

OPTIMALISASI KUAT TEKAN *SELF-COMPACTING CONCRETE* DENGAN CARA *TRIAL-MIX* KOMPOSISI AGREGAT DAN *FILLER* PADA CAMPURAN ADUKAN BETON

Oleh :

Slamet Widodo
Staf Pengajar FT UNY

ABSTRAK

Pembatasan nilai faktor air-bahan perekat, pengendalian komposisi agregat, penggunaan *superplasticizer* dan *filler* merupakan faktor utama yang perlu diperhatikan dalam produksi *self-compacting concrete (SCC)*. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui komposisi antara agregat kasar dan agregat halus yang optimum pada beton yang tergolong *SCC* dan persentase optimum dalam melakukan substitusi adukan beton dengan serbuk bata merah yang difungsikan sebagai *filler* dalam proses produksi *SCC*. Studi eksperimental dilakukan di laboratorium dengan faktor air-bahan perekat sebesar 0,40. Komposisi antara agregat kasar dan agregat halus dirancang dalam beberapa variasi yaitu; 2:1, 1,5:1, 1:1, 1:1,5 dan 1:2, setelah diketahui nilai perbandingan agregat yang optimum selanjutnya dilakukan pengujian variasi takaran *filler*. Substitusi *filler* berupa serbuk bata merah diberikan dengan takaran 1/10, 1/5, 1/3 dan 1/2 dihitung berdasarkan jumlah *binder* yang diperlukan. Sifat beton segar diuji dengan metode *modified slump test* sedangkan pengujian kuat tekan beton dilakukan pada 90 benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur 3, 7 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan komposisi agregat yang optimum ditinjau dari sifat beton segar dan kuat tekan beton dapat dicapai pada penggunaan pasir dan kerikil dengan komposisi 1 : 1. Pemanfaatan serbuk bata merah sebagai *filler* pada *SCC* dapat meningkatkan kuat tekan beton, di mana takaran substitusi semen yang optimum dicapai pada penggunaan serbuk bata merah sebesar 10% yang ditunjukkan dengan besarnya kuat tekan pada umur 28 hari adalah 54,14 MPa. Laju perkembangan kuat tekan *SCC* dengan serbuk bata merah akan lebih lambat jika dibandingkan dengan *SCC* yang tidak menggunakan serbuk bata merah.

Kata Kunci : Self-Compacting Concrete, Kuat Tekan, Agregat, Serbuk Bata Merah

ABSTRACT

Reduction of water-binder ratio, limitation of coarse aggregate content, usage of superplasticizer and filler are the key-factor in producing self-compacting concrete (SCC). This research has done to optimize the compressive strength of SCC with trial-mix method to find the optimum composition between coarse aggregate and fine aggregate in the first step and then find the optimum percentage of portland cement partial replacement with clay-brick powder for the next step. This experimental research has done in the building materials laboratory, using 0.40 value of water-binder ratio. The composition between coarse and fine aggregate ranging from 2.0:1.0, 1.5:1.0; 1.0:1.0, 1.0:1.5 and 1.0:2.0 to find the optimum composition. The next step was proposed to evaluate the possibilities to use clay-brick powder for partial replacement portland cement. The partial replacement was done in 1/10, 1/5, 1/3 and 1/2 by total weight of binder. 90 concrete cylinders (Ø15cmx30cm) were used in the compressive strength investigation in 3, 7 and 28 days of wet curing. Test result indicates that the optimum composition between coarse and fine aggregate is 1.0:1.0. Clay-brick powder usage in

partial replacement of portland cement would be increasing SCC compressive strength up to 54.14 MPa, with 1/10 binder weight replacement as the optimum value. The rate of compressive strength development for SCC with clay-brick powder would be slower than SCC without clay brick-powder.

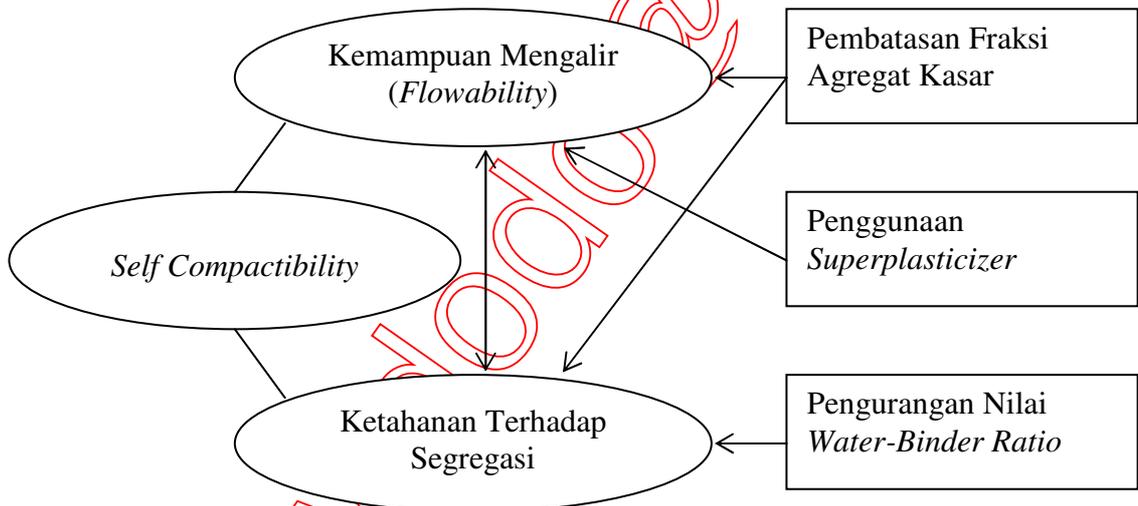
Key words : Self-Compacting Concrete, Compressive Strength, Aggregate, Clay-brick powder

