

Kuat Tekan Awal *Self Compacting Concrete* dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus

Early Age Compressive Strength of Self Compacting Concrete with Ash Rice Husk as Partial Replacement of Fine Aggregate

Ahmad Widiyan, Hakas Prayuda, Taufiq Ilham Maulana

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. *Self compacting concrete* (SCC) merupakan beton yang dapat mengalir dan memadat dengan berat sendirinya, sehingga dapat mempercepat dan mempermudah pengecoran suatu pekerjaan konstruksi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui *flowability* dan kuat tekan pada *self compacting concrete* dengan penambahan *silica fume* dan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian agregat halus. Kadar *silica fume* yang digunakan sebesar 5% dari berat semen, sedangkan variasi abu sekam padi yang digunakan sebesar 20%, 40% dan 60% dari berat agregat halus. Pengujian beton segar menggunakan metode pengujian *slump flow*, *J-ring*, *L-box* dan *V-funnel*. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 3, 14 dan 28 hari dengan benda uji berbentuk silinder ukuran 15 x 30 cm. Berdasarkan hasil penelitian didapat bahwa semakin banyak abu sekam padi yang digunakan maka kuat tekan beton mengalami penurunan. Kuat tekan optimal dimiliki oleh campuran abu sekam padi 20% dengan kuat tekan rata-rata sebesar 12,41 MPa pada umur 3 hari, 18,26 MPa pada umur 14 hari dan 20,77 MPa pada umur 28 hari.

Kata kunci: *silica fume*, abu sekam padi, kuat tekan, *self compacting concrete*, *flowability*.

Abstract. Self compacting concrete (SCC) is a concrete that can flow and solidify with its own weight, so it can accelerate and simplify the casting of a construction work. The purpose of this research is to know the *flowability* and compressive strength of self compacting concrete with the addition of *silica fume* and rice husk ash as a substitute of some fine aggregate. The *silica fume* content used was 5% from the weight of the cement, while the rice husk ash variations used are 20%, 40% and 60% from the weight of fine aggregate. Fresh concrete testing using *slump flow* testing method, *j-ring*, *L-box* and *V-funnel*. Concrete compressive strength testing conducted at the age of 3, 14 and 28 days with cylindrical test object size 15 x 30 cm. Based on the results obtained that the more rice husk ash is used the compressive strength of concrete will be decreased. The maximum strength is held by 20% rice husk ash mixture with an average compressive strength of 12,41 MPa at 3 days, 18,26 MPa at 14 days and 20,77 MPa at 28 days.

Keywords : *silica fume*, rice husk ash, compressive strength, self compacting concrete, *flowability*.

1. Pendahuluan

Pengecoran beton konvensional pada *beam column joint* yang padat tulangan dengan menggunakan vibrator belum menjamin tercapainya kepadatan secara optimal (Widodo., 2014). *Self compacting concrete* (SCC) merupakan beton yang dapat mengalir dan memadat dengan berat sendirinya, sehingga dapat mempercepat dan mempermudah pengecoran suatu pekerjaan konstruksi. Supaya mendapatkan kinerja beton menjadi lebih tinggi, maka digunakan agregat kasar yang lebih kecil dengan ukuran maksimum 10 mm (Amiruddin dkk., 2015). Selain itu, *self compacting concrete* (SCC) juga membutuhkan *superplasticizer* untuk

meningkatkan workabilitas dan daya alir beton (Setyawan dkk., 2016). Pada beton SCC, mortar merupakan pemegang kendali utama dari karakteristik utama, sehingga kemampuan mengalir pada *flow mortar* dapat meningkatkan kemampuan mengisi celah-celah agregat yang membuat kekuatan beton bertambah (Maskur., 2017).

Salah satu pengujian yang dilakukan terhadap beton segar yaitu *Slump flow*, umumnya pengujian yang dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan aliran dari *self compacting concrete* (Muttashar dkk., 2018). Penggunaan bahan tambah limbah fiber dan serbuk bata pada pembuatan *self compacting concrete* dapat meningkatkan *workability* dan

flowability, hal tersebut ditunjukkan dengan peningkatan nilai *slump flow* (Safarizki., 2017). Berdasarkan pengujian *workability* dan *flowability* dapat diketahui bahwa bersamaan dengan banyaknya *fly ash* yang digunakan maka semakin menurun tingkat *workability* dan *flowability* (Kartini., 2009).

