

SUBSTITUSI LIMBAH ABU SEKAM PADI PADA BETON *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

M. Ridwan¹, Istiqomah², dan Budi Kudwadi³

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 207 Bandung, Jawa Barat, Indonesia
ridwanlbs@upi.edu

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 207 Bandung, Jawa Barat, Indonesia
istiqomah@upi.edu

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 207 Bandung, Jawa Barat, Indonesia
bkudwadi@upi.edu

Masuk: 13-07-2024, revisi: 28-08-2024, diterima untuk diterbitkan: 03-09-2024

ABSTRACT

The current condition of cement industry is rapidly growing. Limestone, one of the main ingredients in portland cement is non-renewable. An innovation that can reduce the use of cement is rice husk ash. Rice husk ash is classified as pozzolan, it has 87-97% silica content, the basis for using rice husk ash as a partial substitute for cement. The research aimed to determine the effect of rice husk ash substitution on SCC characteristics and the maximum compressive strength. This research used experimental method. Cylindrical test piece 10 x 20 cm, plan quality $fc' 35$ MPa. Variations of rice husk ash added were 6%, 8%, 10%, 12%, and 14% by weight of cement. The results of testing the characteristics of SCC at variations of ASP6%, ASP8%, and ASP10% meet the standards of EFNARC 2005. ASP12% and ASP14% do not encounter the T500 and V-Funnel testing requirements. The compressive strength of SCC increases up to 10% variation, with values of 37.174 MPa, 38.872 MPa, and 41.839 MPa. At 12% and 14% variations, the compressive strength decreased values of 39.670 MPa, and 37.034 MPa. The maximum compressive strength was obtained in the ASP10% an increase of 17,15%.

Keywords: Substitution, self compacting concrete, rice husk ash, compressive strength

ABSTRAK

Kondisi industri semen masa kini berkembang dengan sangat cepat. Batu kapur ialah sumber daya alam yang tidak bisa diperbaharui, yang menjadi salah satu bahan utama pembuatan semen. Penggunaan abu sekam padi menjadi inovasi yang dapat dilakukan untuk mengurangi penggunaan semen. Abu sekam padi digolongkan sebagai *pozzolan* karena memiliki karakteristik yang halus dan kandungan silika sebesar 87-97%, hal ini menjadi dasar penggunaan abu sekam padi sebagai substitusi parsial semen. Tujuan penelitian dilakukan guna meninjau pengaruh substitusi abu sekam padi terhadap karakteristik beton SCC dan kuat tekan maksimum. Penelitian menggunakan metode eksperimen. Bentuk benda uji berbentuk silinder 10 x 20 cm, mutu rencana $fc' 35$ MPa. Variasi abu sekam padi yang ditambahkan sejumlah 6%, 8%, 10%, 12%, dan 14% terhadap berat semen. Hasil pengujian karakteristik beton SCC pada variasi ASP6%, ASP8%, dan ASP10% memenuhi standar dari EFNARC 2005. Untuk variasi ASP12% dan ASP14% tidak memenuhi standar pada pengujian T_{500} dan *V-Funnel*. Kuat tekan beton SCC meningkat sampai variasi 10%, dengan nilai 37,174 MPa, 38,872 MPa, dan 41,839 MPa. Pada variasi 12% dan 14% kuat tekan beton SCC kembali menurun dengan nilai 39,670 MPa, serta 37,034 MPa. Kuat tekan maksimum didapatkan pada variasi ASP10% dengan kenaikan sebesar 17,15%.

Kata kunci: Substitusi, *self compacting concrete*, abu sekam padi, kuat tekan beton.

1. PENDAHULUAN

Bahan pembangunan struktur kontruksi di Indonesia pada umumnya menggunakan beton. Beton terbuat dari campuran pasir, kerikil, semen portland serta air. Pada suatu konstruksi terdapat dua jenis, yaitu beton bertulang dan beton normal. Dibandingkan dengan beton normal, pengerjaan beton bertulang memiliki kesulitan yang lebih tinggi dalam prosesnya. Hal itu dikarenakan jarak antar tulangan yang rapat, sehingga beton susah melewati celah tulangan. Permasalahan lain juga sering terjadi pada beton bertulang yaitu pada saat pengecoran ke dalam bekisting. Pekerjaan

pegecoran yang sulit biasanya akan menghasilkan beton yang keropos, mempunyai permeabilitas tinggi, dan terjadi segregasi pada beton. Oleh karena itu untuk menghilangkan rongga-rongga udara diperlukan proses pemadatan dengan alat vibrator yang nantinya didapatkan beton dengan kepadatan maksimal. Inovasi *Self Compacting Concrete* (SCC) menjadi solusi mengatasi permasalahan terkait rongga pada beton (Korua et al., 2019). Memiliki flowability yang tinggi, SCC mampu mengisi serta mengalirkan bekisting tanpa bantuan alat vibrator atau sedikit bantuan getaran dalam memadatkannya (Rahman, 2018). Teknologi beton ini pertama kali dikembangkan oleh Jepang dan sudah digunakan pada awal tahun 1990-an. Namun, penggunaan beton SCC di Indonesia belum banyak digunakan dan masih di dominasi oleh beton normal, karena biaya pembuat beton SCC yang cukup mahal dibandingkan dengan beton normal.