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi dari tahun ke tahun semakin pesat, baik dari segi desain maupun metode-metode konstruksi yang dilakukan. Dalam pekerjaan konstruksi beton, pemadatan atau vibrasi beton adalah pekerjaan yang mutlak harus dilakukan untuk suatu pekerjaan struktur beton bertulang konvensional. Tujuan dari pemadatan itu sendiri adalah meminimalkan udara yang terjebak dalam beton segar sehingga diperoleh beton yang homogen dan tidak terjadi rongga-rongga di dalam beton (*honey-comb*). Konsekuensi dari beton bertulang yang tidak sempurna pematatannya, diantaranya dapat menurunkan kuat tekan beton dan impermeabilitas beton sehingga mudah terjadi korosi pada besi tulangan (Sugiharto dan Kusuma, 2001). Pengecoran beton konvensional pada *beam column joint* yang padat tulangan dengan alat vibrator belum menjamin tercapainya kepadatan secara optimal. Selain itu penggunaan alat vibrator pada daerah yang padat bangunan dapat menimbulkan polusi suara yang mengganggu sekitarnya, sehingga teknologi *self-compacting concrete* (SCC) merupakan alternatif yang dapat digunakan.

Self-compacting Concrete (SCC) dapat didefinisikan sebagai suatu jenis beton yang dapat dituang, mengalir dan menjadi padat dengan memanfaatkan berat sendiri, tanpa memerlukan proses pemadatan dengan getaran atau metode lainnya, selain itu beton segar jenis *self-compacting concrete* bersifat kohesif dan dapat dikerjakan tanpa terjadi segregasi atau *bleeding*. Keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan *self compacting concrete* antara lain : (1) Mengurangi lamanya konstruksi dan besarnya upah pekerja, (2) Pemadatan dan penggetaran beton yang dimaksudkan untuk memperoleh tingkat kepadatan optimum dapat dieliminir, (3) Mengurangi kebisingan yang mengganggu lingkungan sekitarnya, (4) Meningkatkan kepadatan elemen struktur beton pada

bagian yang sulit dijangkau dengan alat pemadat, seperti vibrator, (5) Meningkatkan kualitas struktur beton secara keseluruhan. Beton jenis ini lazim digunakan untuk pekerjaan beton pada bagian struktur yang sulit dijangkau dan dapat menghasilkan struktur dengan kualitas yang baik. Menurut Dehn dan kawan-kawan (2000), *Self Compacting Concrete* mensyaratkan kemampuan mengalir yang baik pada beton segar dengan nilai *slump-flow* minimal sebesar 60 cm memiliki dan pada umumnya nilai *slump* yang dicapai sangat tinggi (lebih dari 20 cm). Konsep dasar yang diterapkan dalam proses produksi SCC ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konsep Dasar Proses Produksi *Self-Compacting Concrete*
(Dehn dkk, 2000)

SCC dapat diproduksi jika menggunakan *superplasticizer* yang diperlukan untuk mendispersikan (menyebarkan) partikel semen menjadi merata dan memisahkan menjadi partikel-partikel yang halus sehingga reaksi pembentukan C-S-H (*tobermorite*) akan lebih merata dan lebih aktif. Komposisi Agregat kasar dan agregat halus juga harus diperhatikan dalam proses produksi SCC, mengingat semakin besar proporsi agregat halus dapat meningkatkan daya alir beton segar tetapi jika agregat halus yang digunakan terlalu banyak maka dapat menurunkan kuat tekan beton yang dihasilkan, sebaliknya jika terlalu

banyak agregat kasar dapat memperbesar resiko segregasi pada beton. Sedangkan penggunaan bahan pengisi (*filler*) diperlukan untuk meningkatkan viskositas beton guna menghindari terjadinya *bleeding* dan segregasi, untuk tujuan tersebut dapat digunakan *fly ash*, serbuk batu kapur, *silica fume* atau yang lainnya (Persson, 2000). Serbuk bata merah juga tergolong dalam *artificial pozzolan* yang mudah didapatkan dan harganya relatif murah di Indonesia. Bahan ini bersifat higroskopis (menyerap air) sehingga dapat meningkatkan viskositas beton segar jenis SCC. Selain itu serbuk bata merah juga merupakan pozzolan aktif yang dapat bereaksi dengan kapur bebas untuk membentuk tobermorite, yang merupakan massa padat di dalam beton. Kandungan kimiawi serbuk bata merah dapat dilihat pada Tabel 1, yang menunjukkan semua varian serbuk bata merah memiliki akumulasi kandungan SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃ lebih dari 70%, sehingga tergolong sebagai pozzolan aktif.

Tabel 1. Kandungan Kimiawi Serbuk Bata Merah (O'Farrell dkk, 2000)

Jenis Bata Merah	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O
B	54,83	19,05	6,00	2,90	0,50
D	69,99	10,62	4,02	0,038	1,02
L	68,79	15,23	6,28	0,127	0,26
P	72,75	15,89	4,97	0,07	0,27
LI	58,02	15,28	6,26	0,139	0,71

