

## PEMANFAATAN LIMBAH ABU BATU SEBAGAI BAHAN PENGISI DALAM PRODUKSI *SELF-COMPACTING CONCRETE*

Slamet Widodo <sup>1)</sup>, Agus Santosa <sup>1)</sup>, Pusoko Prapto <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Fakultas Teknik UNY

### Abstract

Limestone powder has been the traditional material used in controlling the segregation potential and deformability of fresh self compacting concrete (SCC). This paper deals with the utilization of alternative materials, such as quarry dust, for SCC applications. This experimental tests aimed to observe the effects of stone dust role in SCC, that utilized by addition and partial replacement ranging from 0%, 12,5%, 25% and 37,5% based on the weight of portland cement material. The tests were done on compressive strength and splitting tensile strength using three standard cylinder specimens for each data. Test results indicate that stone dust could improve the compressive strength of SCC by addition method with the optimum dosage in 25% addition by weight of cement, but all test results indicate that stone dust will decrease the splitting tensile strength of SCC both in addition and partial replacement method.

**Keywords:** self compacting concrete, filler, stone dust, compressive strength, splitting tensile strength.

### PENDAHULUAN

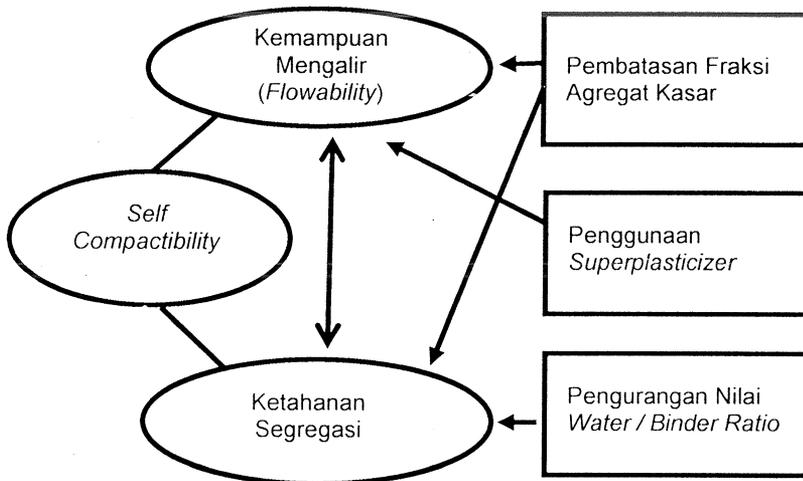
Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi dari tahun ke tahun semakin pesat, baik dari segi desain maupun metode-metode konstruksi yang dilakukan. Dalam pekerjaan konstruksi beton, pemadatan atau vibrasi beton adalah pekerjaan yang mutlak harus dilakukan untuk suatu pekerjaan struktur beton bertulang 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-*

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) Pemasangan 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 pematik, seperti vibrator, (5) Meningkatkan kualiti

tas 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 sangat baik pada beton segar dengan nilai *slump-flow* minimal sebesar 60 cm dengan nilai *slump* yang 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 me-ningkatkan 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 mem-perbesar resiko segregasi pada beton. Sedangkan penggunaan bahan pengisi (*filler*) diperlukan untuk me-ningkatkan viskositas beton guna menghindari terjadinya *bleeding* dang segregasi, untuk tujuan tersebut dapat digunakan *fly ash*, serbuk batu kapur, *silica fume* atau bahan pengisi yang lain (Persson, 2000).