Memasuki perkembangan zaman, saat ini industri semen telah berkembang dengan cepat. Banyak perusahaan dan pabrik – pabrik semen yang baru didirikan. Sementara itu munculnya permasalahan yang sedang dihadapi pabrik-pabrik semen yaitu berkurangnya bahan baku pembuatan semen berupa batu kapur. Sebagai sumber daya alam tidak terbarukan, semen memiliki peranan penting sebagai bahan utama pembuatan semen. Hal ini sesuai salah satu pernyataan bahwa dampak yang ditimbulkan dari proses produksi semen adalah rusaknya ekosistem hutan kapur (Sulasmi et al., 2022). Upaya meningkatkan kualitas beton bisa dilaksanakan melalui penggunaan bahan yang memiliki tingkat kehalusan yang lebih tinggi daripada semen, serta memiliki kandungan pozzolan. Abu sekam padi memiliki kandungan pozzolan yang dapat digunakan sebagai alternative untuk meminimalisir pemakaian semen. Apabila bahan ini di bakar pada suhu 600 – 900°C akan menghasilkan abu sekam berkisar 16-25% yang mengandung sekitar 87-97% silika sehingga dapat digolongkan sebagai pozzolan (Hamdi et al., 2022). Pemakaian abu sekam padi sangat menguntungkan karena menghemat semen sehingga mengurangi biaya pada saat pengerjaan dan dapat mengurangi panas hidrasi pada beton. Namun, di Indonesia penggunaan beton dengan bahan abu sekam padi masih jarang digunakan.

Assalam et al. (2019) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa sebagai substitusi parsial semen, abu sekam padi menyebabkan kuat tekan menurun sebesar 0,189 MPa di usia 28 hari dengan variasi 10%. Trisnasari et al. (2017) menyatakan kekuatan tekan beton meningkat sebesar 15,27 MPa dengan variasi 10% pada umur 28 hari yang dilakukan dengan memanfaatkan abu sekam padi. Dengan demikian di usia 28 hari, kedua penelitian memiliki hasil nilai kuat tekan yang berbeda. Perbedaan yang terjadi pada penelitian terdahulu menjadi salah satu dasar diperlukannya lebih banyak penelitian mengenai pembuatan beton SCC yang berupa substitusi parsial semen ditinjau dari kelayakan abu sekam padi. Oleh sebab itu dilakukan penelitian ini dengan relevansi dan mempertajam terhadap penelitian sebelumnya.

Rumusan masalah pada penelitian adalah:

1. Bagaimana karakteristik beton SCC dengan substitusi abu sekam padi?
2. Bagaimana pengaruh substitusi abu sekam padi terhadap peningkatan kuat tekan beton SCC?
3. Berapa kuat tekan maksimum beton SCC dengan substitusi abu sekam padi?

Tujuan pada penelitian adalah:

1. Menganalisis karakteristik beton SCC dengan substitusi abu sekam padi.
2. Menganalisis pengaruh substitusi abu sekam padi terhadap peningkatan kuat tekan beton SCC.
3. Menganalisis kuat tekan maksimum beton SCC dengan substitusi abu sekam padi.

Self Compacting Concrete

Self Compacting Concrete merupakan beton segar yang mampu mengalir serta mengisi seluruh bagian bekisting yang disebabkan oleh berat sendirinya. Beton SCC memiliki flowability yang tinggi sehingga dapat memadat sendiri tanpa bantuan vibrator (Arumningsih et al., 2023). Beton dicampur menggunakan ukuran agregat, kadar agregat, dan superplastizicer untuk menghasilkan beton dengan kacamiran khusus yang memungkinkan untuk mengalir dengan sendirinya tanpa bantuan alat vibrator. Ketika beton dituang ke dalam bekisting, beton akan mengalir sesuai mengikuti prinsip gravitasi dan mengisi semua ruang bekisting (Sharifi et al., 2019). Kelebihan beton SCC diantaranya:

- Campuran beton memiliki kelecakan.
- Tanpa pemadatan atau sedikit pemadatan dengan vibrator.
- Stabil dan homogen.
- Dapat dibuat untuk kuat tekan mutu tinggi.
- Mempunyai porositas yang kecil.
- Permukaan beton lebih halus dibanding beton normal.
- Polusi suara rendah.
- Dapat menghemat biaya upah buruh.

Karakteristik *Self Compacting Concrete*

Keleccakan suatu beton segar dikategori menjadi beton SCC jika sesuai standar yaitu (EFNARC, 2005):

1. *Flowability*, merupakan kapabilitas beton segar dalam mengalir serta memenuhi seluruh bagian bekisting dengan beratnya sendiri. *Slump flow test* ini memiliki waktu alir yang disyaratkan pada uji T_{500} yaitu 3,5 – 6,0 detik. Pengujian dilakukan menggunakan *slump cone*.
2. *Passing ability*, merupakan kapabilitas beton segar dalam mengalir melalui beberapa celah tulangan yang sesak dari bekisting sehingga tidak mengalami *blocking* atau biasa disebut segregasi. Untuk menentukan nilai *passing ability*, digunakan alat uji yaitu *L-box*. Nilai yang disyaratkan yaitu 0,8 – 1.
3. *Filling ability*, yakni kapabilitas beton segar dalam mempertahankan komposisi agar tetap homogen sepanjang waktu transportasi hingga ke pengecoran. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai viskositas pad beton segar dan sekaligus mengetahui *filling ability*. Besaran waktu yang disyaratkan yaitu antara 9 – 25 detik.