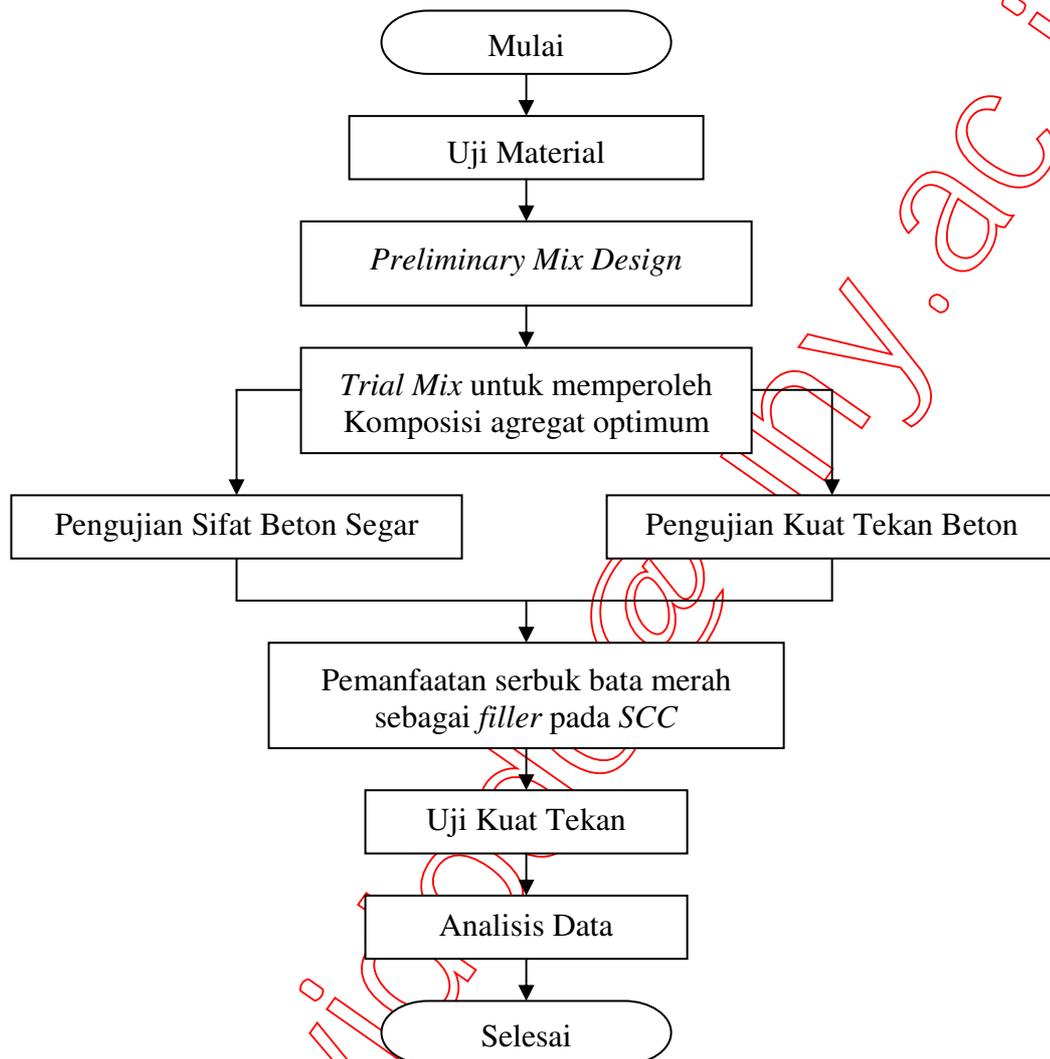
Mengingat Standar Nasional Indonesia (SNI) sampai saat ini belum mengakomodasi teknologi *self-compacting concrete* berkaitan minimnya penelitian yang dilakukan tentang teknologi baru ini, sedangkan potensi material yang dimiliki cukup besar, maka diperlukan penelitian untuk mendapatkan *mix design* yang optimal dalam pembuatan beton jenis SCC di Indonesia. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui komposisi antara agregat kasar dan agregat halus yang optimum pada beton yang tergolong *self-compacting concrete* dan persentase optimum dalam melakukan substitusi semen dalam adukan beton dengan serbuk bata merah yang difungsikan sebagai *filler* dalam produksi SCC.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk melaksanakan berbagai pengujian dalam penelitian ini, meliputi : (1) Semen portland type I dengan merk dagang Semen Nusantara, (2) Agregat batu pecah dengan diameter maksimum 19 mm yang berasal dari wilayah Kabupaten Bantul, (3) Air bersih diperoleh dari Laboratorium Bahan Bangunan FT UNY, (4) *Superplasticizer* dengan merk dagang SIKA VISCOCRETE, (5) *Filler* berupa serbuk bata merah yang lolos saringan berukuran 0,075 mm. Peralatan yang diperlukan untuk melaksanakan berbagai pengujian dalam penelitian ini terdiri dari : (1) Ayakan/saringan dan penggetar *siever*, (2) Cetakan Beton, (3) *Compression Testing Machine*, (4) *Concrete mixer*, (5) Gelas ukur dan piknometer, (6) Kerucut Abrams dan tongkat penusuk, (7) Penggaris, (8) Timbangan.

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui komposisi agregat dan takaran *filler* yang optimum dalam proses produksi *self-compacting concrete*. Variabel-variabel yang dilibatkan dalam penelitian ini dapat dibedakan menjadi 3 kategori yaitu; (1) Variabel bebas meliputi komposisi campuran agregat dan takaran *filler* yang digunakan. Nilai perbandingan antara agregat kasar dan agregat halus dirancang dalam beberapa variasi yaitu; 2:1, 1,5:1, 1:1, 1:1,5 dan 1:2, setelah diketahui nilai perbandingan agregat yang optimum selanjutnya dilakukan pengujian variasi takaran *filler*. Substitusi *filler* (serbuk bata merah) diberikan dengan takaran 1/10, 1/5, 1/3 dan 1/2 dihitung berdasarkan jumlah *binder* yang diperlukan, (2) Variabel terikat berupa kuat tekan beton, (3) Variabel pengendali terdiri dari *water per binder ratio* sebesar 0,40, jenis semen, jenis dan ukuran agregat, jenis *superplasticizer*, nilai *slump-flow* minimal 60 cm, umur beton dan ukuran *filler* yang digunakan. *Mix design* yang digunakan dalam penelitian ini selengkapnya ditunjukkan Tabel 2.

