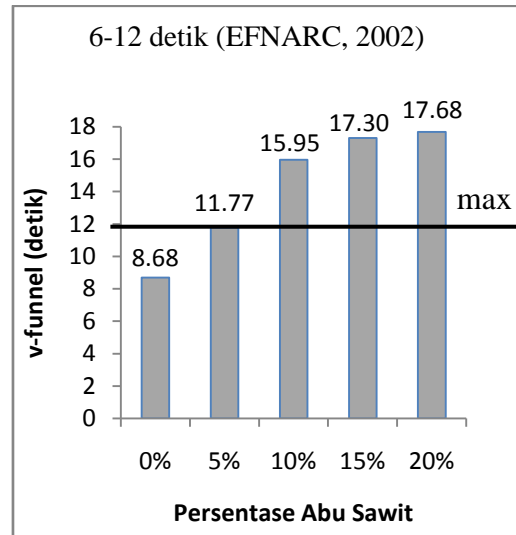


Gambar 7. Grafik *slump flow* terhadap persentase abu sawit.

Hasil pengujian *V-Funnel* bervariasi dari 8,68-17,68 detik untuk persentase abu sawit 0-20%, sedangkan menurut EFNARC (2002) nilai *V-Funnel* berkisar antara 6-12 detik. Nilai pengujian ini relatif besar karena *water/binder* (W/B) SCC yang rendah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan beton segar SCC melewati corong pada pengujian *V-Funnel* yang memenuhi standar EFNARC (2002) adalah 11,77 detik pada kadar abu sawit 5%. Sama seperti *slump flow*, semakin tinggi kadar abu sawit yang diberikan, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan beton segar SCC untuk mengalir. Gambar 8 memperlihatkan kenaikan waktu *V-Funnel* terhadap peningkatan kadar abu sawit pada beton segar SCC.

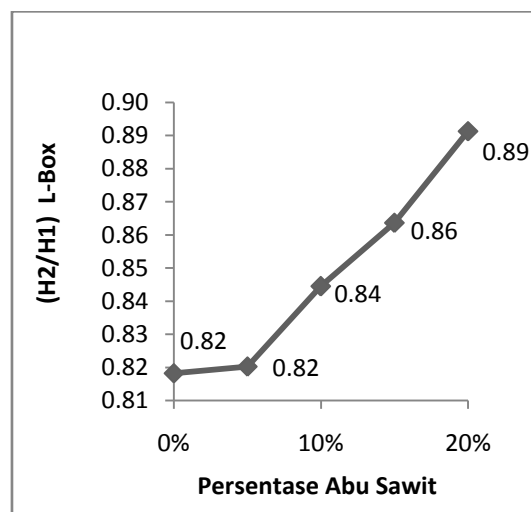
Besarnya waktu yang dibutuhkan beton segar SCC untuk mengalir juga disebabkan oleh pengaruh kadar abu sawit yang menyerap air. Ukuran partikel abu sawit yang kecil dan memiliki ruang pori mengakibatkan adanya daya serapan air bebas pada campuran SCC, sehingga viskositas beton meningkat. Viskositas

campuran SCC yang tinggi sangat dibutuhkan untuk menghindari terjadinya segregasi dan *bleeding*, namun masih dalam keadaan *workability* yang tinggi



Gambar 8. Grafik *V-Funnel* terhadap persentase abu sawit.

Pengujian *L-Box* berdasarkan standar EFNARC (2002) memberikan *passing ratio* 0,8-1,0. *Passing ratio* adalah perbandingan ketinggian di ujung dan pangkal kotak pengujian *L-Box*. *Passing ratio* yang tinggi diperlukan beton segar untuk memudahkan pengaliran melalui tulangan yang rapat tanpa terjadinya pemisahan antara pasta beton dan agregatnya.