Kebutuhan semen dalam jumlah besar dan bahan tambah *superplasticizer* merupakan salah satu kelemahan dari beton SCC karena membutuhkan biaya yang tinggi (Sharma dan Khan., 2017). Limbah abu sekam padi dan kaca dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton *self compacting concrete*, sehingga berdampak positif pada lingkungan serta dapat mengurangi biaya pembuatan beton (Marhendi dan Yusup., 2017). Penggunaan zeolit alam dapat meningkatkan kuat tekan rata-rata beton, *filling ability*, waktu ikat awal dan waktu ikat akhir (Poerwadi dkk., 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *silica fume* dan abu sekam padi terhadap *flowability*, kuat tekan dan mutu pada *self compacting concrete*.

2. Metode Penelitian

Alat

Pengujian ini menggunakan alat-alat sebagai berikut :

1. *Mixer Concrete* sebagai mesin yang digunakan untuk mencampur bahan-bahan penyusun beton SCC.
2. Meja sebar, Kerucut *abrams*, *V-funnel*, *J-Ring*, *L-Box*, penggaris, *stopwatch*, ember sebagai alat untuk melakukan pengujian *flowability* beton segar *self compacting concrete*.
3. Silinder beton dalam pengujian ini berukuran 15 x 30 cm untuk mencetak benda uji.
4. *Compressive Strength Machine* untuk melakukan pengujian kuat tekan beton.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan sebagai komposisi campuran beton yaitu :

1. Agregat Kasar yang digunakan merupakan split/batu pecah berukuran ± 2 cm yang diperoleh dari daerah Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta.

2. Agregat Halus berupa pasir yang diperoleh dari Sungai Progo, Kulon Progo, Yogyakarta.
3. Semen yang digunakan merupakan produk dari Holcim dengan jenis PCC.
4. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. *Superplasticizer* yang digunakan dari produk Sika yaitu *Viscocrete-1003*.
6. *Silica fume* yang digunakan dari merek dagang sika fume.
7. Abu sekam padi diperoleh dari sisa pembakaran sekam padi yang digunakan dalam industry pembakaran bata merah.

Pelaksanaan Penelitian

1. Pemeriksaan bahan komposisi beton
Terdapat pengujian yang dilakukan untuk mengetahui spesifikasi dari bahan yang akan digunakan, sebagai berikut :

- a) Pemeriksaan kadar air agregat halus dan agregat kasar.
- b) Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dan agregat kasar.
- c) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan agregat kasar.
- d) Pemeriksaan berat satuan agregat halus dan agregat kasar.
- e) Pemeriksaan gradasi agregat halus dan abu sekam padi.
- f) Pemeriksaan keausan agregat kasar.

2. *Mix Design*

Pengujian pada beton SCC ini menggunakan *mix design* dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Aggarwal dkk. (2008).

3. Pengujian Beton Segar

Untuk mengetahui *flowability* dari suatu beton segar, dilakukan pengujian dengan mengacu pada EFNARC 2005, yaitu sebagai berikut :

- a) *Slump flow test*
- b) *J-Ring test*
- c) *V-funnel test*
- d) *L-Box test*

4. Pengujian Kuat Tekan

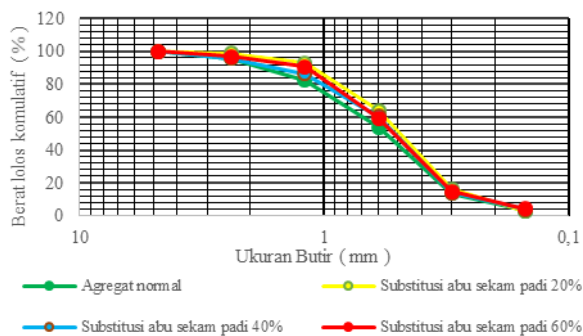
Setelah dilakukan pengujian terhadap beton segar dan kemudian beton segar

dicetak, maka selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan terhadap beton.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil Pemeriksaan Agregat

Penelitian yang dilakukan di laboratorium struktur dan bahan konstruksi, program studi teknik sipil, fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta ini, melakukan pengujian terhadap material-material yang akan digunakan pada campuran pada *self compacting concrete* yaitu agregat halus yang berasal dari Sungai Progo, kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta dan agregat kasar yang berasal dari batu pecah Clereng, kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. Hasil dari pengujian gradasi agregat halus dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada tabel 1 dan hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 1. Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus

Tabel 1. Hasil pengujian agregat halus

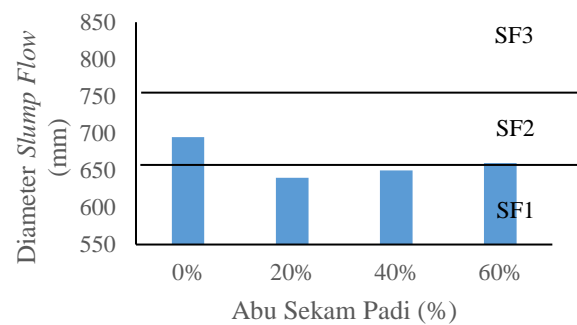
Jenis Pengujian	Satuan	Hasil
Modulus halus butir	-	3,470
Kadar lumpur	%	1,31
Kadar Air	%	9,01
Berat jenis	-	2,25
Penyerapan air	%	17,30
Berat Satuan	gr/cm ³	1,31

Tabel 2. Hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian	Satuan	Hasil
Kadar Air	%	2,74
Kadar Lumpur	%	1,89
Berat jenis	-	2,73
Penyerapan air	%	1,45
Berat Satuan	gr/cm ³	1,76
Keausan Agregat	%	30,97

Pengujian slump flow

Hasil pengujian *slump flow* memiliki diameter antara 640 – 695 mm, hasil yang didapat merupakan hasil rata-rata diameter dari arah vertikal dan horizontal. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 2. Semakin banyak campuran abu sekam padi yang digunakan maka sebaran beton segar akan bertambah. Diameter *slump flow* yang dihasilkan pada penelitian ini dengan bahan tambah abu sekam padi 0%, 20%, 40% dan 60% sebesar 695, 640, 650 dan 660 mm. Hasil pada kadar abu sekam padi 0%, 40% dan 60% masuk dalam kategori SF2, sedangkan pada kadar abu sekam padi 20% masuk pada kategori SF1 berdasarkan EFNARC 2005.

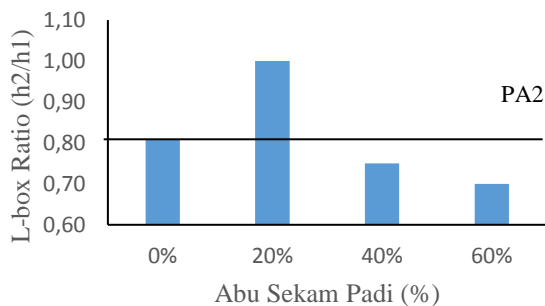


Gambar 2. Hasil pengujian *slump flow*

Pengujian L-box

Berdasarkan hasil pengujian *L-box* didapat nilai rasio beda tinggi (h_2/h_1) dengan bahan tambah abu sekam padi 0%, 20%, 40% dan 60% sebesar 0,81; 1; 0,75 dan 0,70 seperti yang ditampilkan pada gambar 3. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan beton segar untuk melewati tulangan yang rapat tanpa mengalami segregasi ataupun *blocking* yang membuat beton segar tidak dapat mengalir. Nilai rasio beda tinggi (h_2/h_1) dari pengujian harus sama atau lebih tinggi dari 0,8. Rasio *L-box* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar abu sekam padi yang digunakan pada campuran beton SCC, hal tersebut terjadi karena beton segar masih kental dan material-material penyusun beton belum tercampur secara sempurna sehingga beberapa beton segar tertinggal pada tulangan. Dari hasil pengujian ini, hanya beton segar dengan kadar abu sekam padi 0% dan 20% yang masuk dalam kategori PA2 karena menggunakan *L-box*

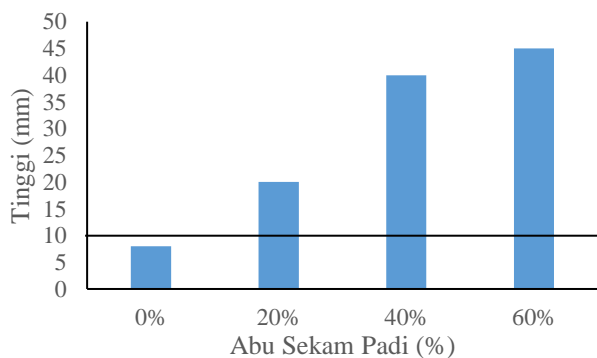
dengan 3 tulangan dan mempunyai rasio beda tinggi lebih atau sama dari 0,8.