Sesuai dengan tujuannya maka penelitian ini tergolong sebagai penelitian eksperimental. Langkah-langkah dalam penelitian ini secara garis besar dapat disajikan dalam diagram alir berikut :



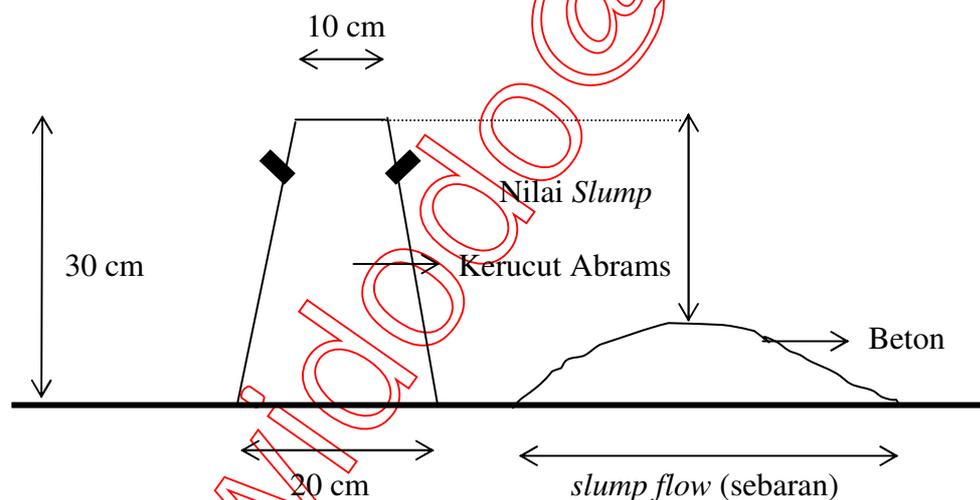
Gambar 2. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

Tabel 2. Rancangan Campuran Adukan Beton

Material	Komposisi Agregat (Pasir : Kerikil)				
	2,0 : 1,0	1,5 : 1,0	1,0 : 1,0	1,0 : 1,5	1,0 : 2,0
<i>Sika Viscocrete-5</i> (lt/m ³)	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Air (lt/m ³)	201,0	201,0	201,0	201,0	201,0
Semen (kg/m ³)	462,0	462,0	462,0	462,0	462,0
<i>Silica fume</i> (kg/m ³)	51,0	51,0	51,0	51,0	51,0
Agregat Kasar (kg/m ³)	570,4	648,8	811,0	973,2	1081,3
Agregat Halus (kg/m ³)	1081,3	973,2	811,0	648,8	570,4
Berat total (kg/m ³)	2340,0	2340,0	2340,0	2340,0	2340,0

Pencampuran beton dilakukan di dalam *concrete mixer* agar diperoleh campuran yang homogen. Agregat kasar dan pasir dalam kondisi *SSD*, semen dan *silica fume* ditimbang lalu dimasukkan ke dalam *mixer*, selanjutnya air dan *viscocrete* ditakar sesuai dengan kebutuhan, kemudian *mixer* mulai diputar sambil menambahkan air. *Viscocrete* yang telah disiapkan dicampur dalam air dan ditambahkan ke dalam campuran setelah *mixer* diputar selama kurang lebih dua menit, pencampuran di dalam *mixer* dilakukan selama tiga menit.

Sifat beton segar dalam penelitian ini diuji dengan metode *modified slump test* untuk mengukur nilai *slump* dan *slump-flow* (sebaran) yang terjadi. Sketsa gambar pelaksanaan *modified slump test* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa *Modified Slump Test*

Prosedur pengujian kuat tekan beton dilaksanakan berdasarkan SNI : 03-1974-1990, benda uji diletakkan pada mesin tekan secara sentris, dan mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban antara 2 sampai 4 kg/cm^2 perdetik. Pembebanan dilakukan sampai benda uji menjadi hancur dan beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji dicatat. Setiap varian dalam penelitian ini dilakukan uji kuat tekan pada umur 3, 7 dan 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 3 buah silinder beton untuk 1 data uji. Hasil *trial-mix* komposisi agregat yang paling optimal, selanjutnya digunakan dalam studi pemanfaatan serbuk bata merah sebagai *filler* dalam proses produksi *SCC*.

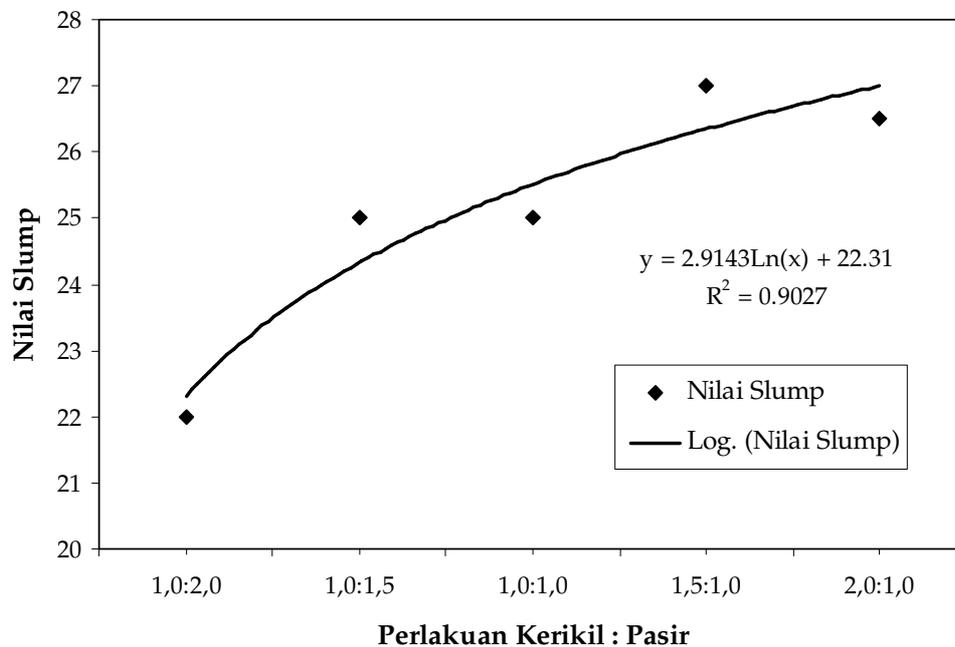
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil *Trial Mix* Komposisi Agregat

