

**PENGARUH KADAR AIR DAN SUPERPLASTICIZER PADA KEKUATAN DAN KELECAKAN BETON GEOPOLIMER MEMADAT SENDIRI BERBASIS ABU TERBANG**

Stevanny Gumalang <sup>1)</sup>, S.E. Wallah, M.D.J Sumajouw <sup>2)</sup>  
Email : stevanny.gumalang@gmail.com

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat  
<sup>2)</sup> Staf Pengajar Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

**Abstract**

*Environmental issues that caused by the production of portland cement and the development needs of the concrete casting technology, where in the last few decade scientists has started to do research and development of fly ash based - self compacting geopolymer concrete. Fly ash based - self compacting geopolymer concrete is a concrete which made of geopolymer material (fly ash) that combined with aggregate without using of portland cement. It is must have workability criteria of self compacting concrete (SCC). To get SCC's required workability, it needs addition of extra water to the mixture of geopolymer concrete. But with the addition of extra water, the mixture of fresh geopolymer concrete could undergo dispersion and segregation, also might be affect to the chemical binding of geopolymer material. So, it needs admixture material such as superplasticizer which serves to increase workability of fresh geopolymer concrete although the amount of water content is reduced. From the description above, the author conducted a study that aims to determine the extent of the influence of water and superplasticizer on the workability and compressive strength of fly ash based - self compacting geopolymer concrete.*

*Fly ash based- Self Compacting Geopolymer Concrete planned as follows, Fly ash (Class F) in dry condition; coarse and fine aggregates in a SSD condition; Sodium Hydroxide's concentration is 14M; Alkaline / Fly Ash Ratio is 0.8; Doses of Viscocrete-10 are 0%, 1%, 2% and 3%; Extra Water / Fly Ash ratio are 0, 0.2, 0.25, 0.3, and 0.32; curing in an oven for 48 hours at temperature 70 °C.*

*The maximum slump flow value according to EFNARC for Self Compacting Concrete is 67 cm that obtained on the addition of 3% superplasticizer and the ratio of extra water / fly ash is 0.3. Filling ability and viscosity specified in the V-Funnel test is 9.50 seconds. The test results of passing ability using the L-shaped box shows blocking ratio H2 / H1 is 0.83 seconds. Extra Water on Geopolymer Concrete provide significant impact on the slump flow value. Addition of extra water 0.3 is already getting slump flow value required by EFNARC for self compacting concrete ( 67 cm > 65 cm). The optimum composition in terms of qualified workability of Self Compacting Concrete and compressive strength are obtained on the addition of 3% superplasticizer and 0.3 extra water ratio. They give slump flow value at 67 cm and an average compressive strength of 16.28 MPa. So that in this composition, the concrete can be categorized as fly ash based - self compacting geopolymer concrete. The maximum compressive strength obtained on the mixing without extra water which is gives an average 30.55 MPa.*

*Keywords: water content, superplasticizer, workability, compressive strength, Self Compacting Geopolymer Concrete*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Beton merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan pada konstruksi. Semen portland (PC) sebagai konstituen penting dari beton bukanlah material yang ramah lingkungan. Produksi semen tidak hanya menghabiskan sejumlah besar sumber daya alam, tetapi juga membebaskan sejumlah besar karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan gas rumah kaca ke atmosfer sebagai akibat dari *decarbonation* dari batu kapur dan pembakaran bahan bakar fosil.

McCaffrey (2002) melaporkan bahwa industri semen di seluruh dunia memberikan kontribusi sekitar 1,4 miliar ton emisi gas rumah kaca setiap tahunnya atau sekitar 7% dari total emisi gas rumah kaca yang disebabkan oleh Manusia. Diperkirakan bahwa pada tahun 2020, emisi  $\text{CO}_2$  karena produksi semen portland (PC) akan meningkat sekitar 50% dari level saat ini (Naik, 2005). Oleh karena itu, untuk melestarikan lingkungan global dari dampak produksi semen, sekarang dipercaya bahwa pengikat baru sangat diperlukan untuk menggantikan semen.