Bahan penyusun beton

Beton tersusun atas kombinasi semen portland, agregat halus, agregat kasar, air, dan dengan atau tanpa bahan campuran ekstra atau admixture. Untuk membuat beton, bahan yang dipergunakan wajib sesuai syarat berdasarkan SNI atau peraturan lainnya. Berikut bahan – bahan penyusun beton:

1. Semen portland adalah salah satu bahan pembuatan beton yang dibuat dengan menghancurkan terak semen portland khususnya yang mencakup kalsium silikat yang sifatnya hidrolis serta digiling bersamaan dengan bahan ekstra satu atau lebih wujud kristal senyawa kalsium sulfat serta bisa dicampur bersama bahan ekstra lainnya (BSN, 2015).
2. Agregat kasar merupakan kerikil yang terbentuk secara alami akibat hancurnya batuan, atau batu pecah dengan ukuran 4,75 mm hingga 40 mm yang terbentuk pada saat batuan dihancurkan di industri (SNI 03-1969 2008). Agregat kasar memiliki syarat yang harus dipenuhi sebagai campuran beton. Syarat agregat kasar yaitu, tidak diperbolehkan memiliki kandungan lumpur di atas 1% terhadap berat kering, agregat kasar bebas dari hal - hal yang dapat merusak beton, dan agregat kasar berbutir pipih hanya dapat dipergunakan maksimal 20% dari total berat agregat.
3. Agregat halus memiliki gradasi yang berpengaruh terhadap *workability*. Agregat halus dibagi menjadi beberapa zona berdasarkan ukuran saat lolos pengujian saringan. Jenis dari agregat halus akan terlihat setelah dilakukan pengujian analisis saringan dan nantinya didapatkan angka atau nilai modulus kehalusan (*Fine Modulus*) (Simanjuntak, Sidabutar, Pasaribu, Saragi, & Sitorus, 2021).
4. Persyaratan mutu air yang dipergunakan pada kombinasi beton harus bersih serta terbebas dari zat berminyak berbahaya serta zat lainnya sehingga tidak akan merusak beton dan besi tulangan (BSN, 2008).
5. *Superplastizer* yakni bahan ekstra yang dipergunakan dalam menghasilkan beton yang mengalir dan meningkatkan *workability* beton dengan mengurangi penggunaan air (Fernando et al., 2023).
6. Abu sekam padi merupakan limbah hasil pembakaran industri dan merupakan material yang dikenal dengan sebutan *pozzolanic*. Abu sekam padi berpotensi digunakan untuk berbagai keperluan konstruksi karena bersifat *pozzolanic*. *Pozzolan* dikategorikan sebagai bahan yang memiliki kandungan senyawa silika serta alumina didalamnya. Secara kimia abu sekam padi pada suhu ruangan nantinya menghasilkan reaksi dengan kalsium hidroksida untuk menyusun senyawa yang punya sifat penyemenan (Mulyono, 2015).

2. METODE PENELITIAN

Metode eksperimen dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Material Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia. Tujuan dilakukannya eksperimen yakni menganalisis nilai kuat tekan dan karakteristik beton SCC yang dihasilkan dari substitusi abu sekam padi. Bentuk benda uji yang dipergunakan berupa silinder berdiameter 10 x 20 cm, mutu yang direncanakan yaitu 35 MPa. Pelaksanaan uji yang dilakukan dalam penelitian ini berupa uji kuat tekan maksimum serta karakteristik SCC, sehingga dapat diambil kesimpulan melalui hasil eksperimen. Bahan substitusi yang digunakan adalah abu sekam padi yang didapatkan dari hasil pembakaran dengan suhu sekitar 600 °C selama 4 hari kemudian dilakukan penggilangan dan penyaringan dengan mesh 200. Variasi yang ditambahkan sebanyak 6%, 8%, 10%, 12%, dan 14% terhadap berat semen. Sedangkan untuk penambahan superplasticizer sebesar 1,5%. Gambar bahan substitusi yang digunakan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Abu sekam padi lolos saringan 200

Metode eksperimental dilakukan dalam tahapan – tahapan berikut:

1. Uji material dilakukan pada bahan - bahan untuk membuat beton yaitu semen portland, kerikil, pasir, dan abu sekam padi sebagai berikut:
 - Penelitian berat isi agregat.
 - Penelitian kadar air agregat.
 - Penelitian kadar lumpur pasir.
 - Pelaksanaan uji berat jenis serta penyerapan air agregat.
 - Pelaksanaan uji keausan memakai mesin *Los Angeles*.
 - Pelaksanaan uji konsistensi normal serta waktu ikat semen portland dan abu sekam padi.
 - Analisis saringan agregat.
2. Perancangan campuran beton f_c' 35 Mpa mengacu pada SNI 7656-2012.
3. Pengujian karakteristik beton SCC berdasarkan EFNARC 2005.
4. Pembentukan benda uji serat perawatan beton.
5. Pelaksanaan uji berat jenis beton, hasil pengujian diperoleh dari persamaan 1.

