

JURNAL PENELITIAN

MEDIA TEKNIK SIPIL

Volume IX Nomor 2 Juli 2009

Pengaruh Penggunaan *Plasticizer* pada *Self Compacting Geopolymer Concrete* Dengan Atau Tanpa Penambahan Kapur Padam

Ade Lisantono, Peggie Gladies Hehanussa

Kajian Scrapan dan Penetrasi Air Laut pada Beton Ringan Berserat Aluminium

Antonius Mediyanto, Endah Safitri

Brickblock Made From Crushed Glass and Fly Ash Bound With Bitumen

I Nyoman Arya Thanaya

Kapasitas Lentur Balok Bambu Wulung dengan Bahan Pengisi Mortar

Agus Setiya Budi

Manajemen Strategi Konsultan Golongan Kecil dalam Menghadapi Era Kebebasan Investasi

Fajar S. Handayani

Penggunaan *Carbon Fiber Reinforced Plate* sebagai Tulangan *Eksternal* pada Struktur Balok Beton

Endah Kanti Pangestuti, Fajar Sri Handayani

Strategi Perkuatan Struktur Bangunan atas Gedung Asrama Pesantren Inshafuddin (Studi Kasus Kegagalan Akibat Gempa)

Halida Yunita

Pengaruh *Recycling Aspal* Sebagai Pengganti Agregat Halus dan Serat Bendrat Pada Kuat Desak, Penetrasi dan Permeabilitas Beton

Slamet Prayitno

Asesmen Struktur atas Gedung Timbul Jaya Plaza Kota Madiun Akibat Alih Fungsi

Rosyid Kholilur R, S. A. Kristiawan, Mukahar

Penggunaan Modifikasi Desain Sumur Resapan Sebagai Pengisian Kembali Air Tanah dan Pengendalian Banjir di Kelurahan Sewu Surakarta

Koosdaryani

MEDIA TEKNIK SIPIL	Volume IX No. 2	Hal. 1 - 64	Surakarta Juli 2009	ISSN 1412-0976
-----------------------	--------------------	-------------	------------------------	-------------------

JURNAL PENELITIAN
MEDIA TEKNIK SIPIL

Volume IX Nomor 2 Juli 2009

ISSN 1412-0976

Dewan Redaksi

Ketua : Dr. techn. Sholihin As'ad

Redaksi : Dr. S.A. Kristiawan.
Dr. Rr. Rintis Hadiani
Dr. Ary Setyawan
Fajar Sri Handayani, M.T.
Setiono, M.Sc.
Widi Hartono, M.T.
Mediyanto, M.T.
Edy Purwanto, M.T.

Reviewer : Prof. Sobriyah (Universitas Sebelas Maret)
Prof. Morisco (Universitas Gadjah Mada)
Prof. Sigit Priyanto (Universitas Gadjah Mada)
Dr. Mamok Suprpto (Universitas Sebelas Maret)
Dr. Kusno Adi Sambowo. (Universitas Sebelas Maret)
Dr. Eng. Syafi'I (Universitas Sebelas Maret)
Dr. Agus P. Rahmadi (Universitas Sebelas Maret)
Dr. Tavio (Institut Teknologi Sepuluh Nopember ITS)
Dr. Pudjo Aji (Institut Teknologi Sepuluh Nopember, ITS)
Dr. Muhammad Abduh (Institut Teknologi Bandung, ITB)
Dr. Hendra Achiari (Institut Teknologi Bandung, ITB)
Dr. Retno Susilorini (Universitas Katolik Sugijopranoto)
Dr. Essy Ariyuni (Universitas Indonesia)
Dr. Lily Montarcih Limantara (Universitas Brawijaya)
Dr. I Made Alit Karyawan Salain, DEA (Universitas Udayana)
Dr. Andreas Wibowo (Litbang PU)
Dr. Tri Haryanto (Universitas Hasanuddin)
Dr. Arsyad Thaha (Universitas Hasanuddin)
Dr. Muhammad Afifudin (Universitas Syahkuala)

Reviewer Internasional : Prof. Meor Othman Hamzah (Universiti Sains Malaysia)
Dr. Ravi Ravindrarajah (University of Technology Sydney, Australia)

Asisten Administrasi : Januar Ismadi

Alamat dan administrasi
Jurnal Media Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36 A. Solo 57126
<http://mediats.uns.ac.id/>
Email : mediats@uns.ac.id, mediats.uns@gmail.com

Jurnal Media Teknik Sipil adalah media publikasi bidang Teknik Sipil dengan bahasa pengantar Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Jurnal ini diterbitkan berkala setiap bulan Januari dan Juli pada tahun berjalan.

Penulis yang berminat menulis di Jurnal Media Teknik Sipil dapat mengirimkan naskah tulisan kepada Dewan Redaksi melalui e-mail atau alamat POS. Penulis disarankan mengikuti *template* penulisan yang telah tersedia. Naskah yang akan diterbitkan Edisi bulan Januari harus sudah diterima redaksi paling lambat bulan September tahun sebelumnya dan edisi bulan Juli paling lambat dikirim pada bulan Februari. Naskah dapat menggunakan bahasa Indonesia atau bahasa Inggris.