Pengujian yang dilakukan terhadap sifat beton segar dalam penelitian ini meliputi uji *slump* dan *slump flow*. Hasil pengujian selengkapnya disajikan pada Tabel 3, Gambar 4 dan 5.

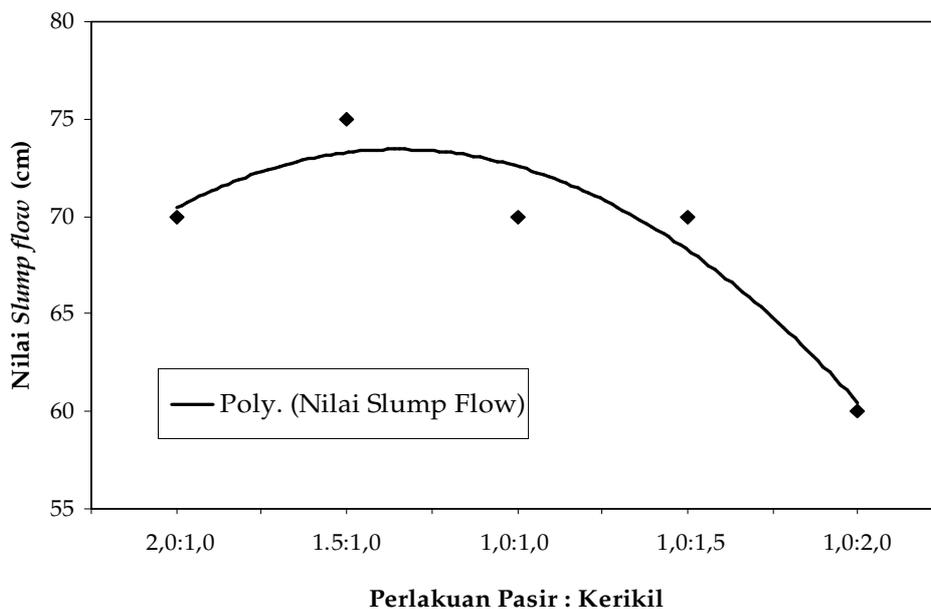
Tabel 3. Sifat Beton Segar pada *Trial Mix* Komposisi Agregat

No.	Perlakuan Pasir : Kerikil	Slump	<i>Slump Flow</i>
1.	2,0 : 1,0	22,0	70,0
2.	1,5 : 1,0	25,0	75,0
3.	1,0 : 1,0	25,0	70,0
4.	1,0 : 1,5	26,5	70,0
5.	1,0 : 2,0	27,0	60,0



Gambar 4. Hasil Pengujian *Slump* pada *Trial Mix* Komposisi Agregat

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai slump yang dihasilkan cenderung meningkat sejalan dengan penambahan fraksi agregat kasar, hal ini disebabkan karena agregat halus memiliki ukuran butir yang kecil dengan luas permukaan yang lebih besar sehingga membutuhkan air bebas yang lebih banyak, sehingga semakin banyak fraksi agregat halus yang digunakan menyebabkan semakin kecilnya tingkat kelecakan beton segar. Hasil pengujian tersebut juga menunjukkan bahwa nilai slump yang dicapai selalu lebih besar dari 20 cm, sehingga pengujian slump sudah tidak efektif untuk digunakan. Nilai slump yang besar ini disebabkan karena penggunaan *polycarboxylate* sebagai *superplasticizer* menyebabkan terjadinya dispersi butiran semen sehingga beton segar menjadi sangat encer. Kondisi ini membutuhkan metode pengujian lain yang lebih sesuai yaitu *modified slump test* atau pengukuran *slump flow*.