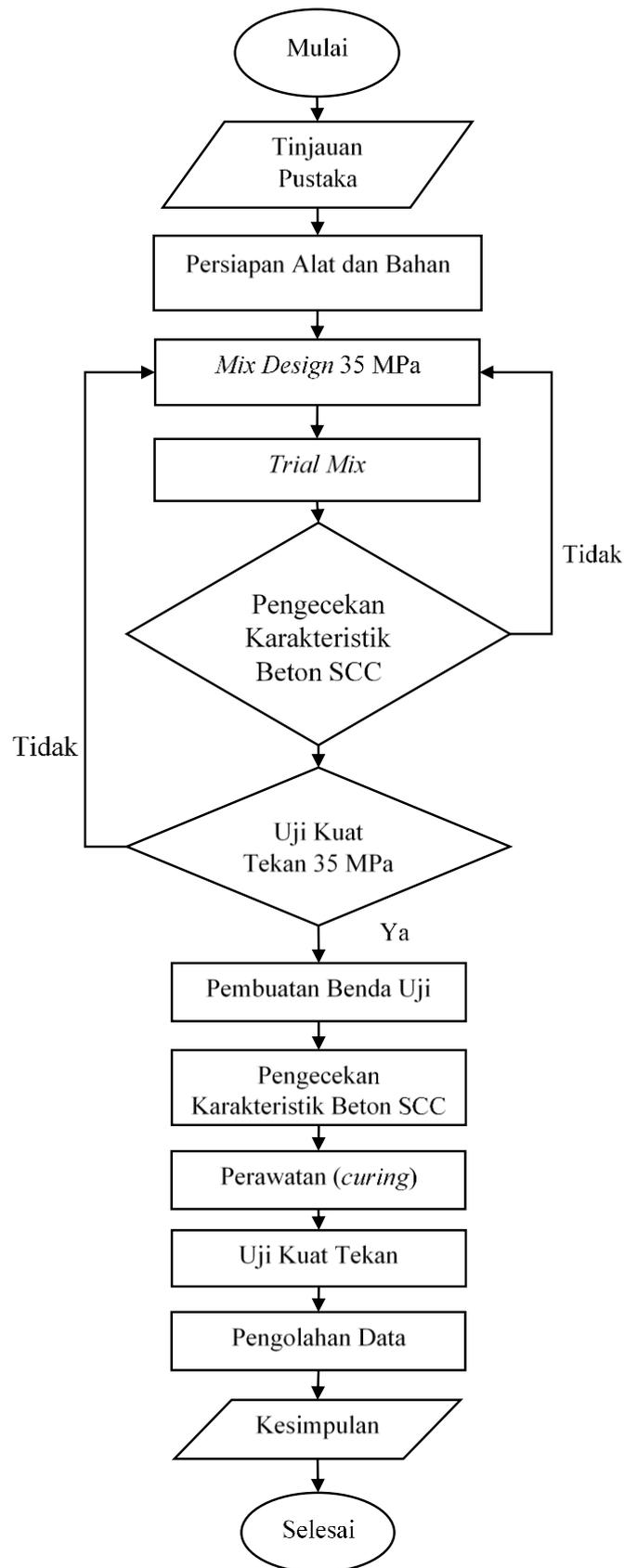
$$\gamma = \frac{w}{v} \quad (1)$$

Dengan γ = Berat jenis (kg/m^3), w = Berat benda uji (kg), v = Volume benda uji (m^3)

6. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, serta 28 hari. Kegiatan ini bertujuan guna menelaah nilai kuat tekan benda uji. Pelaksanaan uji dilaksanakan memakai alat *compression test* dengan beban maksimum 1500 kN. Benda uji silinder yang dipergunakan bagi tiap-tiap variasi berjumlah 3 sampel. Pelaksanaan uji kuat tekan. Perhitungan kuat tekan diperoleh dari persamaan 2.

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Dengan f_c' = kuat tekan beton (MPa), A = luas penampang benda uji (mm^2), P = beban tekan (N)



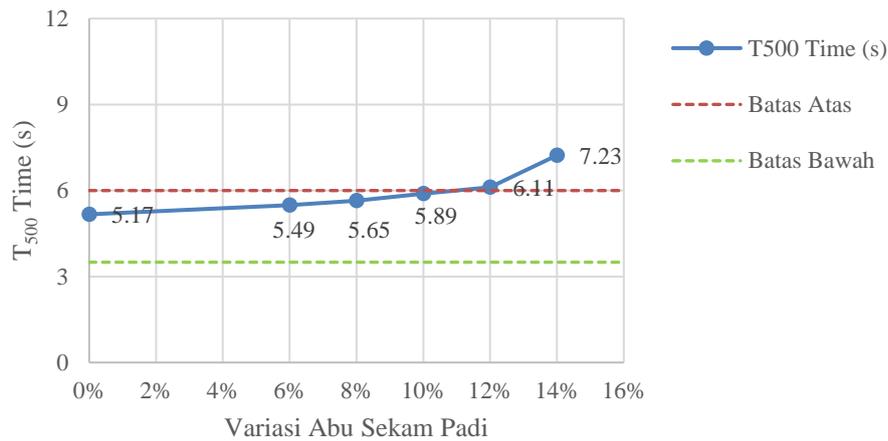
Gambar 2. Diagram alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

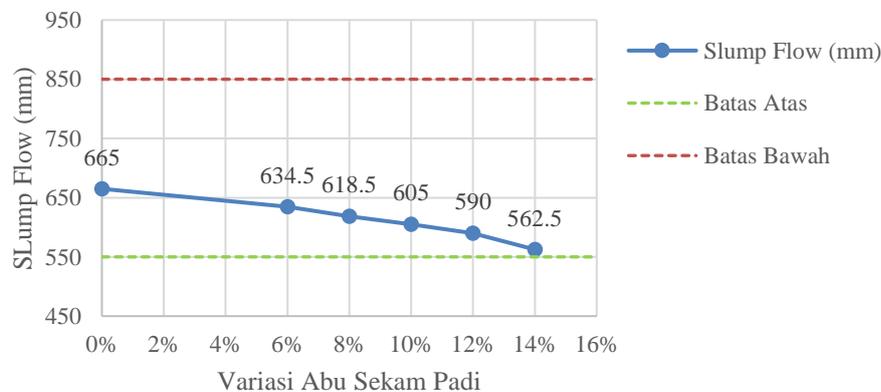
Pelaksanaan uji karakteristik beton SCC pada penelitian ini dilaksanakan terhadap beton segar SCC. Pelaksanaan uji dilaksanakan guna meninjau flowability, fillingability, dan passing ability dari beton SCC. Selain itu dilakukan pengujian berat jenis dan kuat tekan beton.