DAFTAR ISI

Pengaruh Penggunaan <i>Plasticizer</i> Pada <i>Self Compacting Geopolymer Concrete</i> Dengan Atau Tanpa Penambahan Kapur Padam Ade Lisantono, Peggie Gladies Hehanussa.....	1
Kajian Serapan dan Penetrasi Air Laut pada Beton Ringan Berserat Aluminium Antonius Mediyanto, Endah Safitri	9
<i>Brickblock Made From Crushed Glass and Fly Ash Bound With Bitumen</i> I Nyoman Arya Thanaya	13
Kapasitas Lentur Balok Bambu Wulung Dengan Bahan Pengisi Mortar Agus Setiya Budi	18
Manajemen Strategi Konsultan Golongan Kecil dalam Menghadapi Era Kebebasan Investasi Fajar Sri Handayani	25
Penggunaan <i>Carbon Fiber Reinforced Plate</i> Sebagai Tulangan <i>Eksternal</i> Pada Struktur Balok Beton Endah Kanti Pangestuti, Fajar Sri Handayani	32
Strategi Perkuatan Struktur Bangunan Atas Gedung Asrama Pesantren Inshafuddin (Studi Kasus Kegagalan Akibat Gempa) Halida Yunita	41
Pengaruh <i>Recycling Aspal</i> Sebagai Pengganti Agregat Halus dan Serat Bendorat Pada Kuat Desak, Penetrasi dan Permeabilitas Beton Slamet Prayitno	47
Asesmen Struktur Atas Gedung Timbul Jaya <i>Plaza</i> Kota Madiun Akibat Alih Fungsi Rosyid Kholilur R, S.A. Kristiawan, Mukahar	52
Penggunaan Modifikasi Desain Sumur Resapan Sebagai Pengisian Kembali Air Tanah dan Pengendalian Banjir di Kelurahan Sewu Surakarta Koosdaryani	61

PENGARUH PENGGUNAAN PLASTICIZER PADA SELF COMPACTING GEOPOLYMER CONCRETE DENGAN ATAU TANPA PENAMBAHAN KAPUR PADAM

Ade Lisantono¹⁾, Peggie Gladies Hehanussa²⁾

¹⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Email : adclisantono@mail.uajy.ac.id

²⁾Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Email : fergie_engineer@yahoo.com

Abstrak

Riset ini mempelajari pengaruh *admixture plasticizer* pada *self compacting geopolymer concrete* dengan atau tanpa penambahan kapur padam. Sebagai aktivatornya, digunakan larutan alkali yang terdiri dari sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat, masing-masing sebesar 5 % dari binder (abu terbang). Penelitian ini dilakukan terhadap 180 sampel, dengan dua water binder ratio (wbr) yang berbeda, yaitu 0,30 untuk beton geopolimer tanpa penambahan kapur padam dan 0,35 untuk beton geopolimer dengan penambahan kapur padam. Pengujian yang dilakukan meliputi *workability (slump flow)*, *flowability*, penentuan nilai blocking ratio, serta pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Pengujian *flowability*, digunakan *L-Shaped Box* sedangkan untuk pengujian *workability (slump flow)* digunakan *slump cone*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk beton geopolimer dengan wbr 0,30, diperoleh bahwa dengan penambahan kadar plasticizer, diameter alir beton segar juga semakin besar, sedangkan pada pengujian *flowability* diperoleh bahwa nilai *blocking ratio* beton geopolimer dengan wbr 0,30 tidak memenuhi standar yang ditetapkan (0,8 – 0,85). Untuk beton geopolimer dengan wbr 0,35, perubahan nilai *slump flow* yang dihasilkan tidak teratur walaupun kadar *plasticizer* yang diberikan bertambah dengan teratur. Beton juga tidak memenuhi standar untuk *self compacting geopolymer concrete* karena memiliki waktu pengikatan yang sangat cepat sehingga tidak memungkinkan terjadinya *flowability*.

Kata Kunci : Abu terbang, larutan alkali *flowability*, *L-Shaped Box*, *self compacting geopolymer concrete*, *slump flow*

Abstrak

This research is to study the effect of plasticizer to self compacting geopolymer concrete with or without quicklime. As the activator, alkaline solution which consist of sodium hydroxide (NaOH) and sodium silicate, each of 5 % from binder were used. The research used 180 samples, with two different water binder ratio (wbr), that is 0,3 for the concrete of ordinary geopolymer and 0,35 for the concrete of geopolymer with addition of quicklime. The tests covered were workability (slump flow), flowability, determination of value of blocking ratio, compressive strength and elasticity modulus. Flowability and workability test used L-box and slump cone, respectively. The result shows that the concrete with wbr 0,3, gives that addition of plasticizer, diameter flow of fresh concrete also increases, while flowability test give that the value of blocking ratio of wbr 0,3 does not fulfill specified standard (0,8 - 0,85). The concrete with wbr 0,35, gives that change of slump flow value does not yield regularly although plasticizer increase regularly. The concrete were not able to flow and does not fulfill standard of the self compacting geopolymer concrete due to quickly bounded time.

Keywords : Alkali solution, flowability, fly ash, L-Shaped Box, self compacting geopolymer concrete, slump flow

1. PENDAHULUAN

Beberapa waktu terakhir ini, penggunaan semen sebagai bahan pengikat (*binder*) dalam campuran beton sering mendapat kritikan dari kalangan yang peduli dengan kelestarian lingkungan hidup. Hal ini terkait dengan pemanasan global yang menjadi perhatian utama selama satu dekade terakhir. Pemanasan global disebabkan oleh emisi gas rumah kaca, seperti CO₂ (karbondioksida), yang terjadi akibat aktivitas manusia, seperti proses produksi semen. Dari 1 ton semen Portland yang diproduksi,

akan dihasilkan ± 1 ton CO₂, yang akan dilepaskan ke udara [1].