Davidovits (1991) dan Temujiin (2010) mengemukakan bahwa beton geopolimer merupakan salah satu perkembangan revolusioner yang berkaitan dengan material baru yang murah dan ramah lingkungan sebagai alternatif pengganti semen portland. Beton Geopolimer merupakan bahan pengikat yang inovatif dan diproduksi secara menyeluruh menggantikan semen portland. Hal ini menunjukkan bahwa semen geopolymeric menghasilkan  $\text{CO}_2$  5-6 kali lebih sedikit dari semen portland (Davidovits, 2005). Sejak dua dekade terakhir, banyak penelitian telah dilakukan dengan menggunakan *fly ash* (Abu terbang) sebagai material pembentuk geopolimer karena mengandung konten alumina dan silika dalam jumlah besar.

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 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*.

Dari isu lingkungan yang disebabkan oleh produksi semen sampai pada perkembangan kebutuhan teknologi pengecoran beton yang bisa menjawab masalah-masalah di atas, beberapa tahun terakhir mulai dilakukan penelitian dan pengembangan beton geopolimer memadat sendiri dengan material dasar abu terbang atau dikenal dengan *Fly ash based – Self Compacting Geopolymer Concrete*. Di Sulawesi Utara, penelitian beton geopolimer memadat sendiri dengan material dasar *fly ash* (abu terbang) masih sangat terbatas, padahal *fly ash* (abu terbang) merupakan material yang potensial, mengingat sudah adanya pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di Amurang Kabupaten Minahasa Selatan.

Beton geopolimer memadat sendiri dengan bahan dasar abu terbang (*Fly ash based – Self Compacting Geopolymer Concrete*) merupakan beton yang terbuat dari material geopolimer (abu terbang dan larutan alkali) yang digabung dengan agregat, tanpa menggunakan semen, dan harus memenuhi kriteria kelecakan beton memadat sendiri. Untuk mendapatkan kelecakan yang dimaksud, diperlukan penambahan air pada campuran beton geopolimer. Tetapi dengan ditamahnya air, campuran beton geopolimer segar tersebut bisa mengalami kondisi dispersi dan *segregasi* bahkan mempengaruhi pengikatan kimia material

geopolimer. Sehingga diperlukan bahan tambah seperti *superplasticizer* yang berfungsi untuk menambah kelecakan beton geopolimer segar walaupun jumlah kandungan air direduksi.

**Perumusan Masalah**

Penelitian dilakukan terhadap sifat mekanik *Fly ash based -Self Compacting Geopolymer Concrete*, bagaimana pengaruh air dan *superplasticizer* terhadap kelecakan dan kuat tekan *Fly ash based -Self Compacting Geopolymer Concrete*?

**Pembatasan Masalah**

Hal-hal yang akan diteliti dibatasi pada beberapa hal, yaitu:

1. Pemeriksaan komposisi kimia abu terbang PLTU Amurang dengan *X-ray fluorescence*.
2. Uji kelecakan dengan Metode *slump flow test*, *V-Funnel Test* dan *L-shaped box test*.
3. Uji kekuatan yaitu kuat tekan beton *Fly ash based -Self Compacting Geopolymer Concrete*.
4. *Fly ash based-Self Compacting Geopolymer Concrete* dengan variasi rasio *extra water/fly ash* sebesar 0, 0.2, 0.25, 0.3 dan 0.32.
5. *Fly ash based-Self Compacting Geopolymer Concrete* dengan variasi dosis *superplasticizer Viscocrete-10* sebesar 0%, 1%, 2%, dan 3%

**Tujuan Penelitian**

1. Mempelajari dan menganalisa *Fly ash based -Self Compacting Geopolymer Concrete* secara umum.
2. Mendapatkan hubungan antara penambahan air (Rasio *Extra Water/ Fly Ash*) terhadap kelecakan *Fly ash based -Self Compacting Geopolymer Concrete*.
3. Mendapatkan hubungan antara penambahan air (Rasio *Extra Water/ Fly Ash*) terhadap kuat tekan *Fly ash based -Self Compacting Geopolymer Concrete*.
4. Mendapatkan hubungan antara persentase kadar *superplasticizer* terhadap kelecakan *Fly ash based -Self Compacting Geopolymer Concrete*.
5. Mendapatkan hubungan antara persentase kadar *superplasticizer* terhadap kuat tekan *Fly ash based -Self Compacting Geopolymer Concrete*.

**Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini adalah memberi kontribusi terhadap perkembangan teknologi beton yang menjawab permasalahan teknis pengecoran beton di lapangan, sekaligus memberi alternatif solusi isu lingkungan hidup dengan pemanfaatan limbah industri PLTU, khususnya di Provinsi Sulawesi Utara.

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Rancangan Penelitian**

Komposisi campuran *fly ash based-Self Compacting Geopolymer Concrete* sebagai berikut: Abu terbang (Kelas F) dalam kondisi kering OD; Agregat kasar dan halus dalam kondisi SSD; Konsentrasi Sodium Hidroksida 14M, Rasio *Alkaline/Fly Ash* 0.8, Variasi Dosis *Viscocrete-10* yaitu 0%, 1%, 2%, dan 3%, Variasi rasio *Extra Water/ Fly Ash* yaitu 0, 0.2, 0.25, 0.3, dan 0.32, Proses *curing* di oven selama 48 Jam pada suhu 70°C (Lihat tabel 1 dan 2)

Tabel 1. Mix Design dengan variasi rasio *extra water/fly ash*

Benda Uji	Fly Ash		Kerikil	NaOH		Sod. Silikat	Extra Water		Superplasticizer		Curing	
	Kg/m <sup>3</sup>	Pasir Kg/m <sup>3</sup>		Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>		Molar	Kg/m <sup>3</sup>	rasio EW/FA	Kg/m <sup>3</sup>	%	Waktu (Jam)
1	476	998	850	109	14	272	0	0	5.71	3	48	70
2	476	998	850	109	14	272	95	0.2	5.71	3	48	70
3	476	998	850	109	14	272	119	0.25	5.71	3	48	70
4	476	998	850	109	14	272	143	0.3	5.71	3	48	70
5	476	998	850	109	14	272	152	0.32	5.71	3	48	70

Tabel 2. Mix Design dengan variasi dosis *superplasticizer*

Benda Uji	Fly Ash		Kerikil	NaOH		Sod. Silikat	Extra Water		Superplasticizer		Curing	
	Kg/m <sup>3</sup>	Pasir Kg/m <sup>3</sup>		Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>		Molar	Kg/m <sup>3</sup>	rasio EW/FA	Kg/m <sup>3</sup>	%	Waktu (Jam)
1	476	998	850	109	14	272	143	0.3	0	0	48	70
2	476	998	850	109	14	272	143	0.3	8.57	1	48	70
3	476	998	850	109	14	272	143	0.3	17.14	2	48	70
4	476	998	850	109	14	272	143	0.3	25.71	3	48	70
5	476	998	850	109	14	272	143	0.3	0	0	48	70

**Pelaksanaan Penelitian**

Adapun tahap dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan. Pada tahap ini dilakukan persiapan baik bahan maupun peralatan yang

akan digunakan dalam pembuatan benda uji beton. Hal tersebut dilakukan agar penelitian dapat berjalan dengan lancar.

2. Tahap uji bahan. Pada tahap ini dilakukan pengujian material meliputi kerikil, pasir dan abu terbang. Hal ini penting dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari jenis material yang digunakan dalam campuran beton yang dibuat apakah material tersebut masuk dalam persyaratan untuk pembuatan rancangan beton *geopolymer* berdasarkan standar yang berlaku.
3. Tahap perencanaan *mix design*. Pada tahap ini desain campuran beton *geopolymer* dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama mengatur komposisi *fly ash* dengan cairan alkalin yang memiliki kekuatan dan kemampuan mengikat yang cukup. Tahap kedua adalah proses desain komposisi antara bahan pengikat *geopolymer* dengan material pembentuk lainnya yaitu agregat, *superplasticizer*, dan air.
4. Tahap pengujian. Pada tahap ini langkah-langkah pengujian yang dilakukan sebagai berikut:
  - a. Proses pencampuran.
  - b. Pengujian beton segar.
  - c. Pencetakan.
  - d. Proses pengerasan.
  - e. Perawatan dan pemeriksaan berat volume beton *geopolymer*.
  - f. Pengujian kuat tekan.
5. Tahap analisa data dan pembahasan. Pada tahap ini dilakukan analisa data. Data yang diperoleh di uji dengan teknik analisis deskriptif kuantitatif. Analisis deskriptif kuantitatif yaitu dengan memberikan ulasan atau interpretasi terhadap data yang diperoleh sehingga menjadi lebih jelas dan bermakna. Hasil penelitian dibahas dan dilampirkan dalam bentuk tabel dan grafik serta pembahasannya.
6. Tahap kesimpulan. Pada tahap ini dibuat suatu kesimpulan berdasarkan data yang telah dianalisis yang berhubungan langsung dengan tujuan penelitian.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pemeriksaan *Fly Ash*