Gambar 3. Hasil pengujian *L-box*

Pengujian *J-ring*

Dari hasil pengujian *J-ring* didapat tinggi beton segar pada kadar abu sekam padi 0% sebesar 8 mm, pada kadar abu sekam padi 20% sebesar 20 mm, pada kadar abu sekam padi 40% sebesar 40 mm dan pada kadar abu sekam padi 60% sebesar 45 mm. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4. Semakin banyak kadar abu sekam padi yang digunakan, tinggi beton segar SCC juga mengalami peningkatan. Tinggi beton meningkat karena beton segar sulit untuk melewati tulangan dan tertahan pada alat *j-ring*. Dari hasil pengujian beton segar SCC hanya beton dengan variasi abu sekam padi 0% yang memenuhi persyaratan EFNARC 2002 karena memiliki tinggi beton segar dibawah atau sama dengan 10 mm.

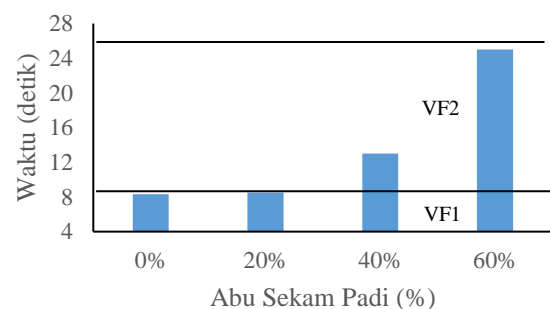


Gambar 4. Hasil pengujian *J-ring*

Pengujian *V-funnel*

Berdasarkan pengujian *V-funnel* didapat waktu yang diperlukan beton segar SCC untuk keluar secara sempurna tanpa mengalami segregasi pada kadar abu sekam padi 0% sebesar 8,3 detik, pada kadar abu sekam padi 20% sebesar 8,5 detik, pada kadar abu sekam

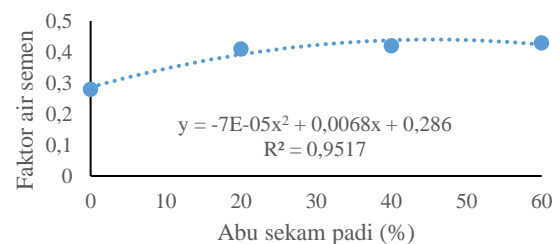
padi 40% sebesar 13 detik dan pada kadar abu sekam padi 60% sebesar 25 detik. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 5. Pengujian *V-funnel* bertujuan untuk mengetahui tingkat kekentalan pada beton segar. Dengan bertambahnya abu sekam padi yang digunakan maka semakin lama beton segar keluar dari dalam alat, hal tersebut kemungkinan terjadi karena metode pencampuran beton kurang sempurna, pengaruh abu sekam padi dan beton segar mengalami sedikit pemisahan agregat (*segregasi*). Berdasarkan hasil pengujian yang didapat beton segar masuk dalam kategori VF2 dengan nilai antara 9-25 detik.



Gambar 5. Hasil pengujian *V-funnel*

Faktor air semen (FAS)

Semakin banyak kadar abu sekam padi yang digunakan maka penggunaan air juga semakin banyak, karena abu sekam padi banyak menyerap kebutuhan air. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 6.

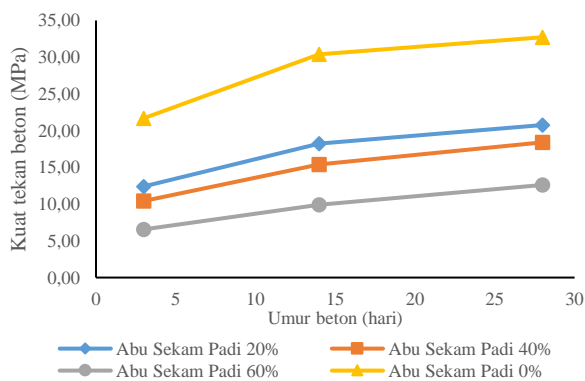


Gambar 6. Hubungan antara faktor air semen dengan kadar abu sekam padi

Hasil pengujian kuat tekan

Berdasarkan gambar 7 terlihat bahwa kuat tekan beton mengalami kenaikan bersamaan dengan bertambahnya umur. Kuat tekan beton mengalami kenaikan yang signifikan dari umur 3 hari menuju umur 14 hari, tetapi pada umur 14 hari menuju 28 hari kuat tekan beton

