

PERILAKU SELF COMPACTING CONCRETE TERHADAP VARIASI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN MENGGUNAKAN ABU SEKAM PADI DAN KAPUR

Oleh: Robi Fernando¹, Galih Adya Taurano², Didit Puji Riyanto³

^{1,2}Staf Pengajar Prodi Teknik Konstruksi Bangunan Gedung, Politeknik Pekerjaan Umum

³Staf Pengajar Prodi Teknik Konstruksi Bangunan Air, Politeknik Pekerjaan Umum

Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang Semarang

E-mail: ¹ roferwong@gmail.com, ² galih.taurano@pu.go.id, ³ Didit Puji Riyanto@pu.go.id

Abstrak

Performa SCC sebagai beton dengan workability yang baik sangat membantu pelaksanaan proyek pada saat pengecoran sehingga pekerjaan dapat dilakukan dengan cepat dan tanpa perlu dipadatkan, sehingga dapat dicapai efisiensi terhadap biaya dan waktu. Keterbatasan jumlah semen yang tersedia di seluruh dunia menjadikan para pelaku konstruksi mencari alternatif lain sebagai bahan pengganti semen, sehingga kebutuhan akan semen bisa di ganti sebagian menggunakan material lain. Abu sekam padi dan kapur merupakan salahsatu bahan yang memiliki perilaku mirip semen meskipun ada kekurangan dan kelebihannya terutama untuk beton inovasi seperti SCC. Pada penelitian ini akan mengkaji tentang perilaku SCC jika menggunakan abu sekam padi dan kapur sebagai bahan substitusi semen yang diharapkan mampu memberikan efek yang lebih baik. Penelitian yang dilakukan membagi variasi abu sekam padi dan kapur terhadap semen sebagai berikut: variasi 1 (10%,30% dan 60%), variasi 2 (7,5%,25% dan 67,5%), variasi 3 (5%,20% dan 75%). Berdasarkan nilai uji workability beton segar SCC diperoleh dominan variasi 3 yang memiliki performa terbaik, kemudian berdasarkan hasil kuat tekan SCC terbaik juga diperoleh hasil variasi 3 menghasilkan kuat tekan tertinggi yaitu 25,57 MPa.

Kata kunci : beton memadat mandiri, workability, kuat tekan

Abstract

Performance of SCC as concrete with good workability really helps the implementation of the project at the time of casting so that work can be done quickly and without the need for compaction, so that cost and time efficiency can be achieved. The limited amount of cement available around the world makes construction workers look for other alternatives as cement substitutes, so that the need for cement can be partially replaced using other materials. Rice husk ash and lime are materials that have a cement-like behavior although there are advantages and disadvantages, especially for innovative concretes such as SCC. In this study, we will examine the behavior of SCC when using rice husk ash and lime as cement substitution materials which are expected to provide a better effect. This research divides the variation of rice husk ash and lime on cement as follows: variation 1 (10%, 30% and 60%), variation 2 (7.5%, 25% and 67.5%), variation 3 (5%, 20% and 75%). Based on the workability test value of SCC fresh concrete, it was obtained that variation 3 had the best performance, then based on the results of the best SCC compressive strength, variation 3 resulted in the highest compressive strength of 25.57 MPa.

Keywords : self compacting concrete, workability, compressive strength

1. Pendahuluan

Kebutuhan dunia konstruksi terhadap inovasi teknologi bahan bangunan, terutama beton sangat dibutuhkan hingga saat ini. Hal tersebut seiring dengan perkembangan zaman yang menuntut Kualitas, Kuantitas, Kemudahan Pekerjaan, berwawasan lingkungan serta menuntut konsep material terbarukan.

Pemanfaatan material beton sebagai bahan bangunan masih mendominasi dunia konstruksi, selain dari factor biaya yang lebih murah dibandingkan dengan Struktur baja, beton sendiri sangat mudah untuk dirawat dan tahan terhadap berbagai kondisi seperti terhadap gaya tekan, perubahan lingkungan dan cuaca, dan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan dengan cara yang

cukup mudah yaitu dengan mencampur semen, air, agregat, air, dan bahan tambahan lain bila diperlukan.