Gambar 9. Grafik *passing ratio L-Box* terhadap persentase abu sawit



Gambar 10. Uji *L-Box* (a) persentase abu sawit 0%, (b) persentase abu sawit 20%

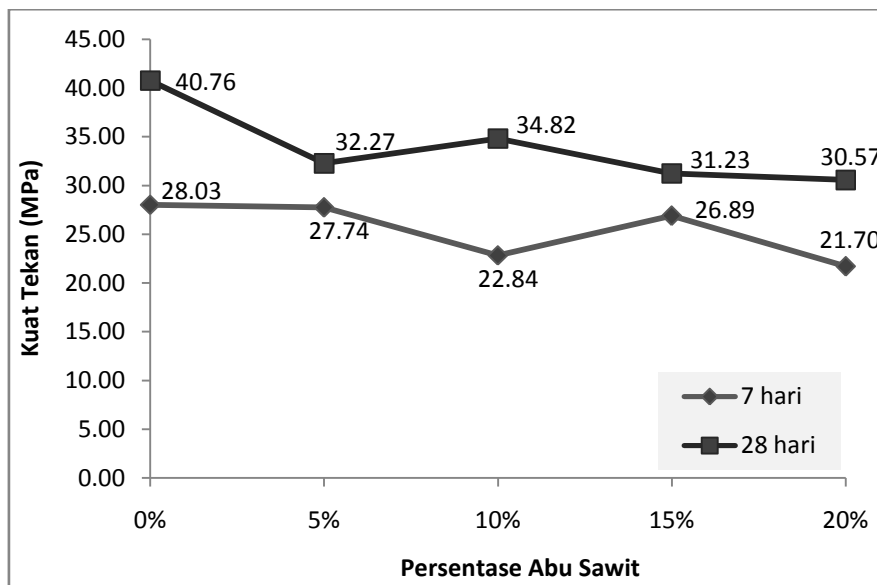
Berdasarkan Gambar 9, dapat dilihat bahwa *passing ratio* meningkat dengan peningkatan persentase abu sawit dalam SCC. Peningkatan persentase abu sawit dapat meningkatkan *passingability* beton segar SCC dapat dilihat dari Gambar 10(a) dan 10(b). Campuran SCC tanpa abu sawit (0%) dapat mengakibatkan pemisahan antara butiran agregat dengan pasta beton (Gambar 10(a)). Namun campuran beton menggunakan abu sawit dengan persentase 20% (Gambar 10(b)) meningkatkan viskositas karena abu sawit menyerap air bebas dan menjadikan beton lebih homogen. Semakin meningkat kadar abu sawit maka campuran SCC menjadi

lebih homogen sehingga tidak terjadi pemisahan agregat kasar ketika melewati besi tulangan yang berada di pangkal *L-Box*. Penelitian terdahulu pada SCC menggunakan abu terbang menunjukkan hasil serupa (Hamka dalam Saputra (2011)). *Passingability* beton SCC semakin meningkat dengan penambahan *fly ash* dalam campuran.

3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan SCC

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7 dan 28 hari untuk masing-masing persentase (0-20%). Gambar 11 memperlihatkan secara umum telah terjadi penurunan kuat tekan dengan penambahan abu sawit.

Hasil kuat tekan SCC pada penelitian ini tidak konsisten antara hasil kuat tekan pada umur 7 dengan umur 28 hari. Grafik pada Gambar 11 menunjukkan bahwa terjadi kecenderungan pola yang tidak biasa pada kuat tekan SCC dengan menggunakan abu sawit sebagai *binder* untuk menggantikan sebagian semen. Fenomena ini dikarenakan tidak meratanya proses pemadatan sendiri oleh beton segar SCC saat proses pencetakan.



Gambar 11. Grafik kuat tekan SCC

Abu sawit 5% memberikan kuat tekan maksimum pada umur 7 hari yaitu 99,07% dari kuat tekan rencana, namun terjadi penurunan kuat tekan beton setelah 10-20% yang hanya mencapai 81,5-77,5% dari kuat tekan rencana. Penurunan drastis kuat tekan SCC umur 28 hari terjadi pada persentase abu sawit 5% yang hanya mencapai kuat tekan 80,68% dari kuat tekan rencana, namun meningkat kembali pada persentase abu sawit sebanyak 10% yaitu sebesar 87,05% dari kuat tekan rencana. Fenomena pola kuat tekan yang tidak biasa ini juga terjadi pada penelitian penggunaan abu vulkanik untuk campuran SCC yang diteliti oleh Saputra (2011).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan pengujian SCC menggunakan abu sawit sebagai substitusi terhadap *binder* adalah sebagai berikut: Berdasarkan penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan pengujian SCC menggunakan abu sawit sebagai substitusi terhadap *binder* adalah sebagai berikut:

- a. Variasi kadar abu sawit yang diberikan terhadap berat *binder* SCC sangat mempengaruhi *workability* dan kuat tekan SCC.
- b. Pengujian *flowability* dan *fillingability* menggunakan *slump cone* diperoleh nilai T_{50} yang meningkat dan diameter penyebaran SCC menurun seiring dengan peningkatan kadar abu sawit yang diberikan. Kadar maksimum yang memenuhi syarat SCC adalah 10% abu sawit dengan nilai T_{50} sebesar 4,9 detik dan diameter penyebaran SCC sebesar 670 mm.
- c. Pengujian *flowability* dan *fillingability* juga dilakukan dengan menggunakan *V-Funnel*. Waktu alir beton segar SCC pada *V-Funnel* meningkat seiring dengan peningkatan kadar abu sawit yang diberikan dan kadar maksimum abu

sawit yang memenuhi syarat SCC adalah 5% abu sawit dengan waktu alir melalui *V-Funnel* sebesar 11,77 detik.