Sebagai tindak lanjutnya, berbagai penelitian telah dilakukan untuk meminimalisasi penggunaan semen sebagai bahan pengikat (*binder*) dalam campuran beton. Salah satu bahan *pozzolan* yang mulai diperkenalkan dalam bidang konstruksi adalah *fly ash* (abu terbang), yang merupakan sisa pembakaran batu bara. Hardjito & Rangan (2005) [2] serta Hartono & Erick (2005)[3] mengembangkan beton geopolimer dimana abu terbang digunakan untuk menggantikan

semua semen dalam pembuatan beton. Selain abu terbang, kapur adalah salah satu bahan campuran untuk binder yang sering digunakan. Kapur bereaksi dengan bermacam-macam komponen pozzolan yang halus untuk membentuk kalsium silika semen.

Hal lainnya yang juga harus diperhatikan dalam pekerjaan konstruksi beton adalah pemadatan atau vibrasi beton (dilakukan pada pekerjaan struktur beton bertulang konvensional). Pemadatan ini bertujuan untuk meminimalkan udara yang terjebak dalam beton segar sehingga diperoleh beton yang homogen dan tidak terdapat rongga-rongga di dalam beton (*honey-comb*). Selama ini, proses pemadatan lebih dikenal dengan menggunakan vibrator. Namun proses ini belum mencapai kepadatan secara optimal. Di samping itu, penggunaan alat vibrator pada daerah yang padat bangunan dapat menimbulkan polusi suara yang mengganggu sekitarnya.

SCC (Self Compacting Concrete) merupakan solusi untuk menjawab persoalan diatas karena tidak memerlukan vibrator untuk pemadatannya. Sebagai gantinya, digunakan bahan tambah (*admixtures*) yaitu *plasticizer* untuk membantu beton melakukan proses pemadatan dengan sendirinya. Sugiharto dkk. (2001)[4] melakukan studi penggunaan abu terbang dan *plasticizer* pada *Self Compacting Concrete* Sedangkan dalam penelitian ini akan dilakukan studi pengaruh penggunaan *plasticizer* pada *Self Compacting Geopolymer Concrete* dengan atau tanpa penambahan kapur padam.

Tujuan penelitian tersebut untuk mengetahui seberapa besar kadar *plasticizer* yang tepat untuk mendapatkan *flowability*, *workability*, dan *water binder ratio* yang optimum terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton geopolimer tanpa atau dengan campuran kapur padam.

2. MATERIAL

2.1. Abu Terbang dan Geopolymer Concrete

Abu terbang didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara (ASTM C.618). Abu terbang dapat dibedakan menjadi dua, yaitu abu terbang yang normal yang dihasilkan dari pembakaran batubara *antrasit* atau batubara *bitumens* dan abu terbang kelas C yang dihasilkan dari batu bara jenis *lignite* atau *subbitumens*.

Pada penelitian ini digunakan abu terbang yang tergolong kelas C dengan komponen kimia seperti diperlihatkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Komponen Kimia Abu terbang (%)

CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	SiO	SO ₃	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O
13,33	10,04	9,63	5,08	21,19	1,85	0,50	0,31	0,14

Geopolymer adalah sebuah senyawa silikat alumino anorganik yang disintesis dari bahan-bahan produk sampingan seperti abu terbang, abu kulit padi,

dll, yang banyak mengandung silikon dan aluminium. Beton geopolimer merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini unsur aluminium dan silikat merupakan unsur yang mempunyai peranan penting dalam membentuk ikatan polimer. Ikatan polimer yang terjadi pada beton geopolimer berbentuk kristal, bukan amorf seperti beton konvensional.

2.2. Larutan Alkali

Larutan alkali yang paling banyak digunakan dalam geopolimerisasi adalah kombinasi dari sodium hidroksida (*NaOH*) atau kalium hidroksida (*KOH*) dan sodium silikat atau kalium silikat.

Sodium hidroksida yang digunakan sebagai *alkaline activator*, berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur *H* dan *Si* yang terkandung dalam abu terbang dan kapur sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat, sedangkan sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi.

2.3. Plasticizer

Plasticizer yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Viscocrete-10* dengan merk dagang *Sika®* yang merupakan *superplasticizing admixture* yang fungsinya untuk mengurangi sejumlah besar pemakaian air pada beton segar, meningkatkan kecacakan beton segar serta untuk meningkatkan mutu beton terutama pada beton mutu tinggi. *Plasticizer* cocok digunakan untuk campuran beton dengan waktu pengangkutan yang panjang dan *workability* yang tinggi, pengurangan kadar air yang besar dan *flowability* yang baik.

3. METODE

3.1. Variasi Benda Uji

Benda uji yang dibuat dalam penelitian ini terdiri dari 4 jenis, yaitu Beton geopolimer tanpa *plasticizer*, Beton geopolimer dengan *plasticizer*, Beton geopolimer dengan campuran kapur padam tanpa *plasticizer*, Beton geopolimer dengan campuran kapur padam dan *plasticizer*. Untuk keempat jenis benda uji diatas, dilakukan pengujian *workability*, *flowability*, kuat tekan (beton umur 7, 14, 28 dan 56 hari) dan modulus elastisitas pada beton umur 28 dan 56 hari. Variasi benda uji dapat dilihat pada Tabel 1

Jumlah kebutuhan bahan susun (per 5 benda uji) pada *self compacting geopolymer concrete* adalah beton geopolimer tanpa penambahan kapur padam dengan *wbr (water binder ratio) = 0,3* mempunyai komposisi abu terbang 10,8120 kg; kerikil: 17,1455 kg; pasir 29,3620 kg; air 3,2436 kg; dan beton geopolimer dengan penambahan kapur padam dengan *wbr = 0,35* mempunyai komposisi abu terbang 15 kg; kapur padam 5 kg; kerikil 20 kg; pasir 20 kg; air 6,4 kg.