mengalami kenaikan yang relatif sedikit. Hal tersebut bisa terjadi karena reaksi dari semen dan agregat telah terikat secara sempurna. Kuat tekan beton tertinggi pada umur 3 hari dimiliki oleh campuran beton dengan bahan tambah abu sekam padi 0% yaitu sebesar 21,69 MPa dan kuat tekan terendah pada beton dengan bahan tambah abu sekam padi 60% yaitu sebesar 6,56 MPa. Pada umur 14 hari kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan bahan tambah abu sekam padi 0% yaitu sebesar 30,40 MPa, sedangkan kuat tekan terendah dimiliki oleh beton dengan bahan tambah abu sekam padi 60% yaitu sebesar 9,91 MPa. Kuat tekan beton tertinggi pada umur 28 hari yaitu 32,72 MPa dengan bahan tambah abu sekam padi 0% dan kuat tekan terendah dengan bahan tambah abu sekam padi 60% yaitu sebesar 12,61 MPa. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 7. Hubungan umur beton dan kuat tekan

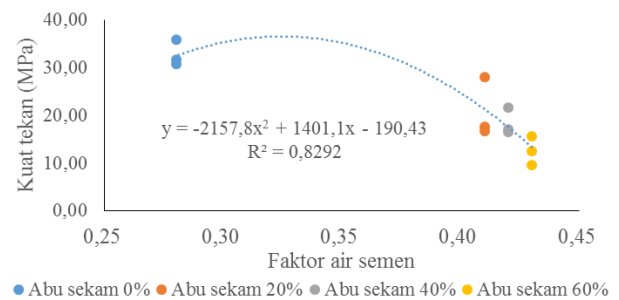
Tabel 3. Hasil pengujian kuat tekan beton

Kode	Umur Beton		
	3 Hari	14 Hari	28 Hari
SCC 0%	21,69 MPa	30,4 MPa	32,72 MPa
SCC 20%	12,41 MPa	18,26 MPa	20,77 MPa
SCC 40%	10,43 MPa	15,4 MPa	18,41 MPa
SCC 60%	6,56 MPa	9,91 MPa	12,61 MPa

Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan beton

Secara umum semakin tinggi nilai faktor air semen yang digunakan dalam pembuatan beton maka kuat tekan akan mengalami penurunan. Pada penelitian ini menunjukkan kuat tekan mengalami penurunan bersamaan dengan semakin tinggi nilai FAS yang

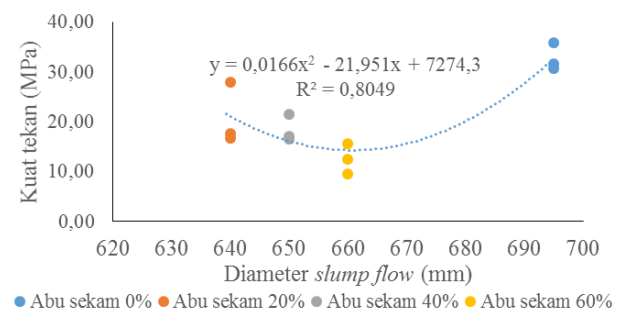
digunakan pada bahan tambah abu sekam padi sebagai pengganti agregat halus sebesar 0%, 20%, 40% dan 60%. Hasil hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen

Hubungan slump flow dan kuat tekan beton

Kuat tekan beton pada umumnya akan mengalami peningkatan apabila nilai slump flow nya semakin kecil, tetapi jika nilai slump flow terlalu tinggi maka akan rentan terhadap pemisahan agregat (*segregasi*) karena beton segar tersebut terlalu cair serta nilai slump flow yang ideal menurut EFNARC 2005 berkisar antara 660 sampai 750 mm dan masuk pada kategori SF2. Berdasarkan hasil pengujian slump flow dengan bahan tambah abu sekam padi sebagai pengganti sebagian agregat halus sebesar 20%, 40% dan 60% didapat semakin kecil nilai slump flow maka kuat tekan beton mengalami peningkatan, namun pada penambahan abu sekam padi 0% nilai slump flow didapat lebih tinggi dan nilai kuat tekan beton juga lebih tinggi. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 9.