Gambar 5. Hasil Pengujian *Slump-flow* pada *Trial Mix* Komposisi Agregat

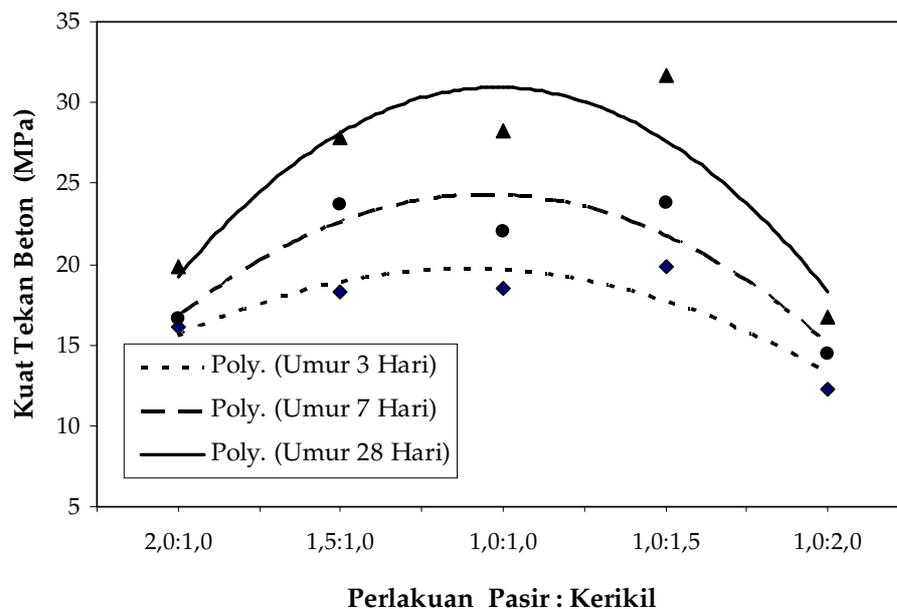
Hasil pengujian *slump flow* pada Gambar 5 juga menunjukkan semakin banyak fraksi agregat halus akan meningkatkan nilai sebaran *slump flow*. Hal ini disebabkan semakin banyak agregat halus akan meningkatkan luas permukaan agregat sehingga pasta semen dapat berfungsi sebagai pelumas dan perekat

dengan baik sehingga kohesifitas beton segar dapat meningkat dan gejala segregasi dan *bleeding* dapat diminimalisir, secara visual beton segar terlihat seperti cairan madu yang kental tetapi mampu mengalir dengan baik. Nilai *slump flow* akan mencapai 65 cm jika fraksi agregat halus lebih dari 40%, sehingga untuk menghasilkan SCC diperlukan fraksi agregat halus minimal 40%.

Hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan pada saat benda uji berumur 3, 7 dan 28 hari disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 6.

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Akibat Variasi Komposisi Agregat

No.	Perlakuan Pasir : Kerikil	Kuat Tekan Beton (MPa)		
		3 hari	7 hari	28 hari
1.	2,0 : 1,0	16,006	16,593	19,882
2.	1,5 : 1,0	18,290	23,630	27,810
3.	1,0 : 1,0	18,525	22,051	28,220
4.	1,0 : 1,5	19,894	23,756	31,463
5.	1,0 : 2,0	12,305	14,425	16,780



Gambar 6. Kuat Tekan Beton Akibat Variasi Komposisi Agregat

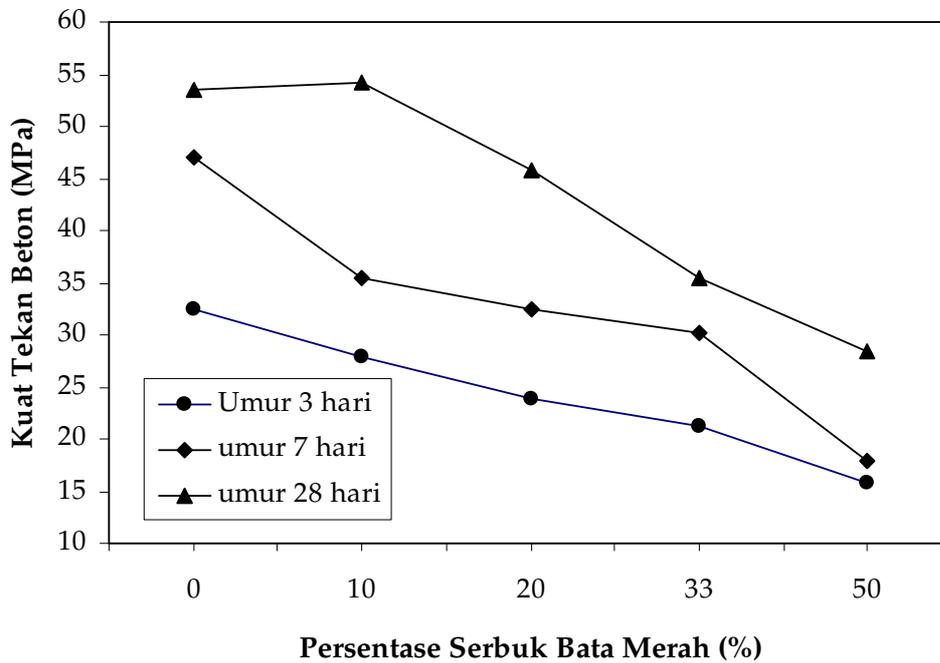
Regresi polinomial berderajat dua yang dilakukan terhadap hasil uji kuat tekan pada umur 3, 7 dan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 6. Hasil tersebut menunjukkan untuk memproduksi beton jenis SCC fraksi agregat halus yang digunakan sebaiknya berkisar antara 40% sampai 60%, dengan kekuatan optimum akan dicapai pada saat digunakan fraksi agregat halus sebesar 50%. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Nan Su dan kawan-kawan (2001) yang menyarankan penggunaan agregat halus antara 50% sampai 57%. Penggunaan fraksi agregat halus sebesar 50% menunjukkan hasil yang optimum disebabkan karena dicapainya sifat beton segar yang mudah mengalir dan variasi ukuran agregat yang akan saling mengisi sehingga dapat diperoleh beton yang dapat memadat mengandalkan berat sendiri dengan tingkat kepadatan yang cukup baik. Penggunaan agregat halus yang terlalu banyak menyebabkan beton segar mudah mengalir namun kekuatan beton tidak optimal karena sifatnya yang menyerupai mortar, sedangkan penggunaan agregat kasar yang terlalu banyak berakibat terjadinya rongga dalam beton dan meningkatnya kecenderungan segregasi.

Hasil Uji Kuat Tekan SCC dengan *Filler* Serbuk Bata Merah

Hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan pada saat benda uji berumur 3, 7 dan 28 hari disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 7.