Tabel 1. Variasi Benda Uji

Kode Benda uji	wbr	Plasticizer (%)	Umur (hari)
A	0,3	0	56, 28, 14, 7
B	0,3	1	56, 28, 14, 7
C	0,3	1,5	56, 28, 14, 7
D	0,3	2	56, 28, 14, 7
E	0,3	2,5	56, 28, 14, 7
F	0,35	0	56, 28, 14, 7
G	0,35	1,5	56, 28, 14, 7
H	0,35	2	56, 28, 14, 7
I	0,35	2,5	56, 28, 14, 7

Kebutuhan larutan alkali juga perlu direncanakan. Presentase larutan alkali ditetapkan sebesar 10 % dari binder, sodium silikat sebesar 5 % dan sodium hidroksida (NaOH) 5 %. Jumlah kebutuhan larutan alkali dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Kebutuhan Larutan Alkali per 5 Benda uji

Kode Benda uji	NaOH 14M		Sodium Silikat (kg)
	Serpihan (kg)	Cairan (kg)	
A	0,2184	0,3222	0,5406
B	0,2184	0,3222	0,5406
C	0,2184	0,3222	0,5406
D	0,2184	0,3222	0,5406
E	0,2184	0,3222	0,5406
F	0,404	0,596	1
G	0,404	0,596	1
H	0,404	0,596	1
I	0,404	0,596	1

3.2. Flowability

Untuk pengujian *flowability* digunakan *L-Shaped Box* atau disebut juga *Swedish Box*. Bentuk *L-Shaped Box* dapat dilihat pada Gambar 1.

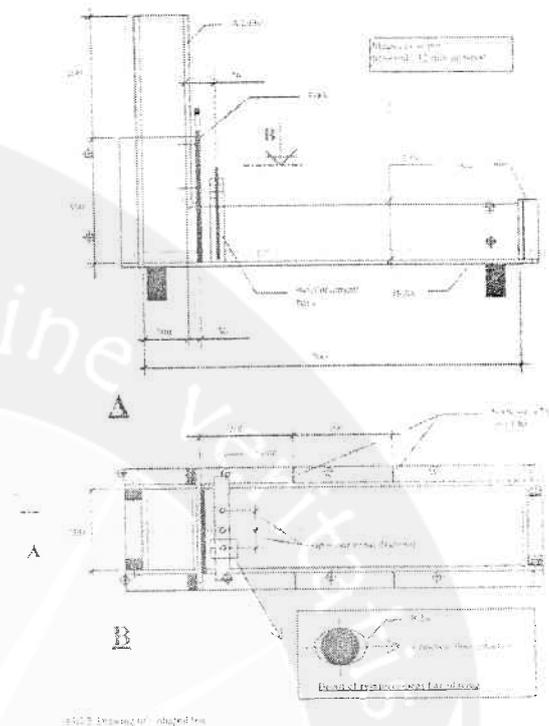
L-Shaped Box dapat mengukur sifat-sifat yang berbeda dari SCC, seperti *blocking* atau *segregasi* dan *stability*. Nilai *blocking ratio* dapat dihitung sebagai berikut.

$$\frac{H_2}{H_1} = 0,80 \text{ - } 0,85 \quad (1)$$

Nilai H_1 dan H_2 dapat ditentukan berdasarkan ketinggian aliran beton saat berhenti mengalir, seperti Gambar 2.

Perhitungan waktu saat pengujian *flowability* digunakan 3 buah *stopwatch*. Perhitungan waktu *stopwatch* dimulai saat *gate L-Shaped Box* diangkat atau dibuka. *Stopwatch* pertama, pencatatan waktu dihentikan pada saat aliran beton mencapai garis batas 20 cm (T20), sedangkan untuk *stopwatch* kedua dan ketiga,

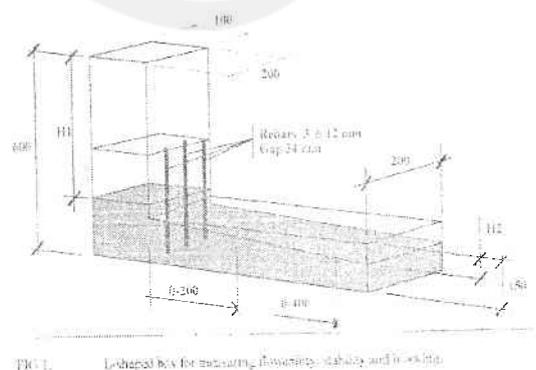
pencatatan waktu dihentikan pada saat aliran beton mencapai garis batas 40 cm (T40) dan ujung *L-Shaped Box* (F_{Lmax}).



Gambar 1. *L-Shaped Box*

3.3. Workability (Slump Flow)

Untuk pengujian *workability (slump flow)* digunakan *slump cone*. *Slump flow* dapat mengukur besaran diameter alir beton segar. Nilai *slump flow* beton SCC bervariasi antara 600-725 mm, sedangkan menurut *National Ready Mixed Concrete Association (2004)*[5], diameter alir beton segar antara 455-810 mm (18-32 inches). Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai diameter alir beton segar sebesar 50 cm (SF50 atau T50) bervariasi antara 2 – 10 detik.