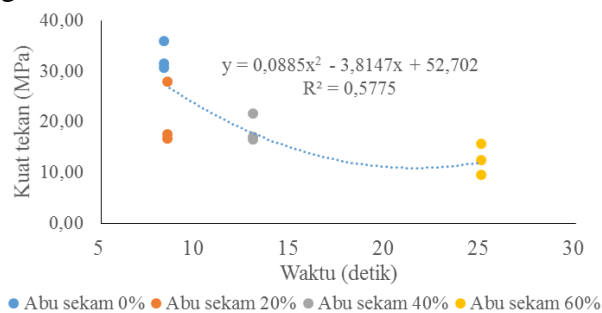


Gambar 9. Hubungan antara kuat tekan dan nilai slump flow

Hubungan V-funnel dengan kuat tekan beton

Kuat tekan beton pada umumnya mengalami penurunan bersamaan dengan

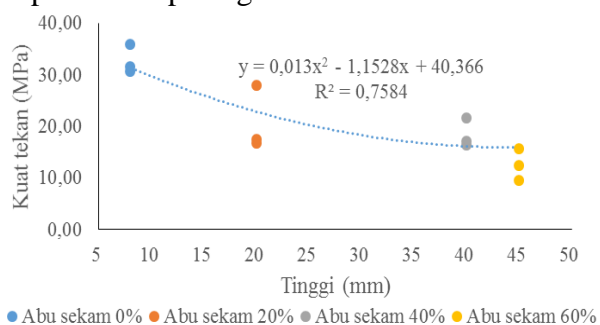
banyaknya waktu yang dicapai pada pengujian *v-funnel*. Berdasarkan hasil pengujian didapat kuat tekan mengalami penurunan bersamaan dengan banyaknya waktu yang dicapai beton segar untuk keluar dari alat *V-funnel* pada penggunaan kadar abu sekam padi sebesar 20%, 40% dan 60%, dan waktu paling lama yang dibutuhkan beton segar untuk keluar dari alat *v-funnel* yaitu pada kadar abu sekam padi 60%. Pada pengujian dengan kadar abu sekam padi sebanyak 60% kemungkinan mengalami sedikit *segregasi* dan pengaruh abu sekam padi yang relatif banyak sehingga waktu yang dibutuhkan relatif lama dan kuat tekan lebih rendah. Hasil pengujian hubungan antara *v-funnel* dan kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Hubungan antara kuat tekan dan nilai *V-funnel*

Hubungan *J-ring* dengan kuat tekan beton

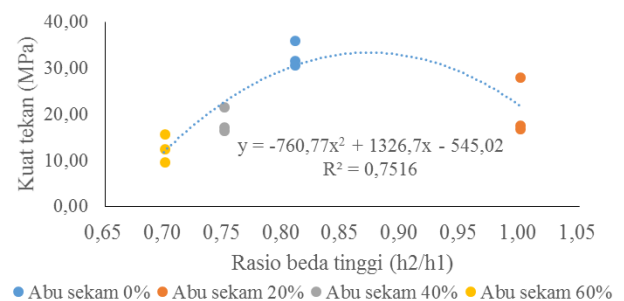
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan kuat tekan mengalami penurunan bersamaan dengan semakin tinggi hasil pengujian *j-ring*. Hal tersebut terjadi kemungkinan karena pencampuran material yang kurang sempurna dan pengaruh abu sekam padi yang relatif banyak. Nilai pengujian *j-ring* paling tinggi didapat pada bahan tambah abu sekam padi sebesar 60% dan paling kecil pada kadar abu sekam padi 0%. Hasil pengujian hubungan antara *j-ring* dan kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Hubungan antara kuat tekan dengan *J-ring*

Hubungan pengujian *L-box* dengan kuat tekan beton

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapat bahwa pada penggunaan abu sekam padi 0% dan 20% nilai *L-box* dan kuat tekan lebih tinggi dibanding penggunaan abu sekam padi 40% dan 60%. Pada penggunaan abu sekam padi dengan kadar 40% dan 60% nilai pengujian *L-box* semakin rendah bersamaan dengan kuat tekannya dan tidak masuk pada syarat SCC. Hal tersebut terjadi kemungkinan karena metode pelaksanaan campuran beton yang kurang sempurna dan beton masih kental, bisa juga karena pengaruh abu sekam padi yang banyak. Hasil penelitian hubungan antara pengujian *L-box* dan kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Hubungan antara kuat tekan dan pengujian *L-Box*