Para engineer ingin mendapatkan beton yang mempunyai kuat tekan tinggi dan tetap mudah dikerjakan (*workable*), kemudian hal ini merupakan salah satu topik yang selalu menarik dalam campuran beton. Dalam beberapa kasus di lapangan, seringkali pula diperlukan beton dengan mutu dan slump sangat tinggi, dua hal yang pada dasarnya saling bertolak belakang pada beton campuran normal. Beton dengan spesifikasi slump sangat tinggi (*encer*) lebih dikenal dengan sebutan beton dengan pemadatan mandiri (*self compacting concrete – SCC*) atau sering juga disebut beton alir (*flowing concrete*). Prof. Hajime Okamura Universitas Tokyo Jepang adalah penggagas awal pengembang SCC sehingga di panggil sebagai Bapak SCC

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Karakteristik SCC

SCC (*Self Compacting Concrete*) adalah beton yang memiliki nilai slump tinggi tanpa mengalami segregasi dan tidak memerlukan pemadatan mekanik selama proses pengecoran. SCC mempunyai *flowability* yang tinggi sehingga dapat menyebar memenuhi bekisting dan menutup pembesian secara gravitasi tanpa memerlukan pemadatan meskipun dalam keadaan tulangan yang sangat rapat. Pada saat SCC Mengalami tahap pengerasan maka akan terbentuk beton yang rapat, homogen dan memiliki sifat-sifat serta daya tahan seperti beton yang dipadatkan secara konvensional.

Keuntungan penggunaan SCC dibandingkan beton yang dipadatkan secara konvensional:

- a. Mempercepat masa konstruksi
- b. Homogenitas yang tinggi,
- c. Kuat awal yang lebih tinggi dan pelepasan cetakan yang lebih cepat,
- d. Dapat dipompa hingga jarak yang lebih jauh,

- e. Permukaan yang dihasilkan lebih halus,
- f. Mengurangi paparan terhadap kebisingan,
- g. Lebih tahan terhadap resiko thermal *cracking*.

Workability atau kelecakan merupakan target salah satu target utama pada SCC dimana *Workability* didefinisikan perilaku beton yang mudah untuk dipindahkan, dan dipadatkan (Ramachandran, 1984). *Workability* sangat dipengaruhi oleh banyaknya air yang terkandung dalam campuran beton tersebut. Tingkat *workability* akan menurun bila penambahan semen dalam campuran mortar tidak diiringi dengan penambahan air.

Penambahan superplasticizer akan meningkatkan tingkat *workability*. Penambahan superplasticizer sendiri harus dilakukan sesaat setelah semen dan air dicampurkan karena apabila terlalu lama dan reaksi hidrasi dari semen dan air telah bekerja maka efek dari penambahan superplasticizer akan menjadi berkurang dan mengakibatkan hilangnya *workability* serta semakin tingginya temperatur selama pembuatan campuran maka akan mengakibatkan semakin cepatnya penguapan yang terjadi pada adonan beton sehingga membuat air dalam campuran lebih cepat hilang.

2.2. Persyaratan Bahan Penyusun Beton

Bahan yang digunakan untuk menyusun SCC harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI atau peraturan lainnya yang mengatur. Persyaratan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Agregat Halus dan Agregat Kasar
Agregat merupakan butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai komponen pengisi pada campuran beton. Agregat akan menempati sekitar 70% volume mortar atau beton. Meskipun digunakan sebagai bahan pengisi namun agregat merupakan komponen utama untuk memperoleh beton yang baik sehingga pemilihan agregat yang baik merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton.

Persyaratan untuk agregat kasar hampir sama dengan beton normal, hanya ada beberapa hal yang perlu diperhatikan:

- 1) Agregat ringan dapat digunakan dalam SCC, tetapi perlu dicatat bahwa agregat dapat mengapung di permukaan jika kekentalan pasta rendah dan hal ini mungkin tidak terdeteksi oleh pengujian daya tahan segregasi.
- 2) Ukuran maksimum agregat ditentukan oleh jarak antar tulangan, agar tidak terjadi blocking agregat saat SCC mengalir melewati tulangan, untuk mengetahuinya dapat diadakan pengujian passing ability.
- 3) Ukuran maksimum agregat dibatasi antara 12-20 mm.
- 4) Semakin bulat bentuk permukaan agregat semakin baik adukan yang terjadi, karena semakin kecil kemungkinan terjadi blocking dan berkurangnya gesekan internal sehingga aliran dapat semakin tepat.

