

PENGARUH VARIASI KADAR *SUPERPLASTICIZER* TERHADAP NILAI *SLUMP* BETON *GEOPOLYMER*

Anggie Adityo Aer

Marthin D. J. Sumajouw, Ronny E. Pandaleke

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: aeradityo@gmail.com

ABSTRAK

Melihat besarnya sumbangan industri semen terhadap total emisi karbondioksida (CO_2), maka dilakukan berbagai penelitian untuk menekan angka pencemaran lingkungan. Penggantian semen secara total dengan bahan lain seperti abu terbang (fly ash) yang merupakan material hasil produksi sampingan industri dalam proses pembuatan beton, mendapatkan 2 keuntungan sekaligus yaitu mengurangi polusi akibat industri semen dan memanfaatkan limbah buangan yang sudah tidak digunakan lagi. Fly ash sebagai bahan pengikat pengganti semen akan melalui suatu proses polimerisasi anorganik, sehingga disebut beton geopolymer. Campuran beton geopolymer mempunyai sifat kekentalan yang kaku, padahal dalam proses pengecoran workabilitas beton sangat dibutuhkan untuk mempermudah pelaksanaan. Self Compacting Concrete (SCC) bertujuan untuk mengatasi masalah workabilitas tersebut melalui penggunaan berbagai jenis bahan tambahan atau superplasticizer.

Penelitian ini mempelajari pengaruh variasi kadar superplasticizer terhadap nilai slump beton geopolymer. Material penyusun beton geopolymer yaitu fly ash sebagai prekursor. Sebagai aktivatornya, digunakan cairan alkalin yang terdiri dari sodium hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi 8 molar dan sodium silikat (Na_2SiO_3), untuk perbandingan $\text{NaOH}/\text{Na}_2\text{SiO}_3$ sebesar 0,4. Agregat dan untuk meningkatkan workabilitas campuran beton digunakan superplasticizer Viscocrete-10 sebesar 0,2% sampai 2% dari binder. Perbandingan air/fly ash sebesar 0,3. Penelitian ini dilakukan terhadap 18 sampel, dengan 6 varian campuran yang berbeda. Penelitian yang dilakukan meliputi pemeriksaan komposisi kimia fly ash, pengujian slump dan slump flow, pemeriksaan berat volume beton geopolymer, serta pengujian kuat tekan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk varian campuran beton geopolymer dengan penggunaan superplasticizer (0,2% sampai 2%) mencapai slump flow dengan diameter alir ≥ 50 cm sehingga dapat dikategorikan self compacting geopolymer concrete. Berat volume rata-rata beton geopolymer bertambah seiring dengan pertambahan persentase superplasticizer sebanyak 0%-1,5% yang berkisar antara $2033,58 \text{ kg/m}^3$ sampai $2109,63 \text{ kg/m}^3$, tetapi pada pertambahan persentase superplasticizer sebanyak 2% berat volume rata-rata beton geopolymer mengalami penurunan yaitu $2099,75 \text{ kg/m}^3$. Penambahan kadar superplasticizer membuat nilai kuat tekan beton geopolymer menjadi tidak teratur. Pertambahan kadar superplasticizer 0,2%, 0,5% dan 1,5% mengalami kenaikan kuat tekan, akan tetapi pertambahan kadar superplasticizer 1% dan 2% justru menyebabkan penurunan kuat tekan.

Kata Kunci : Beton Geopolymer, Fly Ash, Cairan Alkalin, Superplasticizer Viscocrete-10, Slump, Slump Flow, Self Compacting Concrete, Self Compacting Geopolymer Concrete.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pemakaian semen sebagai bahan pengikat (binder) pada beton menimbulkan beberapa permasalahan yaitu produksi karbondioksida (CO_2) yang tinggi mengakibatkan pencemaran lingkungan.

Dalam perkembangannya, mulai dilakukan riset pembuatan beton dengan memanfaatkan ikatan geopolymer untuk mengganti sejumlah

semen sebagai bahan pengikat (binder) atau secara total menggantinya dengan bahan lain seperti berbagai material hasil produksi sampingan (by-product material) industri.