Pengujian *Slump Flow* dan T_{500} Time

Pelaksanaan uji slump flow dilaksanakan guna meninjau kemampuan beton segar mengalir serta mengisi cetakan. T_{500} Time dilaksanakan guna menelaah waktu yang diperlukan campuran dalam mencapai 500 mm. Pengujian slump flow dan T_{500} time pada penelitian ini dilakukan pada setiap variasi dengan hasil pelaksanaan uji bisa ditelaah melalui Gambar 3 serta Gambar 4.



Gambar 3. Hasil pengujian T_{500} time



Gambar 4. Hasil pengujian *slump flow*

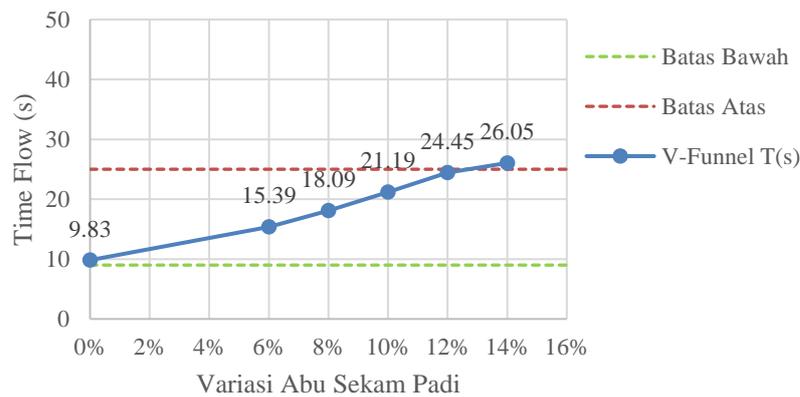
Gambar 3, memperlihatkan bahwa nilai T_{500} semakin tinggi seiring dengan penambahann abu sekam padi. Durasi (detik) mengalir tercepat didapatkan pada beton kontrol sebesar 5,17 detik. Pada variasi diatas 10% didapatkan nilai yang melebihi standar dari EFNARC 2005. Nilai yang memenuhi standar didapatkan pada variasi 6%, 8%, dan 10% berurutan yakni 5,49 detik, 5,65 detik, serta 5,89 detik. Sedangkan yang tidak memenuhi syarat yaitu pada variasi 12% dan 14% dengan nilai 6,11 detik dan 7,23 detik. Selain itu, pada Gambar 4 menunjukkan pengujian slump flow mengalami penurunan seiring penambahan abu sekam padi yaitu, 6% sampai 14%. Hasil pengujian ini memenuhi standar EFNARC 2005 dengan nilai slump flow berturut – turut sebesar 665 mm, 634,5 mm, 618,5 mm, 605 mm, 590 mm, dan 562,5 mm. Penurunan yang terjadi pada variasi tertinggi yaitu ASP14% terhadap beton kontrol sebesar 15,4%.

Substitusi abu sekam padi yang dilakukan dalam penelitian ini dapat memperlambat beton segar untuk mencapai T_{500} . Setiap kenaikan variasi abu sekam padi pada beton SCC menunjukkan penurunan diameter slump flow dan

memperlambat waktu sebaran (T_{500}). Hal ini terjadi karena jumlah dan sifat dari bahan substitusi yang digunakan dapat menyerap air (hidrokopis) sehingga komposisi beton menjadi kental dan mengurangi kemampuan dalam mengalir (Assalam et al., 2019).

Pengujian V-Funnel

Pelaksanaan uji V-funnel ditujukan guna meninjau nilai viskositas dan kapabilitas beton segar supaya mengalir dari mulut ujung bawah alat v-funnel (fillingability) pada setiap variasi substitusi abu sekam padi. Hasil pengujian disajikan pada gambar 4.



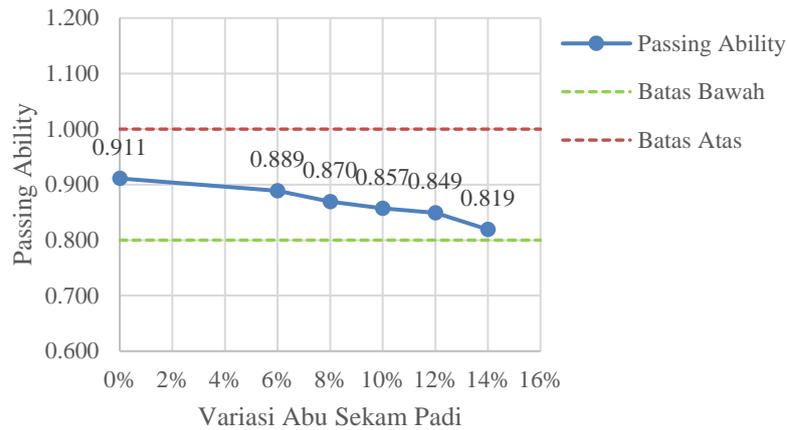
Gambar 5. Hasil pengujian V-Funnel

Gambar 5 menunjukkan kenaikan waktu alir pada V-Funnel test, beton tanpa substitusi abu sekam padi memiliki waktu alir paling cepat sebesar 9,83 detik. Terjadi kenaikan durasi (detik) pada pengujian V-funnel dalam variasi ASP0% ke variasi ASP6% yakni 5,22 detik. Durasi (detik) v-funnel terus meningkat sepanjang proses ditambahkan abu sekam padi. Durasi (detik) yang memenuhi standar didapatkan pada variasi 6%, 8%, 10%, dan 12% berturut – turut sebesar 15,39 detik, 18,09 detik, 21,19 detik, dan 24,45 detik. Durasi (detik) v-funnel yang melebihi ketentuan yang disyaratkan yaitu pada variasi ASP14% dengan hasil sebesar 26,05 detik.