Persyaratan agregat halus juga hampir sama dengan beton normal, perbedaan terletak pada lebih banyaknya kandungan agregat halus dan lebih kecil/lebih halus atau disebut dengan istilah fines ukuran agregat halusnya dibanding beton normal. Ukuran partikel yang lebih kecil dari 0.125 mm harus dianggap sebagai agregat halus dan dihitung dalam rasio air-powder. Agregat yang baik adalah agregat yang memiliki gradasi optimum (tak seragam/memiliki semua ukuran). Namun, kebutuhan akan agregat sangat halus bisa dihilangkan dengan menggunakan bahan penyemenan sekunder. Peningkatan fines membantu mencegah segregasi. Dengan tidak adanya bahan penyemenan sekunder, jumlah agregat sangat halus umumnya 160 liter sampai 240 liter.

b. Air

Air yang digunakan untuk pembuatan SCC minimal memenuhi syarat yaitu : tidak berbau, tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan memenuhi Syarat mutu air menurut SK SNI 03-2847-2002 dimana air yang digunakan

pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan, untuk air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan, Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan diatas terpenuhi.

c. Semen dan bahan substitusi semen

Semen adalah bahan perekat hidrolis dari hasil penggilingan bersama terak semen portland dan gipsum dengan tambahan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi BFS (Blast Furnace Slag), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen portland komposit. (SNI 15-7064-2004).

Pada pembuatan SCC Hampir semua jenis semen dapat dipakai, tetapi pilihan yang terbaik biasanya ditentukan oleh syarat-syarat tertentu dari pengeoran tertentu atau tergantung pada apa yang biasanya dipakai oleh pembuat beton.

d. Abu Sekam Padi dan Kapur

Sebagai bahan substitusi semen, abu sekam padi merupakan alternatif untuk menggantikan fungsi semen sebagai bahan perekat hidrolis. Sekam padi merupakan kulit padi yang membungkus bulir beras, pada waktu penggilingan kulit padi akan terpisah dan akan menjadi bahan limbah. Jika sekam padi dibakar maka akan menjadi abu. Abu ini dikenal dengan sebutan *Rice Husk Ash* (RHA) dimana RHA memiliki kandungan silika reaktif berkisar antara 85% sampai 90%. Untuk konversi 1000 kg padi yang telah digiling akan menghasilkan 220 kg (22%) kulit sekam yang sudah terpisah dari bulirnya. Jika kulit sekam dilakukan pembakaran maka akan

menghasilkan sekitar 55 kg (25%) RHA. Abu sekam padi apabila jika dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi sekitar (500 – 600°C) maka menghasilkan abu silika, sehingga abu silika tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia.

Kapur telah dipergunakan orang sejak lama sebagai bahan adukan plesteran dan pasangan untuk bangunan. Pada zaman dahulu kala kapur dibuat dengan cara membakar material batu kapur menggunakan tungku sederhana. Untuk hasil pembakaran dicampur dengan menggunakan air sehingga terbentuklah bahan perekat. Syarat-syarat kapur yang baik adalah:

- 1) Mengandung butiran-butiran halus dan aktif,
- 2) Sebelum dipakai harus dalam keadaan kering,
- 3) Pada penimbunan, kapur harus selalu kering dan tertutup.

e. Bahan Tambah (*admixture*)

Untuk menghasilkan beton yang mengalir memang dibutuhkan admixture agar meningkatkan workability beton tanpa menggunakan jumlah air yang banyak. Penggunaan admixture dalam pembuatan SCC paling tidak memenuhi kondisi sebagai berikut:

- 1) Komponen yang paling penting untuk SCC adalah superplasticiser atau high range water reducing admixtures.
- 2) Bahan campuran untuk memodifikasi kekentalan (VMA: *Viscosity Modifying Admixtures*) dapat pula digunakan untuk membantu mengurangi segregasi dan sensitivitas campuran akibat variasi dalam bahan penyusunnya, terutama kandungan airnya.
- 3) Bahan tambahan lainnya (air entraining, accelerating, retarding, etc) dapat digunakan dengan cara yang sama seperti pada beton yang dituangkan secara konvensional, tetapi tetap berpedoman pada aturan pakai yang dikeluarkan oleh produsen bahan campuran tersebut.

Standar penggunaan bahan tambahan beton ini telah diatur dalam SNI S-18-1990-03 tentang spesifikasi bahan tambahan pada beton.