Komposisi kimia *Fly Ash* didapatkan dari Pengujian XRF di Laboratorium Uji Departemen

Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia untuk mencari persentase komposisi unsur-unsur yang terkandung dalam *Fly Ash*, terutama unsur silika, alumina dan kalsium untuk penguatan asumsi komponen pengikat dan tipe kelas *Fly Ash* itu sendiri. Hasil Pengujian XRF dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Kimia *Fly Ash* PLTU Amurang

Nama Komponer	Na (%)	Mg (%)	Al (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	K (%)	Ca (%)	Ti (%)
Fly Ash PLTU Amurang	0.03	0.24	15.93	38.8	-	0.55	2.28	3.50	0.97
	Mn (%)	Fe (%)	Ni (%)	Rb (%)	Sr (%)	Y (%)	Zr (%)	Ba (%)	Nd (%)
	0.37	36.8	0.02	0.01	0.05	0.01	0.03	0.32	0.11

Berdasarkan hasil pengujian XRF, *fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini didominasi oleh unsur Alumina, Besi dan Silika. Dengan kandungan Kalsium 3,501% < 10% sesuai *ACI Manual of Concrete Practice 1993 part 1 226.3R-3*, maka hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa *fly ash* PLTU Amurang termasuk dalam *fly ash* rendah kalsium – Kelas F. Diperkuat dengan klasifikasi dari ASTM C618-05 dimana *fly ash – Class F* ditunjukkan dengan jumlah Aluminium, Silikon dan Besi yang lebih besar dari 70%, pada pengujian ini ditemukan kadar ketiga unsur tersebut sudah lebih dari 70%.

### Hasil Pemeriksaan Keleccakan

Pemeriksaan keleccakan dilakukan dengan 3 metode pengujian. Pertama dilakukan pemeriksaan *slump flow*, dengan melakukan variasi rasio *extra water/fly ash* dan penambahan *superplasticizer* sampai ditemukan campuran yang memenuhi standar *self compacting concrete* yaitu pada nilai sebaran maksimum lebih dari 65 cm. Setelah ditemukan dosis *superplasticizer* dan *extra water* yang bisa menghasilkan nilai sebaran *slump flow* > 65 cm, yaitu pada dosis *superplasticizer* 3% dan rasio *extra water/fly ash* sebesar 0.3, selanjutnya dilakukan pengecekan *viscosity* dengan V-Funnel Test dan *Passing ability* dengan L-shaped test. Hasil pengujian keleccakan secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian kelecakan *Fly ash based -Self Compacting Geopolymer Concrete*

No.	Pengujian		Hasil	Standar EFNARC
	Alat Test	Parameter		
1	Slump Cone	SF <sub>max</sub> (mm)	670	650 – 800
2	V- Funnel	T (det)	9.50	8 - 12
3	L- Shaped	F-L <sub>20</sub> (det)	2	-
4	L- Shaped	F-L <sub>40</sub> (det)	4	-
5	L-Shaped	H <sub>2</sub> /H <sub>1</sub>	7,5/9 = 0,83	0,8 – 1,0

Dari hasil pengujian *filling ability* dengan menggunakan *slump cone* didapatkan nilai SF<sub>maz</sub> yang dihasilkan dari penelitian pada penambahan *extra water* 0,3 dari massa *fly ash* dan dosis superplasticizer 3% adalah 670 mm. Hal ini menunjukkan bahwa campuran *self compacting geopolymer concrete* yang dihasilkan sudah memenuhi syarat yang ditentukan Efnarc association, yaitu 650 – 800 mm.