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tekan SCC dengan *Filler* Serbuk Bata merah

No.	Substitusi Semen dengan Serbuk Bata Merah	Kuat Tekan Beton (MPa)		
		3 hari	7 hari	28 hari
1.	0%	32,44	46,97	53,57
2.	10%	27,92	35,46	54,14
3.	20%	23,89	32,44	45,08
4.	33%	21,31	30,18	35,46
5.	50%	15,85	17,92	28,48

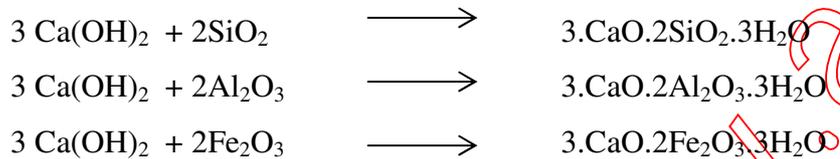


Gambar 7. Hasil Uji Kuat Tekan SCC dengan *Filler* Serbuk Bata merah

Tabel 5 dan Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan *self-compacting concrete* dengan berbagai variasi persentase substitusi semen dengan serbuk bata merah. Pada saat umur 28 hari terlihat penggunaan serbuk bata merah dengan takaran 10% berat semen akan memberikan nilai kuat tekan yang tertinggi. Hal ini terjadi karena serbuk bata merah tergolong sebagai pozolan aktif yang merupakan *latent cementitious material*, sehingga jika semen portland, air, pozolan dan agregat bercampur di dalam beton, maka terjadi reaksi hidrasi dari senyawa-senyawa semen dan hidrasi dari komponen mineral pozolan dengan kalsium hidroksida yang dihasilkan oleh hidrasi semen portland. Pada penambahan serbuk bata merah kapur bebas dapat bereaksi dengan silica oksida (SiO_2), Al_2O_3 dan Fe_2O_3 menghasilkan *tobermorite*, sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan kepadatan beton. Proses hidrasi yang terjadi pada semen portland dapat dinyatakan dalam persamaan reaksi kimia sebagai berikut :

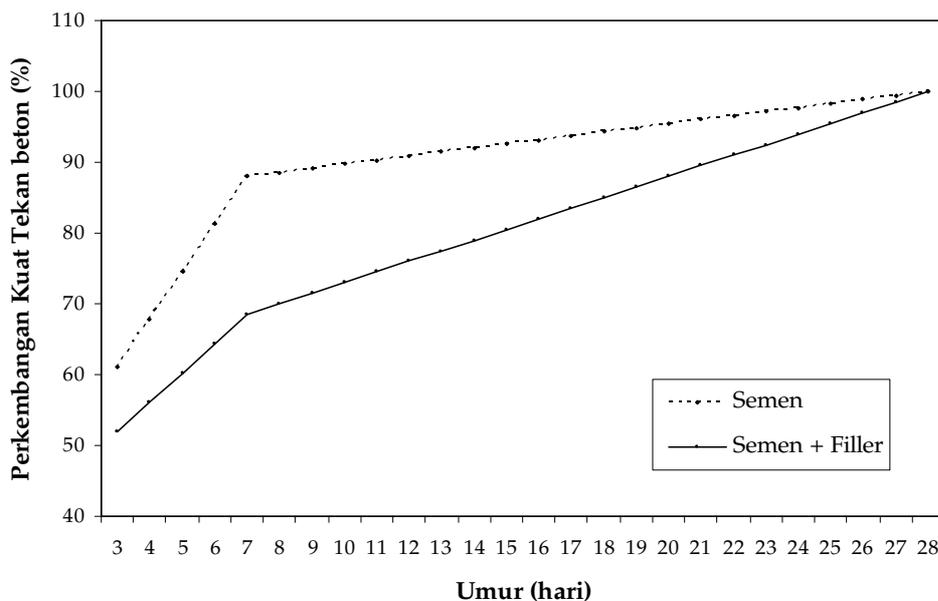


dengan adanya bahan tambahan berupa serbuk bata merah maka akan terjadi reaksi antara kapur bebas dengan butiran silika, alumina dan ferro-oksida yang menghasilkan tobermorite



Tampak bahwa bahan pozolan ini mengikat kapur bebas dalam beton dan membentuk kalsium silikat hidrat yang sama dengan hasil hidrasi semen portland.

Pada penggunaan serbuk bata merah sebanyak 20%, 33% dan 50% terjadi penurunan kuat tekan, hal ini dapat terjadi karena belum tuntasnya reaksi antara air, semen dan pozolan mengikat perkembangan kuat tekan beton SCC dengan serbuk bata merah lebih lambat dari laju kuat tekan beton SCC tanpa serbuk bata merah seperti ditunjukkan Gambar 8, atau disebabkan karena terlalu banyaknya fraksi serbuk bata merah sehingga tidak semua serbuk bata merah dapat bereaksi dengan kapur bebas dan mengakibatkan terganggunya ikatan antara pasta dengan agregat yang digunakan.