2.3. Perancangan Campuran SCC

Untuk mencapai sifat-sifat adukan segar SCC sesuai dengan keinginan, maka prinsip-prinsip dasar dari hasil perancangan ini harus dimengerti yaitu:

- 1) Fluiditas dan kekentalan pasta disesuaikan dan diseimbangkan melalui pemilihan dan perbandingan yang akurat, dengan membatasi rasio air-agregat halus dan dengan menambah superplasticiser dan (fakultatif) viscosity modifying admixtures/VMA. Komponen SCC tersebut harus dikontrol dengan benar, ukuran yang sesuai dan interaksinya adalah kunci pencapaian filling ability, passing ability dan daya tahan terhadap segregasi.
- 2) Untuk mengontrol kenaikan temperatur, thermal shrinkage crack dan kekuatan, kandungan agregat termasuk agregat halus diperbolehkan untuk mengandung aditif tipe I dan II dengan komposisi yang signifikan agar kandungan semen tetap berada dalam level yang dapat diterima.
- 3) Pasta adalah sarana bagi pergerakan agregat, oleh karena itu volume pasta harus lebih besar dari volume rongga pada agregat sehingga semua partikel agregat individual dilapisi oleh lapisan pasta secara menyeluruh, pasta juga berfungsi sebagai pelumas. Hal ini meningkatkan fluiditas dan mengurangi gesekan antar agregat. Rasio agregat kasar terhadap agregat halus dikurangi, sehingga partikel agregat kasar individual dilapisi lapisan mortar secara menyeluruh. Hal ini mengurangi ikatan/interlock antar agregat kasar saat beton melewati celah sempit atau celah antar tulangan serta meningkatkan passing ability yang dimiliki SCC.
- 4) Prinsip-prinsip tersebut diatas menghasilkan beton yang jika dibandingkan dengan beton biasa

memiliki perbedaan dalam yaitu: kandungan agregat kasar yang lebih rendah, kandungan pasta semen yang lebih tinggi, rasio air-powder yang rendah, penggunaan superplasticizer yang lebih banyak dan dapat pula menggunakan *viscosity modifying admixture*.

Dasar Mix-design biasanya menggunakan volume sebagai parameter kunci, karena sangatlah penting untuk mengisi rongga-rongga diantara partikel agregat. Tidak ada standar khusus untuk mix desain SCC dan beberapa institusi akademik, produsen admixture, ready-mix, beton pracetak dan kontraktor biasanya mengembangkan perbandingan komposisi mereka sendiri. Pendekatan Rancangan mutu SCC yang digunakan mengacu pada *The uropean Guidelines for Self-Compacting Concrete*.

2.4. Performa Beton Segar SCC

Workability adalah sifat mudah dikerjakan, yaitu sifat yang dimiliki oleh beton segar yang mudah dalam pengerjaan mulai dari proses pengadukan, pengangkutan, penuangan, pencetakan, proses finishing, sampai proses perawatan atau curing. Terjadinya adalah pada saat beton dikerjakan atau pada saat pengerjaan.

SCC memiliki standar tertentu dalam menguji beton segar yang menentukan *workability* nya. Kinerja beton memadat sendiri dalam keadaan segar dapat ditentukan berdasarkan empat sifat utama dimana setiap sifat dapat diamati dengan satu atau lebih pengujian. Umumnya pada beton memadat sendiri nilai *slump-flow* selalu diisyaratkan, nilai *passing ability*, viskositas dan ketahanan segregasi hanya diisyaratkan jika memenuhi pengujian sebagai berikut:

a. Pengujian *Slump Flow* / Daya Alir SCC

Daya alir akan makin tinggi jika penggunaan supetplestidser juga makin tinggi. Daya alir seringkali dinyatakan dengan *slump-flow*. *Slump-flow* yang terlalu tinggi akan menyebabkan segregasi.

acuan pembagian nilai *slump-flow* berdasarkan tujuan penggunaan di lapangan berkisar antara 650 – 800 mm menggunakan alat *Slump flow – abrams*. Pengujian *Slump flow* ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengujian *Slump flow*

Uji lain untuk mengetahui daya alir dari SCC adalah pengujian U-Box dimana beton dimasukkan kedalam box berbentuk huruf “U” kemudian dimasukkan beton penuh pada satu sisi kanan (H2) yang dibatasi dengan sekat, kemudian sekat tersebut dibuka sehingga beton sisi kanan (H2) akan berpindah ke sisi sebelah kiri (H1) seperti prinsip azas bernouly. Kemudian di hitung beda tingginya, dimana Batasan maksimum beda tingginya adalah 30 mm. untuk menghitungnya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$UB = H_1 - H_2$$

dengan:

UB = Nilai U-Box (hasil H2-H1, max 30 mm)

H_2 = Tinggi SCC pada U sisi 2 (mm)

H_1 = Tinggi SCC pada U sisi 1 (mm)

Proses Pegujian *U-Box* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian *U-Box*

b. Pengujian Passing Ability

Passing ability adalah kapasitas adukan beton segar untuk mengalir melalui ruang yang terbatas dan celah sempit, misalnya daerah tulangan yang rapat tanpa segregasi, kehilangan keseragaman atau blocking. Bagian yang paling menentukan adalah gap terkecil yang melaluinya SCC harus mengalir secara kontinu untuk mengisi cetakan.