Gambar 2. Pengukuran H_1 dan H_2 pada *L-Shaped Box*

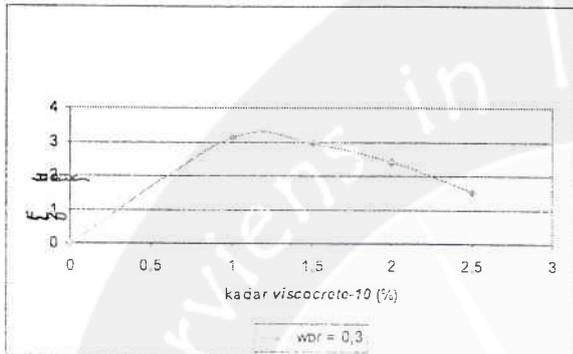
Pengujian *workability (slump flow)*, *slump cone* diangkat perlahan-lahan sehingga beton mulai mengalir. Aliran

beton harus bersambung, tidak boleh terputus. Stopwatch mulai dijalankan pada saat beton mulai mengalir dan dihentikan sampai *slump flow* beton mencapai diameter 50 cm (SF_{50}), kemudian dilakukan pengukuran untuk diameter maksimum yang dicapai (SF_{max}).

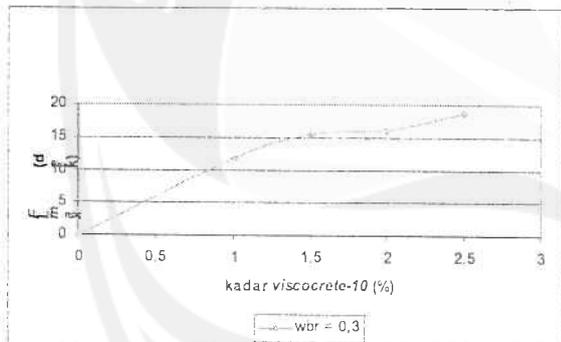
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Flowability

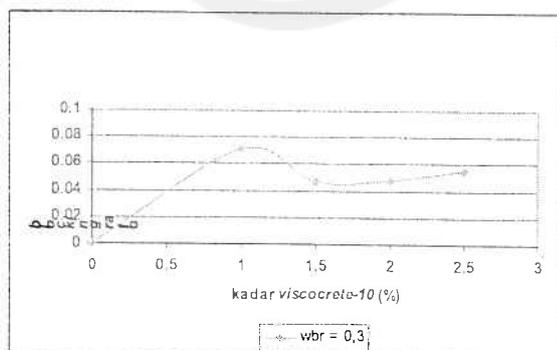
Hubungan antara kadar *plasticizer* yang diberikan dengan nilai T_{20} , T_{max} dan *blocking ratio* dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.



Gambar 3. Hubungan Kadar Plasticizer dengan Nilai T_{20}



Gambar 4. Hubungan Kadar Plasticizer dengan Nilai T_{max}



Gambar 5. Hubungan Kadar Plasticizer dengan Nilai *Blocking Ratio*

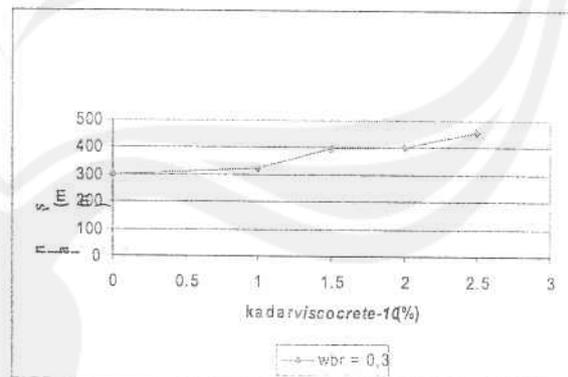
Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa dengan bertambahnya kadar *plasticizer* yang diberikan, waktu pengaliran beton geopolimer untuk mencapai titik T_{20} menjadi semakin pendek. Kadar *plasticizer* juga mempengaruhi waktu yang dibutuhkan beton untuk mencapai titik maksimum pengaliran. Semakin besar kadar *plasticizer* yang diberikan, beton akan memiliki waktu pengaliran yang lebih panjang pada Gambar 4, sedangkan pada Gambar 5, terlihat bahwa nilai *blocking ratio* maksimum dicapai pada beton geopolimer variasi B dengan kadar *plasticizer* sebesar 1 %. Penambahan kadar *plasticizer* selanjutnya sebesar 1,5 % menurunkan nilai *blocking ratio*, namun kembali meningkat pada penambahan kadar *plasticizer* sebesar 2 % dan 2,5 %.

Blocking juga terlihat secara visual, yakni pada saat agregat kasar menumpuk diantara *reinforcement bars*. Beton juga tidak mencapai *stability* karena agregat kasar tidak terdistribusi dengan baik pada permukaan beton sepanjang *horizontal part* hingga ujung *L-Shaped Box*. Pada saat pengujian juga terlihat bahwa beton membentuk *plateau* dibelakang *reinforcement layer*.

Untuk pengujian *flowability* pada beton geopolimer dengan penambahan kapur padam, tidak diperoleh data nilai T_{20} , T_{40} , maupun nilai *blocking ratio*. Hal ini disebabkan karena beton memiliki waktu pengikatan yang sangat cepat sehingga tidak memungkinkan terjadinya *flowability* pada pengujian dengan menggunakan *L-Shaped Box*.