Penambahan *filler* yang dimaksudkan untuk meningkatkan viskositas beton perlu dicermati dalam hal spesifikasi bahan maupun harga di pasaran, dalam penelitian ini dipilih serbuk abu batu karena bahan ini bersifat higroskopis dan mudah didapatkan dengan harga yang murah. Penggunaan serbuk abu batu diharapkan dapat meningkatkan viskositas beton segar sekaligus mengurangi kecenderungan terjadi-nya segregasi dan *bleeding* pada beton segar, selanjutnya setelah beton mengeras diharapkan serbuk abu batu dapat mengisi rongga-rongga yang ada pada beton sehingga dapat meningkatkan kuat tekan beton yang dihasilkan. Abu batu merupakan hasil sampingan dalam produksi batu pecah. Abu batu yang dapat digolongkan sebagai *filler* adaiah abu batu yang memiliki diameter lebih kecil dari 0,125 mm. Menurut Celik dan Marar (1996), agregat halus yang dihasilkan dari lokasi *stone crusher* mengandung kurang lebih 17% sampai 25% fraksi abu batu, sehingga abu batu memiliki volume produksi yang cukup potensial untuk dimanfaatkan lebih lanjut dalam proses produksi SCC.

## BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan untuk 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 PT Perwita Karya di wilayah Kabupaten Bantul, (3) Air bersih diperoleh dari Laboratorium Bahan Bangunan FT UNY, (4) *Hyperplasticizer* dengan merk dagang Sika Viscocrete-5, (5) *Filler* berupa limbah abu batu yang lolos saringan berukuran 0,075 mm. Peralatan yang digunakan terdiri dari: (1) Ayakan/ limbah abu batu yang lolos saringan berukuran 0,075 mm. Peralatan yang digunakan 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.

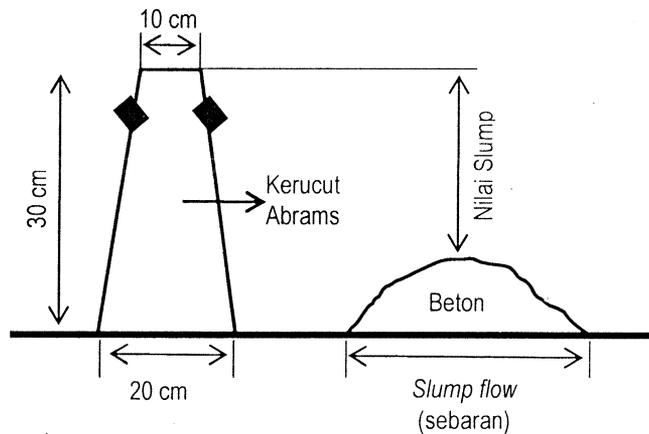
Sesuai dengan tujuannya, penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental dengan rancangan sebagai berikut: (1) Variabel bebas berupa variasi penambahan *filler* (limbah abu batu) yang diberikan dengan takaran 0%, 12,5%, 25% dan 37,5% dihitung berdasarkan berat semen yang diperlukan, (2) Variabel terikat berupa kuat tekan dan nilai serapan air SCC, (3) Variabel pengendali terdiri dari *water per binder ratio* sebesar 0,45, jenis semen, jenis dan ukuran agregat, jenis *hyperplasticizer*, nilai *slump-flow* minimal 60 cm, umur beton dan ukuran *filler* yang digunakan. *Mix design* yang digunakan dalam penelitian ini selengkapnya ditunjukkan Tabel 2.

**Tabel 1. Rancangan Campuran Adukan Beton**

Material	Water per-binder ratio 0,45						
	Takaran limbah Abu Batu						
	0%	12,5%		25%		37,5%	
		add	repl	add	repl	add	repl
Semen (kg/m <sup>3</sup> )	455,55	455,55	398,62	455,55	341,67	455,55	284,73
Abu Batu (kg/m <sup>3</sup> )	0,00	56,95	56,94	113,90	113,89	170,85	170,83
Agregat Kasar (kg/m <sup>3</sup> )	839,72	839,72	839,72	839,72	839,72	839,72	839,72
Agregat Halus (kg/m <sup>3</sup> )	839,72	839,72	839,72	839,72	839,72	839,72	839,72
Air (lt/m <sup>3</sup> )	205,00	230,63	230,63	256,25	230,63	281,88	230,63
Polycarboxylate (lt/m <sup>3</sup> )	3,34	3,76	3,76	4,18	3,76	4,60	3,76

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.