Untuk slab tipis yang memiliki gap lebih besar dari 80 mm dan struktur lainnya yang memiliki gap lebih besar dari 100 mm, passing ability tidak perlu ditentukan. Untuk struktur kompleks dengan nilai gap yang lebih kecil dari 60 mm, trial dengan membuat mock-up (simulasi/ demo) sangatlah penting. Pegujian *L-Box* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengujian *L-Box*

Alat yang digunakan untuk menguji passing ability adalah *L-box*. Perhitungan untuk menghitung *passing ability* SCC menggunakan persamaan:

$$PA = \frac{H_2}{H_1}$$

dengan:

PA = Passing Ability (0,8 s/d 1,0)

H_2 = Tinggi SCC ujung (mm)

H_1 = Tinggi SCC Pangkal (mm)

c. Pengujian Kekentalan SCC

Nilai hasil pengujian tidak secara langsung mengukur kekentalan SCC, tapi masih berhubungan dengan kekentalan tersebut, yaitu dengan mendeskripsikan

kecepatan alir. Pengukuran T500 ketika mengadakan pengujian slump-flow dapat menjadi sebuah cara untuk memastikan keseragaman SCC dari batch satu ke batch lainnya. T500 adalah waktu yang diperlukan oleh adukan SCC pada saat pengujian slump-flow untuk menyebar hingga diameter rata-rata 500 mm tanpa mengalami segregasi selama 2 s/d 5 detik. Kemudian alat lain yang dapat digunakan untuk menguji kekentalan adalah V- funnel test selama 8 s/d 12 detik. Proses Pegujian V-Funnel dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengujian *V-Funnel*

2.5. Performa Beton Keras SCC

Berdasarkan hasil referensi bahwa perilaku beton keras SCC persamaan dan perbedaan perilaku dibandingkan dengan Beton normal, yaitu:

a. Kuat tekan.

SCC biasanya memiliki kuat tekan yang sedikit lebih tinggi dari beton normal dengan FAS yang sama. Hal ini diakibatkan ikatan yang lebih baik antara agregate dan pasta yang telah mengeras, karena tidak adanya penggetaran.

b. Kuat Tarik

SCC memiliki kuat Tarik yang diasumsikan sama dengan beton normal, karena volume pasta (semen+agregat halus+air) tidak memiliki efek yang signifikan terhadap kuat Tarik

c. Modulus elastisitas.

SCC memiliki modulus elastisitas sedikit lebih rendah dari beton biasa karena memiliki pasta semen yang lebih banyak dari beton normal karena:

- 1) Karena bagian terbesar dari beton adalah agregatnya, maka jenis dan jumlah agregat sebagaimana juga nilai modulus elastisitasnya (E) memiliki pengaruh terbesar. Memilih agregat dengan nilai E yang makin tinggi maka E beton juga makin tinggi
- 2) Semakin tinggi volume pasta semen, semakin rendah nilai E
- d. Rangkak.
SCC memiliki koefisien rangkakan yang lebih besar akibat volume pasta semen yang lebih banyak dibandingkan beton biasa dengan kekuatan yang sama yaitu:
 - 1) Semakin tinggi kekuatan beton, rangkakan semakin berkurang.
 - 2) Jika menggunakan semen dengan kemampuan hidrasi yang lebih cepat Memiliki kekuatan yang lebih tinggi saat pembebanan, memiliki rasio stress/strength yang lebih rendah dan rangkakan yang makin berkurang pula.
 - 3) Makin tinggi volume agregat kasar, rangkakan makin berkurang.
 - 4) Makin tinggi nilai modulus elastisitas (E) agregat, rangkakan makin berkurang.
- e. Susut.
Susut pada SCC lebih kecil dibandingkan beton normal karena FAS-nya lebih rendah
 - 1) Semakin tinggi volume agregat, susut semakin berkurang.
 - 2) Semakin tinggi nilai modulus elastisitas agregat (E), susut semakin berkurang.
 - 3) Semakin kecil ukuran agregat maksimum (yang berarti volume pasta semen semakin besar), semakin besar susutnya.