Peningkatan durasi (detik) v-funnel disebabkan sifat bahan substitusi yang digunakan dapat menyerap air didalam komposisi beton sehingga membuat campuran beton menjadi kental dan susah untuk mengalir. Namun tinginya kekentalan dalam campuran beton dapat menghindari terjadinya segregasi. Semakin cepat waktu campuran beton mengalir, artinya semakin kecil tingkat ketahanan terhadap segregasi (Rahman, 2018).

Pengujian L-Box

Pelaksanaan uji L-box dilaksanakan guna meninjau kapabilitas beton segar untuk lewat dari celah antar tulangan pada saat mengalir disetiap variasi substitusi abu sekam padi. Hasil pelaksanaan uji L-box penelitian ini disajikan melalui Gambar 6.

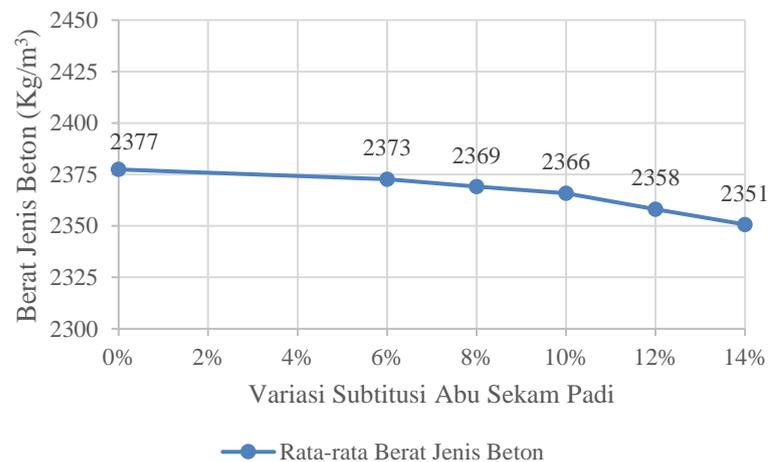


Gambar 6. Hasil pengujian *L-Box*

Gambar 6 diatas, menunjukkan bahwa substitusi abu sekam padi dapat menurunkan nilai passing ability dalam campuran beton SCC. Nilai passing ability terbesar terjadi pada beton kontrol dengan nilai sebesar 0,911. Penurunan nilai passing ability disebabkan kadar abu sekam padi yang mempengaruhi jumlah air dalam beton. Apabila penambahan bahan substitusi yang digunakan yang terlalu banyak dapat membuat beton segar lebih kental serta sukar dalam melalui celah tulangan yang ada pada alat *L-box*. Sebaliknya, penambahan yang sedikit membuat campuran beton cenderung lebih cair, makin besar kadar penambahan abu sekam padi artinya nilai passing rasionya juga akan makin kecil (Trisnari et al., 2017).

Berat jenis beton

Berat jenis beton didapatkan dari membandingkan berat benda uji dengan volume benda uji. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan berat beton setelah disubstitusi abu sekam padi. Hasil pengujian bisa ditelaah melalui gambar 7.



Gambar 7. Rata-rata berat jenis beton

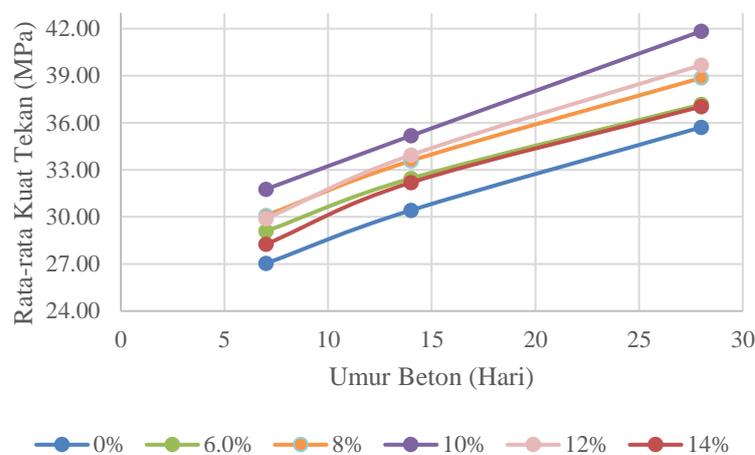
Dari hasil pelaksanaan uji berat jenis beton di tiap-tiap variasi abu sekam padi, bisa ditarik kesimpulan dari gambar 4.3 bahwasanya rata – rata berat jenis beton pada dari usia 7 hari, 14 hari, serta 28 hari menurun seiring ditambahkannya abu sekam padi yang dicampurkan kedalam beton. Hal ini di sebabkan pengantian sebagian semen dengan abu sekam padi, berat jenis semen lebih besar yaitu 3,15 gr/cm³ sedangkan berat jenis abu sekam padi lebih kecil sebesar 2,121 gr/cm³, sehingga berat beton dengan substitusi abu sekam padi lebih ringan daripada beton kontrolnya.