Syarat *filling ability* dan viskositas yang ditentukan dalam *V-Funnel test* yaitu 8-12 detik. Nilai minimum 8 detik mengindikasikan campuran yang terlalu encer, sehingga jika kurang dari 8 menunjukkan kemampuan mengalir dan mengisi yang sangat tinggi, namun berpeluang terjadinya *bleeding* dan segregasi. Sebaliknya jika nilainya diatas 12 detik menunjukkan viskositas yang tinggi sehingga kemampuan mengalir dan mengisi beton segar tersebut sangat kecil dan bisa terjadi *blocking*. Dalam penelitian ini, nilai yang diperoleh dari hasil *V-Funnel test* ialah 9.50 detik sehingga sudah memenuhi syarat batas yang disarankan.

Dari hasil pengujian *passing ability* menggunakan *L-shaped box test* didapatkan nilai *blocking ratio* H<sub>2</sub>/H<sub>1</sub> adalah 0,83 detik. Hal ini menunjukkan bahwa campuran *self compacting geopolymer concrete* yang dihasilkan sudah memenuhi syarat yang ditentukan oleh Efnarc association, yaitu 0,80 – 1,00. Nilai F-L<sub>20</sub> dan F-L<sub>40</sub> yang didapatkan dalam penelitian ini menggambarkan terjadinya konsistensi kecepatan pengaliran yang terjadi pada beton segar.

**Hasil Pemeriksaan Kuat tekan dan Pembahasan Penelitian**

1. Pengaruh *Extra Water* terhadap *self compacting geopolymer concrete*
  - a. Pengaruh *Extra Water* pada kelecakan Beton

Kandungan air memiliki peranan yang penting dalam campuran beton geopolimer memadat sendiri. Pada beton geopolimer, jumlah total kandungan air dalam campuran adalah jumlah air dalam larutan NaOH ditambah massa air dalam Sodium Silikat dan air yang ditambahkan saat *mixing* atau disebut *extra water*. Pada penelitian ini, air dalam larutan NaOH konstan pada konsentrasi 14 M juga Sodium silikat gel yang sama, sehingga kadar air yang ditinjau di penelitian ini adalah penambahan air saat *mixing* atau *extra water*. Lihat hasil nilai *slump flow* pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai *Slump Flow* pada variasi rasio *extra water/fly ash*

No.	Rasio <i>Extra Water/ Fly Ash</i>	Nilai <i>Slump flow</i> (cm)	EFNARC <i>Guideline</i> (cm)
1	0	-	65 - 80
2	0,2	39	65 - 80
3	0,25	51	65 - 80
4	0,3	67	65 - 80
5	0,32	68	65 - 80

Penambahan *Extra Water* pada Beton Geopolimer memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap nilai *slump flow*. Semakin besar *Extra Water* yang diberikan maka semakin besar pula nilai *slump flow* yang dihasilkan. Penambahan 0,3 *extra water* sudah mendapatkan nilai *slump flow* yang disyaratkan EFNARC untuk beton memadat sendiri yaitu 67 cm > 65 cm batas minimum.

- b. Pengaruh *extra water* pada kuat tekan beton

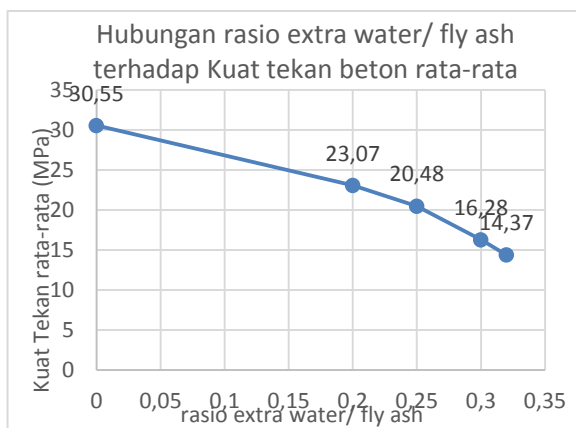
Selain dipengaruhi oleh karakteristik agregat kasar, kekuatan tekan sangat tergantung pada faktor air-semen, tingkat kepadatan, waktu dan kualitas perawatan dan faktor lain seperti bahan tambahan.