Kuat tekan beton dapat didefinisikan sebagai besaran beban persatuan luas, dimana benda uji beton mengalami kehancuran apabila dibebani dengan gaya tekan maksimum yang melewati kapasitas dari beban bisa dipikul oleh beton tersebut, pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat Mesin Tekan. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh factor – faktor seperti: faktor air semen, kepadatan, umur

beton, jenis semen, jumlah semen dan sifat agregat, kemudian setelah benda uji selesai dibuat dan ditekan, maka beberapa hal yang dapat mempengaruhi kekuatan tekan sampel benda uji, yaitu:

- a. Kesempurnaan benda uji
- b. Ukuran benda uji
- c. Rasio diameter benda uji terhadap ukuran maksimum agregat
- d. Rasio Panjang terhadap diameter benda uji
- e. Kondisi kelembaban dan suhu benda uji
- f. Laju pembebanan
- g. Bentuk geometri benda uji
- h. Jenis capping yang digunakan
- i. Handling benda uji

Hal lain yang harus dievaluasi setelah pengujian sampel adalah:

- a. Kesempurnaan fisik benda uji silinder (rongga2 besar, cacat dll)
- b. Nilai dan variasi berat jenis beton
- c. Pola keruntuhan benda uji
- d. Bidang fraktur benda uji, lakukan pemeriksaan apakah mengandung void besar, sebaran agregat kasar (indikasi segregasi), bidang fraktur memotong atau mengitari agregat kasar.

Nilai hasil pengujian kuat tekan benda-benda uji beton akan menunjukkan bahwa hubungan antara kekuatan tekan dengan kecepatan pemberian gaya adalah fungsi logaritmis, dimana semakin cepat dilakukan pemberian gaya maka akan semakin tinggi pula kekuatan tekan yang akan dihasilkan. Pengaruh pembebanan yang kelurusan tekanan terhadap penampang benda uji atau eksentrisitas tekanan akan berpengaruh besar sehingga kelurusan arah gaya penekanan dari mesin tersebut harus selalu diperhatikan, sehingga setiap penyimpangan arah atau eksentrisitas cenderung akan menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tekan benda uji yang diperiksa.

Perhitungan untuk menghitung kuat tekan beton menggunakan persamaan:

$$f_c = \frac{P}{A}$$

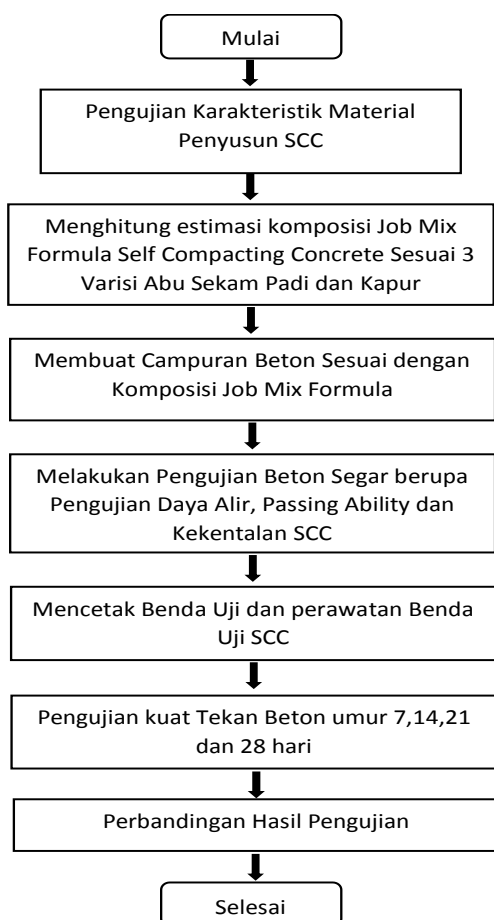
dengan:

- f_c = Kuat tekan beton (Mpa)
- P = Beban maksimum (N)
- A = Luas Alas benda uji (mm^2)

3. Metodologi Studi

Kajian Peningkatan Mutu Self Compacting Concrete Terhadap Variasi Bahan Substitusi Semen Menggunakan Abu Sekam Padi dan Kapur dimulai dengan pengadaan material untuk campuran beton, diantaranya agregat kasar, agregat halus, semen, abu sekam padi, kapu dan admixture. Bahan-bahan tersebut diuji terlebih dahulu untuk diperiksa karakteristiknya untuk menentukan komposisi mix desain.