Hasil Kuat Tekan dengan Umur 7 Hari, 14 Hari, dan 28 Hari

Pelaksanaan uji kuat tekan dilakukan untuk menganalisis pengaruh substitusi parsial abu sekam padi pada semen terhadap kekuatan beton dalam menahan beban. Rekapitulasi kuat tekan beton serta rekapitulasi persentase kenaikan kuat tekan usia 7 hari, 14 hari, serta 28 hari tersaji melalui Tabel 1, Tabel 2, serta Gambar 8.

Tabel 1. Rata-rata hasil kuat tekan beton

Nama Sampel	Uji Tekan Beton (MPa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
SCCASP 0%	27.03	30.42	35.71
SCCASP 6%	29.09	32.45	37.17
SCCASP 8%	30.09	33.58	38.86
SCCASP 10%	31.76	35.18	41.84
SCCASP 12%	29.90	33.94	39.68



Gambar 8. Perbandingan kuat tekan beton umur 7, 14, 28 hari

Tabel 2. Hubungan kuat tekan beton SCC dengan umur beton

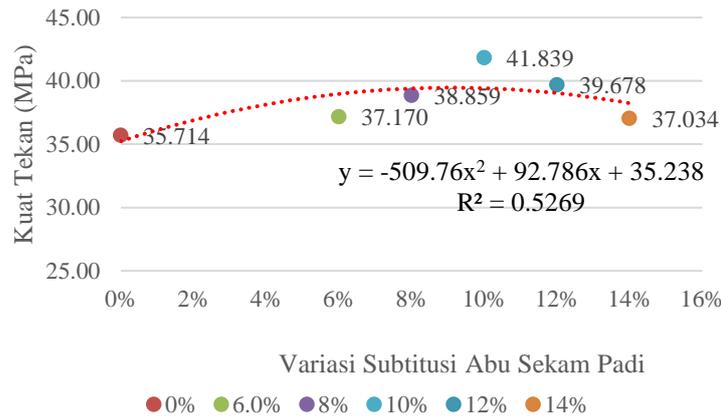
Persentase Abu Sekam Padi	Nilai Konversi Umur Beton		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0%	0.76	0.85	1.00
6%	0.78	0.87	1.00
8%	0.77	0.86	1.00
10%	0.76	0.84	1.00
12%	0.75	0.86	1.00
14%	0.76	0.87	1.00
Rata – rata	0.76	0.86	1.00

Berdasarkan Gambar 8 kuat tekan beton bertambah seiring dengan peningkatan persentase abu sekam padi pada beton SCC hingga dicapai kekuatan maksimum dengan variasi 10%. Pengujian dilakukan dengan umur yang berbeda yaitu di usia 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Adanya peningkatan kuat tekan sampai variasi 10% setelah dilakukan substitusi parsial abu sekam padi sebesar 41,84 MPa. Namun kuat tekan kembali turun pada variasi 12% dan 14%. Menurut Farhan (2023) bahwasanya kenaikan kuat tekan beton SCC terjadi sampai variasi 10% abu sekam padi. Hal ini juga terjadi pada beton dengan usia 7 hari, 14 hari, serta 28 hari. Hasil rekapitulasi hubungan kuat tekan beton SCC dan umur beton pada tabel 2 menunjukkan bahwa ada kenaikan kuat tekan awal pada beton yang terjadi pada usia 7 hari serta 14 hari. Nilai konversi yang didapatkan dalam penelitian ini berturut – turut sebesar 0,76 dan 0,86. Peningkatan kuat tekan awal beton pada setiap variasi terjadi diakibatkan penggunaan superplasticizer dan substitusi abu sekam padi. Meningkatnya kuat tekan di usia 7 hari, 14 hari, serta 28 hari terjadi disebabkan dua hal. Pertama karena butiran abu sekam padi yang kecil, sehingga mampu mengisi ruang kosong atau berperan sebagai filler. Terisinya ruang kosong didalam beton tersebut, maka memerlukan tekanan yang tinggi agar menyebabkan retakan pada beton. Kedua

abu sekam padi mempunyai peran untuk menyempurnakan hasil hidrasi semen. Abu sekam padi punya kandungan silika (SiO₂) yang tinggi sehingga dapat bereaksi dengan kapur mati (Ca (OH)₂). Selanjutnya reaksi tersebut akan memberikan hasil yakni kalsium silikat hidrat (C-S-H Gel) yang lebih bagus sehingga bisa membuat kuat tekan pada beton SCC meningkat. Sedangkan Penurunan kuat tekan beton terjadi karena campuran beton kekurangan semen sehingga tidak menghasilkan ikatan yang sempurna, karena abu sekam padi tidak mempunyai daya rekat sebagaimana semen.