Untuk mengevaluasi pengaruh rasio *extra water/ fly ash* terhadap kuat tekan *Self*

*Compacting Geopolymer Concrete*, pada penelitian ini dilakukan dengan 5 variasi campuran yaitu pada campuran tanpa *extra water* atau pada rasio 0, kemudian penambahan air mulai dari rasio *extra water/ fly ash* 0,2 karena untuk rasio dibawah itu campuran berada pada kondisi tidak *flow-able*, sulit untuk menentukan kriteria *filling ability* untuk *self compacting concrete* jika campuran tidak bisa mengalir. Kemudian pada penambahan rasio *extra water/ fly ash* setiap 0,05 sampai memenuhi kriteria SCC pada pengujian kelecakan beton segar yaitu pada rasio 0,3. Selain itu dicoba juga rasio diatasnya sebagai kontrol yaitu rasio 0,32.

Tabel 6. Kuat Tekan Beton dengan variasi rasio *extra water/ fly ash*

<i>Extra Water</i>	0	0,2	0,25	0,3	0,32
No. Benda Uji	Kuat Tekan (Mpa)				
1	31,63	23,41	19,12	16,10	14,60
2	30,52	22,33	20,57	16,90	13,59
3	27,86	23,23	21,29	16,20	14,67
4	32,17	23,30	20,95	15,90	14,61
Kuat Tekan Rata-rata	30,55	23,07	20,48	16,28	14,37



Gambar 1. Grafik Hubungan rasio *extra water/ fly ash* terhadap Kuat Tekan Beton

Kandungan air dalam campuran memainkan peranan yang penting dalam pengikatan beton geopolimer (Barbosa *et al*, 2000). Sekalipun reaksi kimia campuran beton

normal dan beton geopolimer berbeda, namun trend pada grafik gambar 1 menunjukkan efek yang sama dengan faktor air semen pada beton konvensional. Dapat dilihat bahwa kuat tekan beton geopolimer memadat sendiri berkurang seiring penambahan *extra water*. Kuat tekan maksimum didapatkan pada campuran tanpa tambahan *extra water* atau pada nilai rasio *extra water/ fly ash* adalah 0 yaitu rata-rata 30,55 MPa. Semakin banyak air ditambahkan maka semakin kecil pula kuat tekan yang dihasilkan, sehingga pada *Self Compacting Geopolymer Concrete* penambahan air tidak perlu dilanjutkan jika sudah memenuhi kriteria memadat sendiri yang disyaratkan dalam pengujian beton segar.

Komposisi yang optimal dilihat dari segi kelecakan yang memenuhi syarat *Self Compacting Concrete* dan kuat tekan beton didapatkan pada penambahan superplasticizer 3% dan *extra water* 0,3 dengan nilai *slump flow* sebesar 67 cm dan kuat tekan rata-rata 16,28 Mpa. Sehingga pada komposisi ini, beton bisa dikategorikan *Self Compacting Geopolymer Concrete*.

2. Pengaruh superplasticizer terhadap self compacting geopolymer concrete

a. Pengaruh Superplasticizer pada Kelecakan Beton

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui *workability* campuran beton memadat sendiri (*Self Compacting Concrete*) adalah dengan cara pemeriksaan nilai *Slump Flow*. Makin besar nilai *slump*, maka beton semakin mudah untuk dikerjakan.

Tabel 7. Nilai *Slump Flow* pada variasi dosis Superplasticizer

No.	Dosis Superplasticizer	Nilai <i>Slump flow</i> maximum (cm)	EFNARC <i>Guideline</i> (cm)
1	0%	54	65 - 80
2	1%	57	65 - 80
3	2%	63	65 - 80
4	3%	67	65 - 80

Pada umumnya untuk mendapatkan karakter pengaliran yang sesuai dengan standar SCC sekaligus mendapatkan sifat memadat sendiri dari beton adalah dengan menggunakan *superplasticizer*. Selain itu penggunaan *Fly Ash* sebagai pengganti sebagian semen menyebabkan

jumlah air yang dibutuhkan semakin berkurang. Dengan sedikitnya jumlah air tersebut *trial mix* tidak dapat mengalami kondisi *workable* dan *flowable*. Sehingga disinilah *superplasticizer* memiliki peranan penting (Handoko & Sugiharto, 2001).