Abu terbang (Fly Ash) merupakan salah satu material hasil produksi sampingan industri dan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Di Sulawesi Utara penggunaan fly ash sepenuhnya sebagai bahan dasar untuk pembuatan beton merupakan suatu hal yang cukup potensial untuk dikembangkan lebih lanjut. Penggunaan fly ash

sebagai bahan pengganti semen mendapatkan dua keuntungan sekaligus yaitu mengurangi polusi akibat industri semen dan memanfaatkan limbah buangan yang sudah tidak digunakan lagi.

Pada penelitian ini *fly ash* digunakan secara keseluruhan menggantikan semen sebagai *binder*. Penggunaan *fly ash* sebagai pengganti semen memerlukan proses terlebih dulu karena harus diaktifkan dengan cairan alkalin (aktivator) melalui suatu proses polimerisasi anorganik, biasanya disebut *geopolymer*. Beton *geopolymer* adalah beton yang tidak menggunakan semen sebagai *binder*, melainkan beton yang menggunakan bahan alam atau juga produk sampingan.

Campuran beton *geopolymer* mempunyai sifat kekentalan yang kaku, padahal dalam proses pengecoran workabilitas beton sangat dibutuhkan untuk mempermudah pelaksanaannya. Untuk mengatasi masalah tersebut, digunakan salah satu inovasi beton yaitu *Self Compacting Concrete (SCC)*. *SCC* adalah campuran beton yang dapat memadat sendiri tanpa menggunakan alat pemadat, sebagai gantinya melalui penggunaan bahan tambahan (*additives admixtures*) atau *superplasticizer*.

Rumusan Masalah

Penelitian dilakukan terhadap sifat mekanik beton *geopolymer* dengan menggunakan bahan tambahan *superplasticizer*. Seberapa besar pengaruh penggunaan *superplasticizer* terhadap nilai *slump* dan *slump flow* beton *geopolymer* dengan variasi kadar yang berbeda-beda.

Pembatasan Masalah

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

- Pemeriksaan karakteristik material.
- Pemeriksaan kandungan kimia yang terkandung dalam abu terbang PLTU Amurang.
- Beton *geopolymer* tanpa *superplasticizer*.
- Beton *geopolymer* dengan *superplasticizer* (0,2%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%).

Tujuan Penelitian

- Mempelajari dan menganalisa beton *geopolymer* secara umum.
- Mendapatkan nilai optimum penggunaan *superplasticizer* pada campuran beton *geopolymer* melalui pengujian nilai *slump* dan *slump flow*.

- Mendapatkan hubungan antara persentase variasi kadar *superplasticizer* terhadap nilai *slump* dan *slump flow* beton *geopolymer*.
- Mendapatkan hubungan antara persentase variasi kadar *superplasticizer* terhadap nilai kuat tekan beton *geopolymer*.

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan pada ilmu pengetahuan dan masyarakat, terlebih memberikan alternatif pemecahan masalah bagi industri-industri yang menghasilkan material hasil produksi sampingan agar dapat diolah dan dimanfaatkan pada proyek-proyek konstruksi dikemudian hari.

MATERIAL

Bahan pembentuk beton *geopolymer* adalah sebagai berikut:

Abu Terbang (*Fly Ash*)

Jenis-jenis abu terbang, yaitu:

- Kelas C
Fly ash kelas C disebut juga *high-calcium fly ash* yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub bitumen batu bara (batu bara muda).
- Kelas F
Fly ash kelas F disebut juga *low-calcium fly ash* yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *antrachite* atau bitumen batu bara (Rousstia, 2008)

Cairan Alkalin

Cairan alkalin yang digunakan adalah kombinasi dari sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na_2SiO_3). Sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam abu terbang sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat, sedangkan sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi (Sumajouw dan Dapas, 2012).

Superplasticizer

Superplasticizer yang digunakan yaitu Viscocrete-10 dengan merk dagang Sika® adalah bahan tambahan kimia yang termasuk dalam jenis *Sulfonated naphthalene-formaldehyde condensates* dan merupakan *admixture* tipe F (Lisantonio dan Hehanussa, 2009).

Agregat

Agregat kasar yang dipakai batu pecah yang berasal dari Tateli dan agregat halus yang dipakai pasir yang berasal dari Girian.

Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air di Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.

METODE PENELITIAN

Karakteristik Material

Terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan bahan penyusun beton *geopolymer* (agregat kasar, agregat halus dan abu terbang). Pemeriksaan yang dilakukan meliputi pemeriksaan gradasi agregat, pemeriksaan berat jenis dan absorpsi, pemeriksaan berat volume agregat, pemeriksaan kadar air, pemeriksaan keausan agregat kasar (kerikil) dengan mesin los angeles dan pemeriksaan komposisi kimia abu terbang.

Variasi Benda Uji

Benda uji yang dibuat dalam penelitian ini terdiri dari 6 jenis, yaitu beton *geopolymer* tanpa *superplasticizer*, beton *geopolymer* dengan *superplasticizer* 0,2%, beton *geopolymer* dengan *superplasticizer* 0,5%, beton *geopolymer* dengan *superplasticizer* 1%, beton *geopolymer* dengan *superplasticizer* 1,5% dan beton *geopolymer* dengan *superplasticizer* 2%.

Untuk keenam jenis benda uji tersebut, dilakukan pengujian *workability* yaitu dengan *modified slump* dan pengujian kuat tekan (beton umur 7 hari).

Jumlah kebutuhan bahan susun (per 3 benda uji) mempunyai komposisi kerikil 13,76 kg; pasir 5,89 kg; abu terbang 5,06 kg; sodium hidroksida 1,02 kg (8M); sodium silikat 2,55 kg; air 1,52 kg. hari.

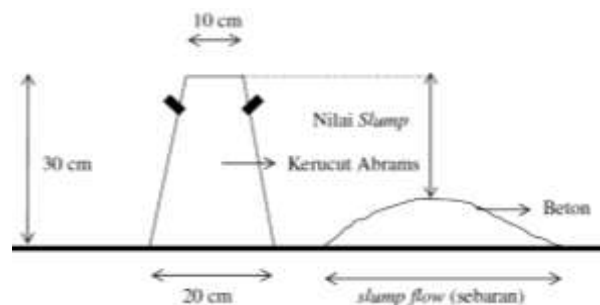
Tabel 1. Variasi Benda Uji

Kode Benda Uji	Air/Fly Ash	Superplasticizer/Binder
SP 0	0,3	0
SP 0,2	0,3	0,2
SP 0,5	0,3	0,5
SP 1	0,3	1
SP 1,5	0,3	1,5
SP 2	0,3	2

Workability

Untuk pengujian *workability*, yaitu dengan *modified slump test* untuk mengukur nilai *slump* dan *slump flow* (sebaran) yang terjadi. Pengujian beton segar dilakukan tiap 15 menit selama 1 jam.

Pada kondisi segar benda uji beton *geopolymer* dianalisa dengan melakukan beberapa tes untuk menilai apakah campuran beton dapat dikategorikan SCC atau tidak. Karakteristik SCC adalah memiliki nilai *slump flow* berkisar antara 500 - 700 mm (Saputra, 2012).



Gambar 1. Sketsa *Modified Slump Test*
Sumber : Widodo, 2003

Proses Pengerasan dan Perawatan Benda Uji

Material *geopolymer* membutuhkan energi aktivasi tambahan untuk mempercepat proses polimerisasi. Hal ini disebabkan karena panas yang dihasilkan kurang tinggi. Agar proses pengerasan berlangsung cepat, benda uji yang telah dicetak dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 60°C selama 24 jam sampai mengeras. Setelah keluar dari oven, benda uji dibiarkan pada suhu ruangan selama 7 hari.

Tabel 2 Perawatan Benda Uji

Curing			Umur (hari)
Waktu (jam)	Temperatur (°C)	Metode	
24	60	Oven	7

Kuat Tekan

Kuat tekan diuji pada umur 7 hari dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Benda uji untuk pengujian kuat tekan berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15 cm.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Komposisi Kimia Abu Terbang

Pemeriksaan komposisi kimia abu terbang PLTU Amurang diuji di Balai Riset dan Standarisasi Industri Manado.