Setelah karakteristik masing-masing bahan yang digunakan diperoleh, kemudian dilakukan perancangan campuran (mix design). Mix design yang sudah dihitung digunakan sebagai acuan pembuatan sampel silinder. Diagram alir Kajian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir metodologi studi.

4. Pembahasan Dan Hasil Penelitian

4.1. Hasil Pengujian Propertis Agregat

Agregat yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Boyolali, sementara itu Abu sekam padi di ayak sampai didapatkan ukuran mendekati semen. Pengujian agregat untuk melakukan mix design terdiri dari: kadar air SSD agregat, penyerapan air agregat, analisa ayak dan berat volum. Hasil pengujian agregat ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian Agregat	Jenis Agregat	Hasil Uji
Berat jenis	Agregat kasar	2,6
	Agregat halus	1,85
Kadar air	Agregat kasar	1,5%
	Agregat halus	8,82%
Analisa ayak	Agregat kasar	20 mm
	Agregat halus	Zona 2
Berat volume	Agregat kasar	1,51
	Agregat halus	1,16

4.2. Perancangan Campuran SCC

Pada Pengujian ini Ada 3 Jenis Variasi Penggunaan abu sekam padi dan kapur sebagai bahan substitusi semen terhadap jumlah semen keseluruhan. Variasi tersebut ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi Semen, Abu Sekam Padi dan Kapur

Item Material	Variasi 1 (%)	Variasi 2 (%)	Variasi 3(%)
Semen Portland	60	67,5	75
Kapur	30	25	20
Abu Sekam Padi	10	7,5	5
Total	100	100	100

Rancangan mix design SCC mengacu pada pendekatan standar *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete*, hasil rancangan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Mix Desain SCC

Item Material	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
Kuat tekan rencana (Mpa)	20	20	20
Semen (kg)	12	13,5	15
Pasir boyolali (kg)	49,5	49,5	49,5
Kerikil (kg)	31,5	31,5	31,5
Air (kg)	9,5	9,5	9,5
Penambahan Air (kg)	0	0,42	1,15
Powder/very fine sand (kg)	9	9	9
Super plasticizer/HRWR (kg)	0,35	0,35	0,35
Kapur (kg)	6	5	4
Abu sekam (kg)	2	1,5	1

4.3. Hasil Pengujian Tes Slump SCC

Pada pengujian ini dilakukan Uji Slump SCC dengan Metoda:

a. Pengujian Daya Alir SCC/ *Slump flow*,

Dari hasil pengujian, diperoleh hasil slump flow beton segar dimana beton segar dapat mencapai diameter lebih dari 600 mm dengan hasil yang dicapai beragam, seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji slump flow

Item Pengujian Beto Segar	Diameter Sebaran	Variasi		
		1	2	3
Flow table (mm)	Dia1	720	620	630
	Dia 2	680	600	620
Rata-rata (mm)		700	610	625

Dengan demikian masing-masing variasi untuk campuran beton segar SCC memiliki nilai daya alir yang berbeda antar jenis variasi ketiga variasi menunjukkan performa cukup baik karena nilainya lebih besar dari 600 mm. Untuk mengetahui kemampuan mengalir beton lainnya diuji dengan U-box yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji U-Box

Item Pengujian Beto Segar	Tinggi Beton	Variasi		
		1	2	3
U box (mm)	Sisi 1 (H1)	300	270	270
	Sisi 2 (H2)	240	240	250
Nilai H1-H2 (mm)		60	30	20

Hasil dari U-Box menunjukkan hasil linear dari masing masing variasi berdasarkan selisih tinggi H1 dan H2. Hasil pengujian yang memenuhi adalah variasi 2 dan variasi 3.

b. Pengujian Kekentalan SCC,

Dari data pengujian kekentalan SCC menggunakan metoda V-Funnel, dimana beton segar mampu mencapai waktu spesifikasi antara 8-12 detik, seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji V-Funnel

Item Pengujian Beto Segar	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
V funnel (detik)	7,36	7,30	5,33

c. Passing Ability,

Dari data pengujian *Passing Ability*, yang diperoleh dari alat L-Box, dimana beton segar mampu melewati hambatan dengan baik, dengan nilai lebih kecil dari 0,8. Namun Variasi 1 dan 3 sudah mendekati hasil tersebut, untuk hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji L-Box

Item Pengujian Beto Segar	Diameter Sebaran	Variasi		
		1	2	3
L-Box	H1	135	180	135
	H2	100	60	94
H2/H1		0,74	0,5	0,7