Untuk mempelajari pengaruh *superplasticizer* terhadap beton geopolimer memadat sendiri pada penelitian ini didapatkan dengan pemeriksaan pada empat variasi kadar *superplasticizer* 0%, 1%, 2% dan 3%. Parameter lainnya pada campuran, dalam nilai konstan, yaitu Konsentrasi Sodium Hidroksida 14M, Rasio *Alkaline/Fly Ash* adalah 0.8 dan Rasio *Extra Water/ Fly Ash* sebesar 0.3 dengan *curing* di oven selama 48 Jam pada suhu 70°C.

Dari hasil pemeriksaan *slump flow* terhadap variasi dosis *superplasticizer* pada beton geopolimer memadat sendiri ditemukan bahwa semakin besar dosis *superplasticizer* maka semakin besar pula nilai *slump flow*-nya. EFNARC mensyaratkan batas minimum *slump flow* pada beton memadat sendiri pada 65 cm dan batas maksimum pada 80 cm. Pada penelitian ini ditemukan bahwa pada penambahan *superplasticizer* 3% sudah memenuhi syarat beton memadat sendiri yaitu 67 cm.

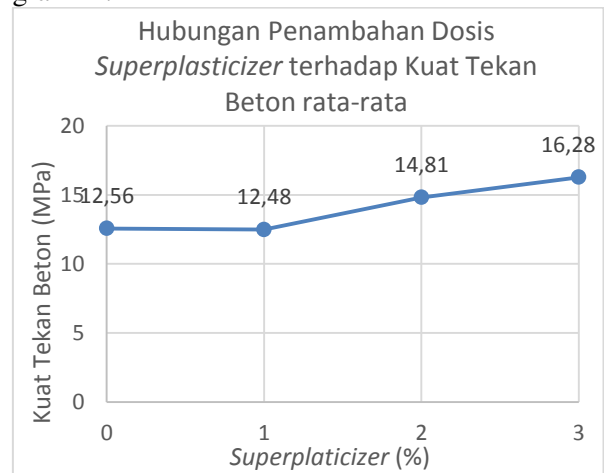
b. Pengaruh *Superplasticizer* pada kuat tekan beton

Hasil pengujian kuat tekan terhadap benda uji kubus 100 mm x 100 mm x 100 mm dengan *curing temperature* 70°C selama 48 jam pada umur 7 hari dengan penambahan *superplasticizer* 1%, 2%, 3% dan tanpa *superplasticizer* atau 0% dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Kuat Tekan Beton dengan variasi dosis *Superplasticizer*

Dosis SP	0%	1%	2%	3%
No. Benda Uji	Kuat Tekan (Mpa)			
1	12,33	12,50	14,51	16,10
2	12,98	12,90	13,92	16,90
3	11,96	12,60	15,89	16,20
4	12,96	11,90	14,93	15,90
Kuat Tekan Rata-rata	12,56	12,48	14,81	16,28

Rata-rata kuat tekan pada masing-masing dosis *superplasticizer* digambarkan dalam grafik 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan Dosis *Superplasticizer* terhadap Kuat Tekan beton

Dari tabel dan grafik di atas, dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kuat tekan beton geopolimer memadat sendiri seiring dengan penambahan dosis *superplasticizer* sampai kadar 3%, dimana didapatkan kuat tekan maksimum berada pada *superplasticizer* 3% dari jumlah *fly ash* dan campuran alkalin yaitu 16,28 MPa. Kuat tekan pada penambahan *superplasticizer* di atas 3% diasumsikan menurun seperti hasil *trial mix* pada mortar geopolimer sehingga tidak dilakukan penelitian lebih lanjut.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil pengujian, pengolahan data dan serta analisis yang dilakukan berdasarkan landasan teori dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai *slump flow* maksimum sesuai standar EFNARC untuk *Self Compacting Concrete* didapatkan pada penambahan *superplasticizer* 3% dan nilai rasio *extra water/fly ash* sebesar 0,3 yaitu 67 cm. Nilai yang diperoleh dari hasil *V-Funnel test* ialah 9.50 detik sehingga sudah memenuhi syarat batas yang disarankan yaitu 8 – 12 detik. Dari hasil pengujian *passing ability* menggunakan *L-shaped*

*box test* didapatkan nilai *blocking ratio*  $H_2/H_1$  adalah 0,83 detik.