4.2. Pengujian Workability (Slump Flow)

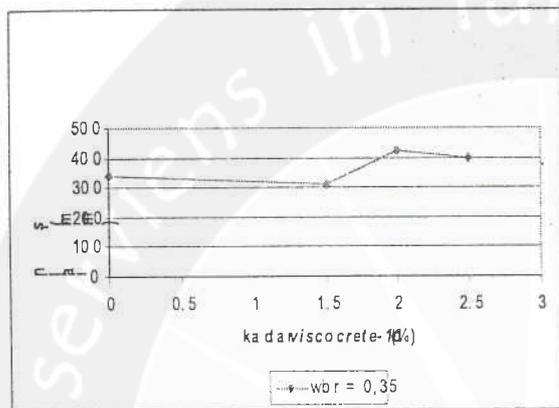
Grafik hubungan kadar *plasticizer* dengan nilai *slump flow* beton ($wbr = 0,3$) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Kadar Plasticizer dengan Nilai *Slump Flow* ($wbr = 0,3$)

Gambar 6 memperlihatkan bahwa semakin besar kadar *plasticizer* yang diberikan maka semakin besar pula diameter alir beton segar yang diperoleh walaupun hampir semua variasi beton tidak mencapai *slump flow* dengan diameter 50 cm (T_{50}).

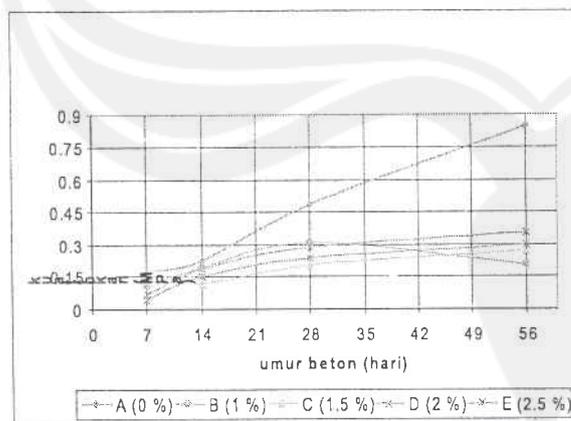
Penambahan kapur padam pada adukan beton geopolimer ternyata cukup berpengaruh pada *workability* beton atau nilai *slump flow*. Kapur padam yang ditambahkan mempercepat proses pengikatan yang terjadi antar bahan susun beton sehingga pada pengujian *workability*, perubahan nilai *slump flow* yang dihasilkan tidak teratur walaupun kadar *plasticizer* yang diberikan bertambah. Seperti pada beton geopolimer dengan *wbr* 0,3, hampir semua variasi beton geopolimer dengan penambahan kapur padam juga tidak mencapai *slump flow* dengan diameter 50 cm (T50). Grafik hubungan kadar *plasticizer* dengan nilai *slump flow* beton (*wbr* 0,35) dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan Kadar Plasticizer dengan Nilai Slump Flow (*wbr* 0,35)

4.3. Pengujian Kuat Tekan

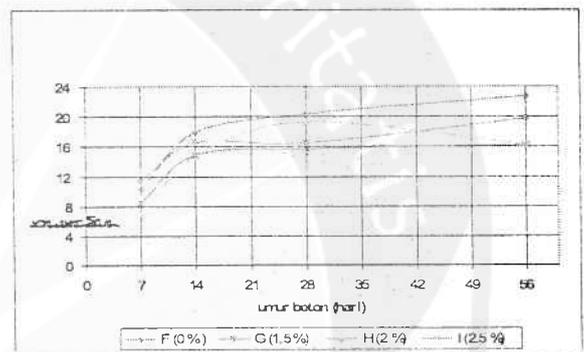
Perubahan nilai kuat tekan beton geopolimer (*wbr* 0,3) berdasarkan kadar *plasticizer* dan umur beton dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perubahan Nilai Kuat Tekan Beton Geopolimer (*wbr* 0,3) dengan kadar *plasticizer* yang berbeda

Gambar 8 memperlihatkan bahwa beton geopolimer tanpa penambahan kapur padam (*wbr* 0,3) dengan variasi A (tanpa penambahan *plasticizer*) nilai kuat tekannya cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya umur pengujian beton. Sedangkan beton geopolimer dengan penambahan *plasticizer* (variasi B, C, D dan E) nilai kuat tekannya lebih rendah apabila dibandingkan dengan beton geopolimer tanpa *plasticizer* (variasi A), walaupun mempunyai kecenderungan meningkat dengan bertambahnya umur beton. Terlihat bahwa dengan adanya penambahan *plasticizer* pada beton geopolimer tanpa penambahan kapur padam (dengan *wbr* 0,3) dapat menyebabkan terjadinya penurunan nilai kuat tekan.

Perubahan nilai kuat tekan beton geopolimer dengan penambahan kapur padam (*wbr* 0,35) berdasarkan kadar *plasticizer* dan umur beton dapat dilihat pada Gambar 9.