Gambar 2. Sketsa Modified Slump Test

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.

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<sup>2</sup> perdetik. Pembebanan dilakukan sampai benda uji menjadi hancur dan beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji dicatat. Dalam pengujian kuat tarik beton, metode yang digunakan adalah uji tarik belah yang mengacu pada ASTM C496-90. Setiap varian dalam penelitian ini dilakukan uji kuat tekan pada umur 56 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 3 buah silinder beton untuk 1 data uji.

Kuat tekan beton dihitung berdasarkan besarnya beban per-satuan luas, menurut Persamaan 1.

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

di mana ;

$f_c$  = kuat tekan beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Sedangkan kuat tarik belah benda uji dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$f_{sp} = \frac{2.P}{\pi.l.d} \dots\dots\dots (2)$$

di mana;

$f_{sp}$  = kuat tarik belah beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

l = panjang benda uji (mm)

d = diameter benda uji (mm)

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

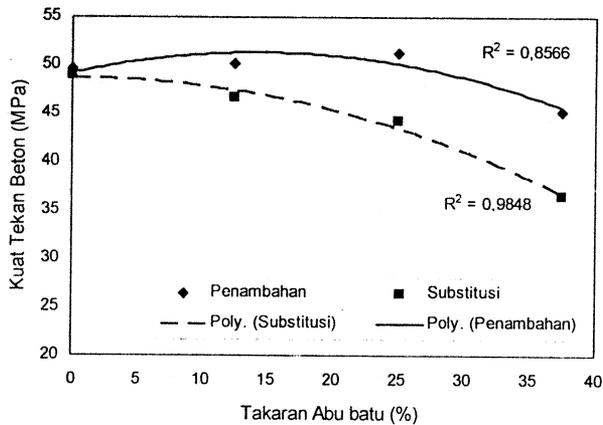
Pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui hubungan variasi penggunaan abu batu terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton pada umur 56 hari dapat dilihat pada Tabel 2, Gambar 3 dan 4.

**Tabel 2. Hubungan Variasi Abu Batu Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton**

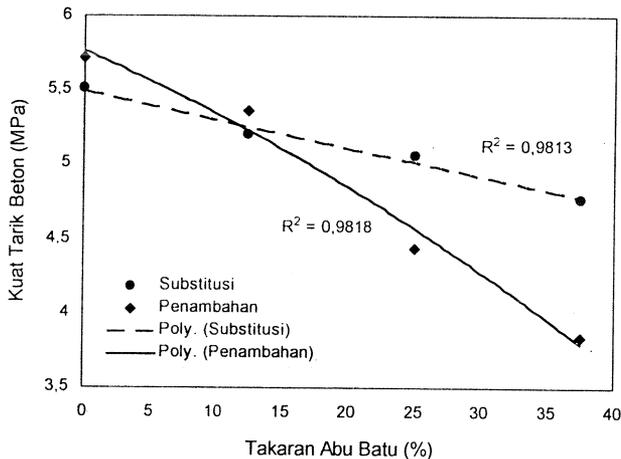
Persentase	Kuat Tekan SCC dengan <i>filler</i> Abu Batu (MPa)		Kuat Tarik SCC dengan <i>filler</i> Abu Batu (MPa)	
	Penambahan	Substitusi	Penambahan	Substitusi
0.0 %	49,542	49,542	5,510	5,510
12.5 %	50,120	45,640	5,395	5,200
25.0 %	51,269	41,470	5,099	5,060
37.5 %	45,192	28,150	4,909	4,760

Tabel 2 dan Gambar 3 menunjukkan adanya perbedaan kuat tekan *self-compacting concrete* sejalan dengan penggunaan abu batu sebagai *filler*. Pada penggunaan abu batu dengan cara penambahan terlihat kuat tekan beton meningkat sampai dicapai kadar optimum sebesar 25% kemudian

menurun lagi, sedangkan pada pemanfaatan abu batu sebagai bahan substitusi semen dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kekuatan tekan beton saat dilakukan substitusi semen dengan abu batu, semakin besar kadar substitusi semakin kecil nilai kuat tekan beton.