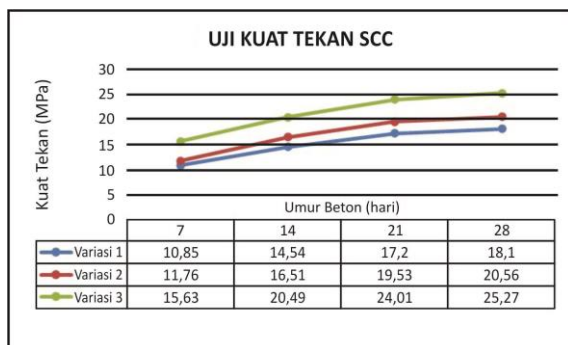
4.4. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian Kuat tekan SCC dilakukan sesuai umur yang sudah di tetapkan, sehingga hasil pengujian kuat tekan SCC dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji kuat tekan SCC

Hasil Pengujian		Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
		(MPa)	(MPa)	(MPa)
Kuat tekan Slinder (hari)	7	10,85	11,76	15,63
	14	14,54	16,51	20,49
	21	17,2	19,53	24,01
	28	18,1	20,56	25,27

Hasil tes tekan pada umur 7,14,21 dan 28 hari, terlihat nilai yang linier antar semua variasi, nilai kuat tekan tertinggi diperoleh dari variasi 3, sedangkan yang paling rendah diperoleh dari variasi 1. Grafik kuat tekan SCC dapat kita gambarkan seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik hasil tes tekan beton SCC

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Performa Beton segar terhadap daya alir SCC terbaik dipoleh pada variasi 3, dimana untuk pengujian U-Box dan Slump Flow memiliki kinerja yang lebih baik dari pada dua variasi lainnya. Semakin sedikit tambahan kapur dan abu sekam padi maka daya air semakin baik.
- Nilai kekentalan SCC terbaik dipoleh pada variasi 3, dimana untuk pengujian V- Funnel yang diperoleh berada dibawah angka 8 detik. Semakin sedikit

tambahan kapur dan abu sekam padi maka kekentalan semakin baik.

- Saat pengujian campuran SCC menggunakan pengujian L-Box didapatkan hasil yang kurang memuaskan dimana campuran SCC tidak dapat mengalir (Passing Ability).
- Berdasarkan hasil uji tes kuat tekan SCC terbaik diperoleh pada Variasi 3, maka dapat disimpulkan semakin sedikit kadar abu sekam padi dan kapur pada beton SCC maka mutunya semakin baik.

5.2 Saran

Untuk kemajuan kedepan kami usulkan saran sebagai berikut :

- Perlunya menggunakan material yang sudah terstandar untuk beton SCC, karena akan berhubungan dengan Workability dan kekuatan yang akan kita optimalkan.
- Sampel benda uji harus dibuat dengan sempurna sehingga tidak mereduksi nilai kuat tekan beton.
- Pada penelitian selanjutnya, perlu dilakukan percobaan efektifitas SCC kinerja terhadap Acuan dan perancah serta Efisiensinya.

DAFTAR PUSTAKA

- GA Taurano, J Abda, R Fernando, AB Utama. 2021. Analisis Uji Kuat Tekan Beton Normal Dengan Substitusi Kapur dan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Semen. Jurnal Orbith Politeknik Negeri Semarang., vol 12, 2503-4847
- Setiawan A. 2016. Perancangan Struktur Beton Bertulang, Erlangga, Jakarta.
- Haqqu, Fatih. 2016. Analisis Sifat Mekanis SCC Menggunakan Bahan Tambah Superplasticizer Dengan Pemanfaatan High Volume Fly ash Concrete, Surakarta, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Maria, dkk, 2014. Pemanfaatan Abu Sekam Padi Dengan Treatment Hcl Sebagai Pengganti Semen Dalam Pembuatan

- Beton. Universitas Kristen Petra.
Jawa
Timur
- BSN. 2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder, SNI 1974-2011, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- Nugraha P., Antoni. 2007. Teknologi Beton, Andi, Yogyakarta
- Andriyanta, Ridwan dkk, 2011, Laporan Mix Design dan Pengujian Beton.
https://www.academia.edu/3342349/laporan_beton, Yogyakarta.
- Purnomo, R. Dkk., 2007. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) dilengkapi penjelasan, itsprees, Surabaya.
- Beshr, H., Almusallam, A.A., and Maslehuddin, M., (2003), *Effect of Coarse Aggregate Quality on the Mechanical Properties of High Strength Concrete*, *Construction and Building Materials*, 17(2), pp 97-103.