- d. *Passingability* diuji dengan *L-Box*. *Blocking ratio* meningkat seiring dengan peningkatan abu sawit yang diberikan. Kadar abu sawit sampai 20% masih memenuhi syarat SCC untuk pengujian *passingability* menggunakan *L-Box*. Secara pengamatan abu sawit dapat mengurangi pemisahan pasta beton dengan material SCC lainnya saat melalui tulangan pada *L-Box*.
- e. Pengujian kuat tekan SCC dilakukan pada umur 7 dan 28 hari. Kuat tekan maksimum pada umur 28 hari diperoleh pada campuran dengan kandungan abu sawit 10% sebesar 34,82 MPa atau 87,05% dari kuat tekan rencana.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, perlu beberapa saran untuk ditindaklanjuti yaitu sebagai berikut:

- a. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut dengan memperbanyak jumlah benda uji agar data yang diperoleh lebih banyak dan lebih akurat.
- b. Dapat dilakukan penelitian SCC dengan menggunakan bahan mineral pengganti dan superplasticizer yang lain.
- c. Dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan alat uji ketahanan beton segar SCC terhadap segregasi.
- d. Menghindari sekecil mungkin kesalahan yang dapat terjadi, baik oleh faktor *human error* atau juga kesalahan pada alat dan bahan penelitian.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian terutama kepada:

- a. Dosen Pembimbing, Ibu Monita Olivia dan Bapak Alex Kurniawandy yang

- selalu sabar membimbing dan memberikan masukan yang membangun.
- b. Bapak Heri Kurniawan dan semua Staf PT. Sarikat Putra yang telah memberikan abu sawit
 - c. Teman seperjuangan, Ririn, Winda, Jaya, Uli, dan Fahrul Izwar yang selalu semangat dan membantu kapan pun.
 - d. Asisten Laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Riau.
 - e. Teman-teman senasib seperjuangan sesama mahasiswa Teknik Sipil Universitas Riau khususnya Benny Hamdi RP dan Wita Meutia serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.** 2012. *Kebun Sawit Rakyat di Riau Capai 1,1 Juta Hektar*. <<http://www.riauterkini.com/usaha.php?arr=43212>> [accessed: 05 November 2012]
- ASTM.**1983. *Annual Book of ASTM Standards: Part 14, Concrete and Mineral Aggregates*. Philadelphia
- Dinas perkebunan Provinsi Riau.** 2012. *Riau dalam angka*. <http://riau.bps.go.id/attachments/tabel%206.2.2.pdf>
- Donny, W.** 2005. *Kuat lentur Beton Geopolimer*. Skripsi. Program Studi S1 teknik Sipil UR, Pekanbaru
- EFNARC.**2002. *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete*. Surrey GU9 7EN, UK.
- Burak, F, Tu' rkel, S & Baradan, B.** 2006. Effect of water/cement ratio on the fresh and hardened properties of self compacting concrete. *Building and Environment*. 42: 1795–1802
- Herbudiman, B & Januar, C.** 2011. *Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Powder pada Self-Compacting Concrete*. Department of Civil Engineering Parahyangan Catholic University.
- Ilham, Ade.** 2005. *Pengaruh Sifat-Sifat Fisik dan Kimia Bahan Pozolan pada Beton Kinerja Tinggi*. Media dan Komunikasi Teknik Sipil.13:3
- Kheder, Ghazi F & Al Jadiri, Rand S.** 2010. New Method for proportioning Self-Compacting Concrete Based on Compressive Strength Requirements. *ACI Material Journal*.
- Mulyono, Tri.** 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Nugraha, P & Antoni.** 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit ANDI
- Okamura, H & Ouchi, M.** 2003. Self-Compacting Concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*.1: 1 dan 5-15.
- Olivia, M, Rachmadan O, Indrawar, R Juni, Indrawan B & Damon.** 2005. *Pemanfaatan Abu Sawit sebagai Bahan Tambah pada Beton*. Jurnal Sains dan Teknologi 4(I):10-15.
- Safiuddin, Md. Isa, Mohd H. & Jumaat, Mohd Z.** 2010. Fresh Properties of Self-consolidating Concrete Incorporating Palm Oil Fuel Ash as a Supplementary Cementing Material. *Chiang Mai J. Sci.* 38 : 389-404.
- Saputra, AAI.** 2011. *Perilaku fisik dan mekanik Self compacting concrete (scc) dengan Pemanfaatan Abu Vulkanik Sebagai Bahan Tambahan Pengganti Semen*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil. Surabaya: ITS.
- Shetty, Ms.** 2000. *Concrete Technology Theory and Practice*. Ram Nagar, New Delhi: S. Chand & Company Ltd
- SNI 1990-2002.** *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Bandung: Badan Standar Nasional
- SNI 03-1969-1990.** *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Bandung: Badan Standar Nasional
- SNI 03-1970-1990.** *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air*

- Agregat Kasar*. Bandung: Badan Standar Nasional
- SNI 03-1971-1990**. *Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles*. Bandung: Badan Standar Nasional
- SNI 03-2471-1991**. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Bandung: Badan Standar Nasional
- Uysal, M & Yilmaz, K.** 2010 Effect of Mineral Admixtures on Properties of Self-Compacting Concrete. *Cement & Concrete Composites*. 33: 771–776
- Zahrina, Ida.** 2007. *Pemanfaatan Abu Sabut dan Cangkang Sawit Sebagai Sumber Silika pada Sintesis zsm-5 dari Zeolit Alam*. *Jurnal sains dan teknologi* 6(2):31-34