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Mutu beton semakin rendah bersamaan dengan banyaknya kadar abu sekam padi yang digunakan dan mutu beton semakin tinggi bersamaan dengan bertambahnya umur beton. Pada umur 3 hari menuju 14 hari laju kenaikan kuat tekan beton SCC normal lebih cepat dibanding dengan laju kenaikan kuat tekan beton dengan tambahan abu sekam padi.
2. Semakin banyak kadar abu sekam padi yang digunakan maka akan mempengaruhi kemampuan mengalir pada beton segar atau yang biasa disebut *flowability*. Komposisi campuran terbaik adalah dengan bahan tambahan abu sekam padi sebesar 40% dan 60% karena telah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh EFNARC 2005. Pada kadar abu sekam padi 20% nilai *flowability* lebih rendah karena

pencampuran material-material beton yang kurang sempurna.

3. Kuat tekan beton semakin rendah bersamaan dengan bertambahnya kadar abu sekam padi yang digunakan. Kuat tekan tertinggi dimiliki oleh kadar abu sekam padi sebesar 20% dengan kuat tekan rata-rata sebesar 20,77 MPa pada umur 28 hari. Sedangkan kuat tekan terendah dimiliki oleh kadar abu sekam padi 60% dengan kuat tekan rata-rata sebesar 12,61 MPa pada umur 28 hari.

5. Daftar Pustaka

- Aggarwal, P., Siddique, R., Aggarwal, Y., & Gupta, S. M., (2008), Self-Compacting Concrete-Procedure for Mix Design, *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, 12, 15-24.
- Amiruddin, A., Ibrahim, I., & Sulianti, I. (2015). Pengaruh Perubahan Ukuran Maksimum Agregat Kasar Terhadap Jumlah Semen Untuk Pembuatan Beton SCC dengan Bahan Tambah SP430 dan RP260. *PILAR*, Vol. 10, No. 2.
- European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products (EFNARC)*, 2005, *The European for Guidelines for Self- Compacting Concrete Specification Production and Use*, Hampshire, UK.
- Kartini, W. (2009). Pengaruh Penambahan Fly Ash pada Self Compacting Concrete (SCC) Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas. *Rekayasa Sipil*, 3(2), 161-170.
- Marhendi, T., & Yusup, F. (2017). Pemanfaatan Limbah Kaca dan Abu Sekam Padi Sebagai Powder Pada *Self Compacting Concrete* (Beton Memadat Sendiri). *Techno*, 17(2), 67-72.
- Maskur, I. (2017). Perancangan Campuran Flow Mortar Untuk Pembuatan Self Compacting Concrete Dengan FAS 0,5. *Dinamika Rekayasa*, 13(2), 89-96.
- Muttashar, H. L., Ariffin, M. A. M., Hussein M. N., Hussin M. W., Ishaq S. B., (2018), Self-compacting geopolymer concrete with spend garnet as sand replacement, *Journal of Building Engineering*, 15, 85-94.
- Poerwadi, M. R., Zacoeb, A., & Syamsudin, R. (2014). Pengaruh Penggunaan Mineral Lokal Zeolit Alam Terhadap Karakteristik Self-Compacting Concrete (SCC). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, Vol. 1, No. 2.
- Safarizki, H. A. (2017). Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Bata Dan Serat Fiber Pada Self Compacting Concrete (SCC). *Jurnal Ilmiah Teknosains*, Vol. 3, No. 2.
- Sharma R., & Khan R. A., 2017, Durability assessment of self compacting concrete incorporating copper slag as fine aggregates, *Construction and Building Materials*, 155, 617-629.
- Setyawan, D., Saleh, F., & Payuda, H. (2016). Pengaruh Variasi Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Flowability dan Kuat Tekan Self Compacting Concrete. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 12(2), 40-49.
- Widodo, S. (2014). Efek Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Karakteristik Beton Segar Jenis Self-Compacting Concrete. *Media Komunikasi Teknik sipil*, 17(2), 189-197.