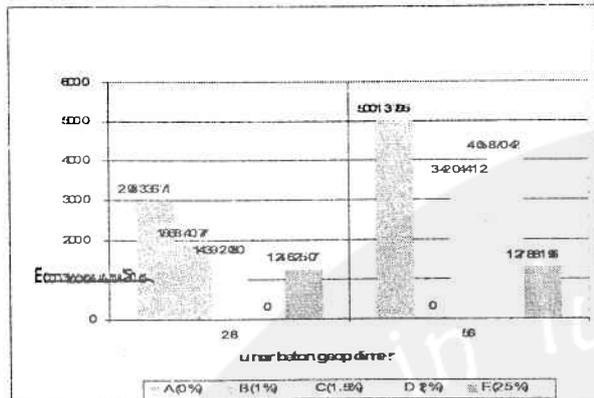
Gambar 9. Perubahan Nilai Kuat Tekan Beton Geopolimer (*wbr* 0,35)

Gambar 9 memperlihatkan bahwa nilai kuat tekan beton geopolimer dengan penambahan kapur padam meningkat seiring dengan bertambahnya umur pengujian beton. Perubahan viskositas akibat penambahan *plasticizer* juga tidak menyebabkan penurunan nilai kuat tekan beton kecuali pada beton variasi H umur 56 hari dan variasi G umur 28 hari. Abu terbang dan kapur padam dapat berfungsi dengan baik sebagai *binder* walaupun kadar silika dan alumina yang dimiliki abu terbang sangat rendah.

Dari keseluruhan hasil pengujian kuat tekan yang diperoleh, terlihat jelas bahwa kuat tekan beton geopolimer dengan penambahan kapur padam jauh lebih tinggi dibandingkan kuat tekan beton geopolimer tanpa penambahan kapur padam. Penambahan kapur padam sebagai campuran *binder* terbukti dapat digunakan untuk meningkatkan reaksi pada beton geopolimer.

4.4. Pengujian Modulus Elastisitas

Hasil pengujian modulus elastisitas beton geopolimer dengan wbr 0,3 dapat dilihat pada Gambar 10.



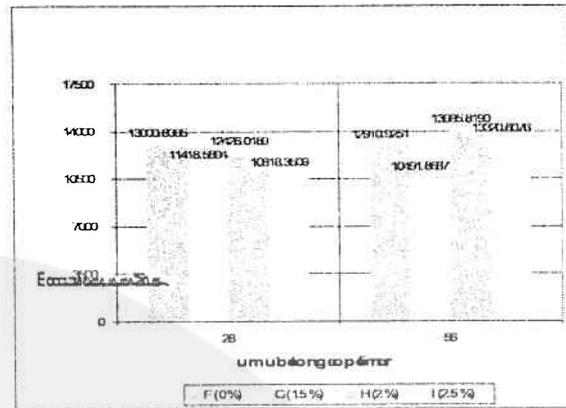
Gambar 10. Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas Beton Geopolimer (wbr 0,3)

Hasil pengujian nilai modulus elastisitas (E) untuk beton geopolimer dengan wbr 0,3, terlihat bahwa beton geopolimer memiliki nilai modulus elastisitas yang rendah. Nilai modulus elastisitas tertinggi dicapai oleh variasi beton A pada umur 56 hari sebesar 5001,3795 MPa. Secara keseluruhan, beton yang dihasilkan dapat dikatakan tidak getas. Hal ini disebabkan oleh kemampuan abu terbang sebagai *binder* yang tidak dapat mengikat bahan susun beton dengan baik hingga menjadi massa padat yang memiliki kuat tekan yang tinggi.

Selain itu, dengan umur pengujian yang lebih panjang, nilai modulus elastisitas beton juga meningkat. Pada beton variasi B-56 dan D-28, nilai perpendekan (ρ) tidak terbaca pada *dial compressometer* sehingga nilai modulus elastisitas beton tidak dapat dihitung. Pada beton dengan tambahan *plasticizer*, nilai modulus elastisitas maksimum dicapai oleh beton variasi B-28 dan D-56, dengan kadar *plasticizer* masing-masing sebesar 1% dan 2%.

Hasil pengujian modulus elastisitas beton geopolimer dengan penambahan kapur padam (wbr 0,35) dapat dilihat pada Gambar 11.

Hasil pengujian nilai modulus elastisitas (E) untuk beton geopolimer dengan penambahan kapur padam (wbr 0,35), terlihat bahwa beton memiliki nilai modulus elastisitas lebih tinggi dibandingkan dengan beton geopolimer biasa. Hal ini disebabkan karena campuran *abu terbang* dan kapur padam dapat berfungsi dengan baik sebagai *binder*, walaupun kadar silika dan alumina yang dimiliki *abu terbang* sangat rendah.



Gambar 11. Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas Beton Geopolimer (wbr 0,35)

Nilai modulus elastisitas tertinggi dicapai oleh beton variasi H-56 sebesar 13985,8190 MPa. Pada umur pengujian 28 hari, nilai modulus elastisitas tertinggi dicapai oleh beton variasi A tanpa *plasticizer*, sebesar 13000,8285 MPa. Kadar *plasticizer* yang diberikan juga tidak terlalu mempengaruhi nilai modulus elastisitas walaupun kadar yang diberikan bertambah. Hal ini terlihat dari perubahan nilai modulus elastisitas yang diperoleh, yang cenderung tidak teratur. Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian modulus elastisitas (E), dapat diketahui bahwa beton geopolimer dengan penambahan kapur padam memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan beton geopolimer biasa.

5. SIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan *plasticizer* pada *self compacting geopolymer concrete* dan *geopolymer concrete* tanpa atau dengan penambahan kapur padam, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. **Beton Geopolimer tanpa Penambahan Kapur Padam (wbr 0,3)**
 - i. Penambahan kadar *plasticizer* yang terus meningkat akan menghasilkan diameter alir beton segar yang semakin besar, walaupun hampir semua variasi beton geopolimer tidak mencapai nilai *slump flow* dengan diameter 50 cm. Demikian pula pada pengujian *flowability*, nilai *blocking ratio* yang diperoleh tidak sesuai dengan syarat yang ditetapkan (0,8 – 0,85). Nilai *blocking ratio* tertinggi dicapai oleh beton geopolimer variasi B (kadar *plasticizer* yang diberikan 1%) sebesar 0,0712. Dengan demikian beton geopolimer dengan wbr 0,3 tidak dapat dikategorikan sebagai *self compacting geopolymer concrete*.