Tabel 3 Komposisi Kimia Abu Terbang Asal PLTU Amurang

No.	Parameter	Hasil Analisis
		(%)
1.	SiO ₂	36,23
2.	Al ₂ O ₃	6,25
3.	Fe ₂ O ₃	4,34
4.	CaO	2,85
5.	Na ₂ O	0,93
6.	K ₂ O	0,14
7.	MgO	0,49
8.	P ₂ O ₅	0,06
9.	Air	0,52

Dari Tabel 3 terlihat bahwa kadar CaO sebesar 2,85%. Berdasarkan klasifikasi jenis abu terbang, maka abu terbang PLTU Amurang yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam kelas F.

Modified Slump Test

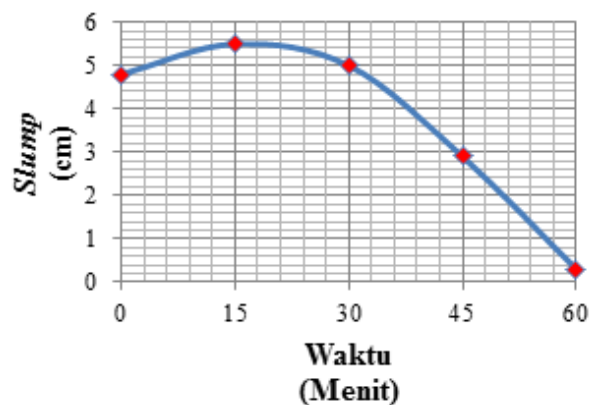
Pada pengujian ini dilakukan tes *modified slump* tiap 15 menit selama 1 jam untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan beton akibat pengaruh penambahan variasi kadar *superplasticizer* yang berbeda-beda pada varian campuran beton *geopolymer*.

a. Campuran Beton Geopolymer (Tanpa Superplasticizer)

Nilai *slump* dan *slump flow* campuran beton *geopolymer* tanpa menggunakan *superplasticizer* dapat dilihat pada Tabel 4.

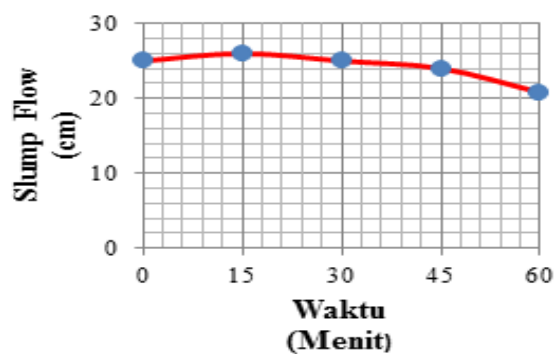
Tabel 4 Hasil Uji Beton Segar Tanpa Superplasticizer

Waktu (Menit)	Slump (cm)	Slump Flow (cm)
0	4,8	25
15	5,5	26
30	5	25
45	2,9	24
60	0,3	20,8



Gambar 2. Hubungan Slump Terhadap Waktu (Tanpa Superplasticizer)

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada komposisi normal, kondisi campuran beton *geopolymer* terlihat masih mempunyai kondisi pengikatan yang cukup cepat. Hasil pengujian tersebut juga menunjukkan bahwa nilai *slump* yang dihasilkan dapat dikategorikan rendah dikarenakan tidak adanya *superplasticizer* guna memperlambat pengikatan.



Gambar 3. Hubungan Slump Flow Terhadap Waktu (Tanpa Superplasticizer)

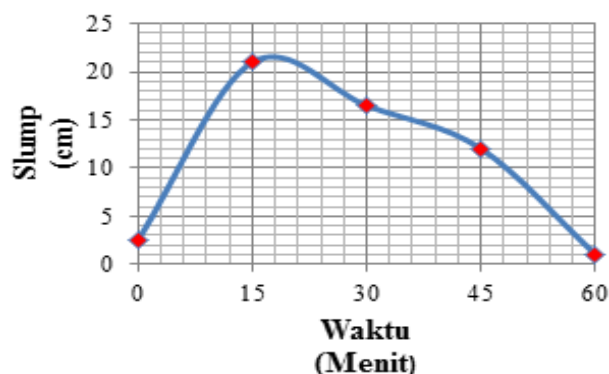
Hasil pengujian *slump flow* pada Gambar 3 menunjukkan tidak adanya peningkatan nilai sebaran yang berarti.

b. Campuran Beton Geopolymer (Superplasticizer 0,2%)

Penggunaan *superplasticizer* 0,2% terhadap *slump* dan *slump flow* campuran beton *geopolymer* dapat dilihat pada Tabel 5.