Gambar 8. Laju Kuat Tekan SCC dengan *Filler* Serbuk Bata merah

Gambar 8 menunjukkan perkembangan kuat tekan SCC yang menggunakan serbuk bata merah lebih lambat dibandingkan dengan SCC yang tidak menggunakan serbuk bata merah. Hal ini disebabkan karena serbuk bata merah merupakan *latent cementitious material* sehingga dalam reaksinya memerlukan kapur bebas yang dihasilkan dari reaksi hidrasi antara semen dan air, fenomena reaksi bertahap inilah yang menyebabkan lambatnya kestabilan kuat tekan yang dicapai.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Komposisi agregat memberikan pengaruh terhadap sifat beton segar, yaitu pada *workability* dan aliran beton segar. Hal itu terlihat pada besarnya nilai slump dan *slump flow*. Banyaknya agregat kasar mempengaruhi daya alir beton, pada komposisi agregat sekitar 50% - 60% (misal; pasir : kerikil = 1 : 1 dan pasir : kerikil = 1 : 1,5) daya alir beton baik karena nilai *flowability/slump flow* yang dicapai 70 cm, lebih besar dari *slump flow* minimal yaitu 65 cm, sedangkan pada komposisi pasir : kerikil = 1 : 2 nilai *slump flow* adalah 60 cm (kurang dari *slump flow* standar) sehingga dikatakan daya alir beton pada perlakuan tersebut tidak memenuhi syarat (beton segar sulit mengalir).
2. Hasil kuat tekan *Self Compacting Concrete* yang dicapai ditunjukkan dengan besarnya nilai kuat tekan rata – rata beton pada umur 28 hari. Hasil kuat tekan SCC ini berubah seiring perubahan komposisi agregat, pada komposisi pasir dibanding kerikil = 2 : 1 kuat tekan mulai naik dan mencapai kuat tekan tertinggi pada komposisi pasir : kerikil = 1 : 1,5 dan mengalami penurunan pada perlakuan pasir : kerikil = 1 : 2.
3. Pemanfaatan serbuk bata merah sebagai *filler* pada SCC dapat meningkatkan kuat tekan beton, di mana takaran substitusi semen yang optimum dicapai pada penggunaan serbuk bata merah sebesar 10% yang ditunjukkan dengan besarnya kuat tekan pada umur 28 hari adalah 54,14 MPa.

4. Laju perkembangan kuat tekan *SCC* yang menggunakan serbuk bata merah akan lebih lambat jika dibandingkan dengan *SCC* yang tidak menggunakan serbuk bata merah.

Saran yang dapat disampaikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan meliputi :

1. Pada proses produksi *self-compacting concrete* (*SCC*) sebaiknya digunakan agregat halus dengan proporsi 40% sampai 60% dari total berat agregat yang digunakan.
2. Serbuk bata merah dapat dimanfaatkan sebagai *filler* dalam proses produksi *SCC* untuk menghemat biaya.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kualitas dan durabilitas beton yang menggunakan serbuk bata merah dengan umur pengujian minimal 56 hari untuk memperoleh kestabilan reaksi air, semen dan pozolan.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperoleh nilai takaran optimum dalam pemanfaatan serbuk bata merah sebagai *filler*.

DAFTAR PUSTAKA

Dehn, F., Holschemacher, K. and Weiße, D., 2000, *Self-Compacting Concrete (SCC) Time Development of the Material Properties and the Bond Behaviour*, LACER No.5., Leipzig.

Ferraris, C.F., 1999, *Measurement of the Rheological Properties of High Performance Concrete : State of the Art*, Journal of Research of National of Standard and Technology, Vol. 104, No.4, 1999, Gaithersburg.

Ferraris, C.F., Lynn, B., Celik, O. and Daczko, J., 2000, *Workability of Self-Compacting Concrete*, International Simposium of High Performance Concrete, Orlando.

Ouchi, M., 2001, Self-Compacting Concrete Development, Applications and Investigations, Kochi University of Technology.

O'Farrell, M., Wild, S., and Sabir, B.B., 1999, *Resistance to Chemical Attack of Ground Brick - PC Mortar Part I. Sodium Sulphate Solution*, Cement & Concrete Research 30, Pergamon.

O'Farrell, M., Wild, S., and Sabir, B.B., 1999, *Resistance to Chemical Attack of Ground Brick - PC Mortar Part II. Synthetic Seawater*, Cement & Concrete Research 30, Pergamon.

- Persson, B., 2000, *A Comparison Between Mechanical Properties of Self-Compacting Concrete and the Corresponding Properties of Normal Concrete*, Cement and Concrete Research, Vol. 31, Pergamon.
- Sugiharto, H. dan Kusuma, G.H., 2001, *Penggunaan Fly Ash dan Viscocrete pada Self-Compacting Concrete*, Dimensi Teknik Sipil, Vol.3, No.1, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Taylor, H.F.W., 1997, *Cement Chemistry*, Thomas Telford, London.
- Widodo, S., 2002, *Pengaruh Sika Viscocrete-5 Terhadap Kuat Tekan, Serapan Air dan Kuat Lekat Tulangan Self-Compacting Concrete di Bawah Air*, Tesis Program Pascasarjana, Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Yamada, K., Takahashi, T., Hanehara, S. and Matsuhisa, M., 2000, *Effects of Chemical Structures on the Properties of Polycarboxylate-Type Superplasticizer*, Cement and Concrete Research, Vol. 30, Pergamon.

BIODATA

Slamet Widodo, lahir di Boyolali pada tanggal 3 November 1976. Lulus Sarjana Teknik Sipil UNS tahun 1999, Pendidikan Magister Teknik Sipil dengan Bidang Keahlian Teknik Struktur diselesaikan di UGM pada tahun 2002. Mengajar di Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik UNY mulai tahun 2000. Bidang Penelitian yang diminati berkaitan dengan bidang metode elemen hingga, teknologi bahan bangunan, *high performance concrete*, *high strength concrete*, struktur beton dan struktur tahan gempa. Tulisan berupa buku yang telah dihasilkan berjudul *Mekanika Bahan untuk Teknik Sipil*, dicetak dan diterbitkan oleh Penerbit Ar-Ruzz pada tahun 2003. Beberapa karya ilmiah yang dihasilkan juga telah dimuat di beberapa jurnal terbitan dalam negeri (Universitas Negeri Yogyakarta, Unika Soegijapranata Semarang, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta dan Jurnal Poltek PPKP Yogyakarta).