- ii. Semakin besar kadar *plasticizer* yang diberikan, waktu pengaliran beton untuk mencapai titik T20 menjadi semakin pendek, namun waktu pengaliran untuk mencapai titik maksimum menjadi lebih panjang.
- iii. Secara umum, viskositas yang terjadi akibat penambahan *plasticizer* dapat menurunkan nilai kuat tekan beton geopolimer tanpa kapur padam. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian bahwa nilai kuat tekan dan modulus elastisitas tertinggi dicapai oleh beton geopolimer tanpa *plasticizer* (variasi A) pada umur pengujian 56 hari, berturut-turut sebesar 0,8465 MPa dan 5001,3795 MPa.

b. Beton Geopolimer dengan Penambahan Kapur Padam (*wbr* 0,35)

- i. Perubahan nilai *slump flow* yang dihasilkan tidak teratur walaupun kadar *plasticizer* yang diberikan bertambah. Seperti pada beton geopolimer dengan *wbr* 0,3, hampir semua variasi beton geopolimer dengan penambahan kapur padam juga tidak mencapai *slump flow* dengan diameter 50 cm. Demikian pula waktu pengikatan yang terjadi sangat cepat sehingga tidak memungkinkan terjadinya *flowability* pada pengujian dengan menggunakan *L-Shaped Box*. Dengan demikian beton geopolimer dengan penambahan kapur padam (*wbr* 0,35) juga tidak memenuhi standar untuk dikategorikan sebagai *self compacting geopolymer concrete*
- ii. Nilai kuat tekan dan modulus elastisitas beton geopolimer dengan penambahan kapur padam (*wbr* 0,35) cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya umur pengujian beton.

Hal ini terlihat dengan nilai kuat tekan tertinggi dicapai oleh beton variasi F (umur pengujian 56 hari, dengan kadar *plasticizer* = 0 %) sebesar 22,7271 MPa. Serta nilai modulus elastisitas (*E*) tertinggi dicapai oleh beton variasi H (umur pengujian 56 hari, dengan kadar *plasticizer* = 2 %) sebesar 13985,8190 MPa.

6. REKOMENDASI

- a. Perlu penelitian tentang *self compacting geopolymer concrete* dengan menggunakan *abu terbang* kelas F yang memiliki kadar silika dan alumina yang tinggi, sehingga akan memperbaiki mutu beton yang dihasilkan.
- b. Perlu penelitian lebih lanjut tentang campuran *abu terbang* dan kapur padam sebagai *binder* dengan memperkecil kadar *abu terbang* yang dipakai (maksimal 25 % dari *binder*)

- c. Penambahan larutan alkali sebagai aktivator harus lebih bervariasi kadarnya, agar diperoleh kadar larutan alkali yang tepat untuk kebutuhan beton geopolimer dan *self compacting geopolymer concrete*.
- d. Perlu dilakukan penelitian tentang beton geopolimer dengan menggunakan sodium hidroksida dan sodium silikat murni.
- e. *Curing* beton geopolimer sebaiknya dilakukan pada suhu tinggi (dipanaskan di dalam oven) agar menghasilkan mutu beton yang lebih baik.
- f. Penentuan nilai *water binder ratio (wbr)* harus lebih diperhatikan terutama untuk *binder* yang berupa *pozzolan* karena daya serap *pozzolan* berbeda dengan daya serap semen.
- g. Perlu evaluasi lebih lanjut tentang pemakaian *pozzolan* dengan jumlah *benda uji* tiap variasi yang dibuat agar diperoleh data yang lebih akurat.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Roy, D.M. (1999) "Alkali-Activated Cements, Opportunities and Challenges", *Cement and Concrete Research* 29 (2), 249-254
- [2] Hardjito, D. and Rangan, B. V., 2005, "Development and Properties of Low-Calcium Abu terbang-Based Geopolymer Concrete, Research Report GC1 Faculty of Engineering", diakses 24 Januari 2007, <http://www.google.com/geopolymer>
- [3] Hartono, Budi. dan Sutanto, Erick, 2005, "Penelitian Beton geopolimer dengan Abu terbang untuk Beton Struktural", *Tugas Akhir S1 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Kristen Petra, Surabaya*
- [4] Sugiharto, Handoko, dkk., 2001, "Penggunaan Abu terbang dan Viscocrete pada Self Compacting Concrete", *Dimensi Teknik Sipil Vol. 3, No. 1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra*
- [5] National Ready Mixed Concrete Association, 2004, "CIP 37 - Self Consolidating Concrete (SCC), Concrete in Practice (What, Why and How?)", diakses 23 Februari 2007, <http://www.google.com/scs>
- [6] American Concrete Institute, 1996, "ASTM Standards in ACI 301 and 318", ACI.

- [7] Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2006, "Fly - Bottom Ash dan Pemanfaatannya", diakses 25 Januari 2007, http://www.google.com/fly_ash
- [8] PT. Sika Indonesia, 2005, "Concrete Admixture-Sika Plasticizer"
- [9] Wallah, S, E., Rangan, B, V., 2006, "Low-Calcium Abu terbang-Based Geopolymer Concrete: Long-Term Properties", Research Report GC2 Faculty of Engineering, diakses 24 Januari 2007.