Persentase optimum

Untuk mendapatkan variasi optimum abu sekam padi, maka dapat dibuat grafik trendline yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Trendline kuat tekan umur 28 hari

Gambar 9 menunjukkan adanya grafik trendline untuk mengetahui persentase optimum pada penelitian yang dilakukan, didapatkan dengan persamaan $y = -509,76x^2 + 92,786x + 35,238$. Dari persamaan ini, maka didapatkan persentase optimum ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$x = -\frac{b}{2a}$$

$$x = -\frac{92,786}{2(-509,76)}$$

$$x = 0,091 = 9,1\%$$

Selanjutnya nilai x disubstitusikan pada persamaan y sebagai berikut.

$$y = -509,76x^2 + 92,786x + 35,238$$

$$y = -509,76(9,1)^2 + 92,786(9,1) + 35,238$$

$$y = -4,222 + 8,444 + 35,238$$

$$y = 39,460$$

Maka persentase optimum yang didapatkan sebesar 9,1% dengan kuat tekan sebesar 39,460 MPa.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian maupun pembahasan yang sudah dilaksanakan, didapatkan kesimpulan seperti berikut:

1. Pengujian karakteristik dilakukan terhadap beton SCC dengan substitusi abu sekam padi lolos saringan no. 200 serta variasi yang ditambahkan sebanyak 6%, 8%, 10%, 12%, dan 14% terhadap berat semen. Penggunaan sebagian semen dengan abu sekam padi dapat memberi pengaruh pada pengujian karakteristik beton SCC yaitu pada pelaksanaan uji *slump flow*, *l-box*, dan *v-funnel*. Beton dengan variasi ASP6%, ASP8%, dan ASP10% memenuhi syarat berdasarkan standar EFNARC 2005. Untuk beton dengan variasi ASP12% dan ASP14% tidak memenuhi standar pada pengujian *T₅₀₀ time* dan *v-funnel*, sehingga tidak dikategorikan sebagai beton SCC.
2. Pelaksanaan uji kuat tekan dilakukan untuk menganalisis pengaruh substitusi parsial abu sekam padi pada semen terhadap kekuatan beton dalam menahan beban. Pengujian dilakukan pada beton usia 7 hari, 14 hari, serta 28

hari. Penggunaan abu sekam padi variasi 6%, 8%, dan 10% bisa membuat kuat tekan beton meningkat. Saat ASP10% kuat tekan meningkat mencapai 41,839 MPa, meningkat lebih besar 17,15% dari beton kontrol. Kuat tekan kembali turun pada ASP12% dan ASP14% setelah mencapai kuat tekan maksimum pada variasi ASP10%.

3. Kuat tekan maksimum yang didapatkan pada variasi ASP10% dengan umur beton 28 hari sejumlah 41,839 MPa dengan kenaikan sejumlah 17,15%. Hal ini mendukung penelitian Trisnasari et al. (2017) bahwa substitusi abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan beton.

5. SARAN

Saran yang bisa diberikan bagi penelitian berikutnya dilandasi oleh penelitian yang dilaksanakan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pembedaan kadar *superplasticizer* pada tiap variasi penambahan.
2. Perlu dilakukan penelitian mengenai pengujian pada umur 56 hari untuk mengetahui reaksi pozzolan dengan sisa hidrasi semen.
3. Perlu dilakukan pembedaan pada tiap variasi dengan memperkecil jarak antar variasi agar didapatkan variasi yang lebih optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Arumningsih, D., Priyanto, K. J., & Nurhidayah, F. (2023). Beton *Self Compacting Concrete* ramah lingkungan yang berkelanjutan dengan pemanfaatan limbah abu marmer, abu sekam padi dan abu batu. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 28(1), 36-44.
- Assalam, M. F., Hardian, M. F., & Amalia. (2019). Karakteristik beton SCC dengan menggunakan bahan tambah abu sekam padi. *Seminar Nasional Teknik Sipil*, 15-21. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- BSN. (2008). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969:2008)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. (2015). *Semen Portland (SNI 2049:2015)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- EFNARC. (2005). *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete*. United Kingdom: European Federation of National Associations Representing for Concrete.
- Fernando, R., Taurano, G. A., & Riyanto, D. P. (2023). Perilaku self compacting concrete terhadap variasi bahan substitusi semen menggunakan abu sekam padi dan kapur. *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial*, 18(3), 188-198.
- Hamdi, F., Lapian, F. E., Tumpu, M., Mansyur, Irianto, Mabui, D. S., Hamkah. (2022). *Teknologi beton*. Makasar: CV. Tohar Media.
- Korua, A. M., Dapas, S. O., & Handono, B. D. (2019). Kinerja high strength self compacting concrete dengan penambahan admixture “beton mix” terhadap kuat tarik belah. *Jurnal Sipil Statik*, 7(10), 1353-1364.
- Mulyono, T. (2015). *Teknologi beton: dari teori ke praktek*. Jakarta: Lembaga Pengembangan Pendidikan - UNJ.
- Rahman, D. F. (2018). Pengaruh abu sekam padi sebagai material pengganti semen pada campuran beton Self Compacting Concrete (SCC) terhadap kuat tekan dan porositas beton. *Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya*.
- Sharifi, N. P., Jewell, R. B., Duvall, T., Oberlink, A., Robl, T., Mahboub, K. C., & Ladwig, K. J. (2019). The utilization of sulfite-rich spray dryer absorber material in portland cement concrete. *Construction And Building Materials*, 213, 306-312.
- Simanjuntak, J. O., Sidabutar, R. A., Pasaribu, H., Saragi, Y. R., & Sitorus, S. (2021). Sifat dan karakteristik campuran beton menggunakan batu pecah dan batu guli dari Sungai Binjai. *Jurnal Visi Eksakta*, 239-254.
- Sulasmi, S., Hasanbasri, M., & Rustamaji. (2022). Identifikasi dampak industri semen yang merugikan masyarakat. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek* (hal. 280-289). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Trisnasari, Z., Wibowo, & Safitri, E. (2017). *Kajian pengaruh variasi komposisi rice husk ash terhadap parameter beton memadat mandiri dengan kuat tekan beton mutu tinggi* [Skripsi]. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