2. Penambahan *Extra Water* pada Beton Geopolimer memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap nilai *slump flow*. Penambahan 0,3 *extra water* sudah mendapatkan nilai *slump flow* yang disyaratkan EFNARC untuk beton memadat sendiri yaitu 67 cm > 65 cm batas minimum.
3. Kuat tekan maksimum didapatkan pada campuran tanpa tambahan *extra water* atau pada nilai rasio *extra water/ fly ash* adalah 0 yaitu rata-rata 30,55 MPa. Semakin banyak air ditambahkan maka semakin kecil pula kuat tekan yang dihasilkan, sehingga pada beton geopolimer memadat sendiri (*Self Compacting Geopolymer Concrete*) penambahan air tidak perlu dilanjutkan jika sudah memenuhi kriteria memadat sendiri yang disyaratkan dalam pengujian beton segar. Komposisi yang optimal dilihat dari segi kelecakan yang memenuhi syarat *Self Compacting Concrete* dan kuat tekan beton didapatkan pada penambahan *extra water* 0,3 dengan nilai *slump flow* sebesar 67 cm dan kuat tekan rata-rata 16,28 Mpa.
4. Semakin besar dosis superplasticizer maka semakin besar pula nilai *slump flow*-nya. Pada penelitian ini ditemukan bahwa pada penambahan superplasticizer 3% sudah memenuhi syarat beton memadat sendiri yaitu 67 cm.
5. Peningkatan kuat tekan beton geopolimer memadat sendiri seiring dengan penambahan superplasticizer sampai kadar 3%, dimana didapatkan kuat tekan rata-rata pada superplasticizer sebesar 3% dari jumlah *fly ash* dan campuran alkalin, adalah 16,28 MPa. Kuat tekan pada penambahan di atas 3% diasumsikan menurun seperti hasil trial mix pada mortar geopolimer sehingga tidak dilakukan penelitian lebih lanjut.

#### Saran

1. Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari penelitian ini, disarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh superplasticizer dan tambahan air terhadap sifat mekanis

lainnya dari *Self Compacting Geopolymer Concrete*.

2. Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari penelitian ini, disarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengganti superplasticizer yang memiliki *high performance* dan memiliki kemampuan mengalir dan kemampuan mereduksi air yang lebih tinggi dan cocok dalam reaksi pengikatan geopolimer.
3. Disarankan untuk penelitian lanjutan *Self Compacting Geopolymer Concrete* dengan menggunakan prekursor yang berbeda, misalnya abu vulkanik.
4. Disarankan untuk penelitian lanjutan pengaruh molaritas NaOH dan bentuk sodium silikat terhadap kelecakan dan sifat mekanis dari *Self Compacting Geopolymer Concrete*.
5. Disarankan untuk penelitian lanjutan pengaruh perawatan (*curing*) terhadap kelecakan dan sifat mekanis dari *Self Compacting Geopolymer Concrete*.
6. Disarankan untuk penelitian lanjutan struktur mikro dari *Self Compacting Geopolymer Concrete*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ACI 232.2R-96. 2002. *Use of Fly Ash in Concrete*.
- ASTM C618-05.2005. *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*.
- Barbosa, V.F.F, K.J.D. MacKenzie, dan C. Thaumaurgo. 2000. *Synthesis Characterisation of Material Based on Inorganic Polymers of Alumina dan Silica: Sodium Polysialate Polimers. Journal of Inorganic Material, Vol. 2. No 4. Hal 309-317.*
- Davidovits, J. 1991. *Geopolymers: inorganic polymeric new materials. Thermal Analysis Journal. Hal 1633-1656.*
- Davidovits, J. 2005. *The Poly(sialate) terminology: a very useful and simple model for the promotion and understanding of green-chemistry. The World Congress Geopolymer Proceedings. Hal 9-15.*
- EFNARC. 2002. *Specification and Guidelines for Self Compacting Concrete.*



- Naik, R. 2005. *Sustainability of cement and concrete industries. Proceedings of the International Conference Global Construction : Ultimate Concrete Opportunities*. Hal 141-150.
- Sugiharto, H. dan G. H. Kusuma. 2001. Penggunaan Fly Ash dan Viscocrete pada Self-Compacting Concrete. *Dimensi Teknik Sipil*, Vol.3, No.1. ISSN : 1410-9530.