Gambar 3. Hubungan antara Takaran Abu Batu dengan Kuat Tekan Beton



Gambar 4. Hubungan antara Takaran Abu Batu dengan Kuat Tarik Belah Beton

Peningkatan kuat tekan beton SCC dalam kasus penambahan abu batu dapat terjadi karena abu batu yang berukuran sangat kecil (lolos saringan 0,075 mm) mampu berperan sebagai *filler* yang mengisi kekosongan rongga-rongga yang terdapat di antara agregat dan pasta semen, sehingga beton keras yang dihasilkan dapat membentuk

massa yang lebih kompak dan menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi. Pada penggunaan abu batu sebesar 37,5% mulai terlihat adanya penurunan kuat tekan, hal ini disebabkan karena komposisi abu batu yang ditambahkan sudah melebihi batas idealnya, sehingga dengan volume pasta semen yang

sama harus menyelimuti permukaan agregat dan *filler* yang lebih banyak, akibatnya fungsi pasta semen sebagai bahan perekat menjadi kurang efektif dan kuat tekan beton menjadi berkurang. Sedangkan pemanfaatan abu batu dengan cara substitusi semen justru menurunkan kuat tekan SCC karena mengurangi volume pasta semen dan menambah luasan bahan pengisi yang harus diselimuti, sehingga kekuatan rekat antara agregat dan bahan pengisi menjadi berkurang.

Tabel 2 dan Gambar 4 menunjukkan terjadinya penurunan kuat tarik belah beton saat dilakukan penambahan maupun substitusi semen dengan abu batu, semakin besar kadar substitusi semakin kecil nilai kuat tarik belah beton. Hal ini disebabkan karena berkurangnya volume pasta semen dan bertambahnya luasan bahan pengisi yang harus diselimuti, sehingga lekatan antara agregat maupun bahan pengisi menjadi tidak optimal.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah :

1. Penggunaan abu batu sebagai *filler* dalam produksi SCC dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 3.5%, pada penambahan abu batu dengan takaran 25% berat semen. Sedangkan penggunaan abu batu sebagai *filler* dengan cara substitusi (*partial replacement*) cenderung mengurangi kekuatan tekan SCC.
2. Penggunaan abu batu sebagai *filler* dalam SCC, baik dengan metode penambahan maupun substitusi cenderung menurunkan kekuatan tarik belah beton.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diajukan saran-saran sebagai berikut :

1. Abu batu dapat dimanfaatkan sebagai *filler* pada beton jenis SCC dengan takaran penambahan yang optimum sebesar 25% dihitung menurut berat semen yang digunakan.
2. Perlu dilakukan penelitian penggunaan abu batu sebagai *filler* dengan interval takaran yang lebih kecil untuk memperoleh nilai optimum yang lebih tepat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia, atas dukungan biaya penelitian yang diberikan melalui skema *research grant* program hibah *DUE-Like* tahun anggaran 2003. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada PT Sika Nusa Pratama atas bantuan material yang telah diberikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Celik, T. and Marar, K., 1996, *Effects of Crushed Stone Dust on Some Properties of Concrete*, Cement and Concrete Research Vol.26, No.7, pergamon.
- 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.
- Ho, D.W.S., Sheinn, A.M.M., Ng, C.C. and Tam, C.T., 2002, The Use of Quarry Dust for SCC Applications, Cement and Concrete Research Vol. 32, Pergamon.
- Ouchi, M., 2001, Self-Compacting Concrete Development, Applications and Investigations, Kochi University of Technology.
- 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.
- 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.
- 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.