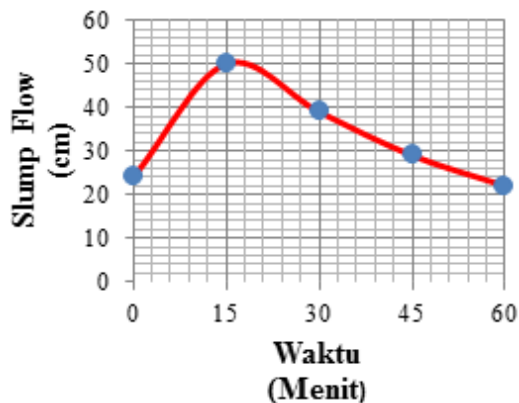
Tabel 5. Hasil Uji Beton Segar (Superplasticizer 0,2%)

Waktu (Menit)	Slump (cm)	Slump Flow (cm)
0	2,5	24
15	21	50
30	16,5	39
45	12	29
60	1	22



Gambar 4. Hubungan Slump Terhadap Waktu (Superplasticizer 0,2%)

Melihat kondisi *slump* yang terjadi pada Gambar 4 terlihat adanya perubahan *slump* yang cukup berarti pada waktu pengadukan selama 15 menit, tetapi kondisi ini tidak bertahan lama seiring penambahan waktu pengadukan.



Gambar 5. Hubungan *Slump Flow* Terhadap Waktu (*Superplasticizer* 0,2%)

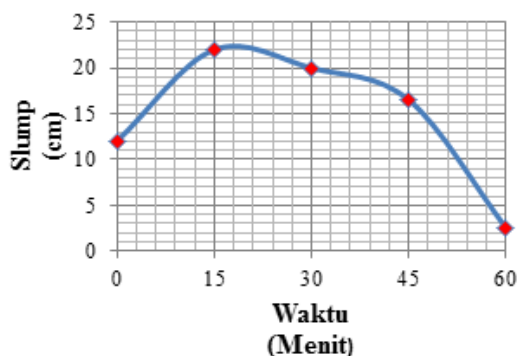
Pada Gambar 5 menunjukkan adanya peningkatan sebaran yang terjadi pada waktu pengadukan menit ke 15 dengan diameter 50 cm dikarenakan adanya pemakaian *superplasticizer*, namun kondisi ini juga tidak bertahan lama sejalan dengan penambahan waktu pengadukan.

c. Campuran Beton Geopolymer (*Superplasticizer* 0,5%)

Penggunaan *superplasticizer* 0,5% terhadap *slump* dan *slump flow* campuran beton *geopolymer* dapat dilihat pada Tabel 6.

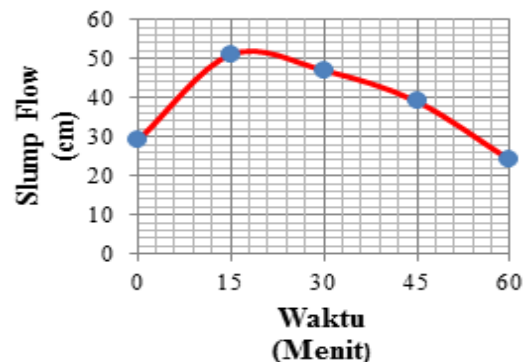
Tabel 6. Hasil Uji Beton Segar (*Superplasticizer* 0,5%)

Waktu (Menit)	Slump (cm)	Slump Flow (cm)
0	12	29
15	22	51
30	20	47
45	16,5	39
60	2,5	24



Gambar 6. Hubungan *Slump* Terhadap Waktu (*Superplasticizer* 0,5%)

Gambar 6 menunjukkan bahwa kondisi *slump* yang dihasilkan pada campuran beton *geopolymer* ini menghasilkan nilai *slump* awal yang tinggi, dimana kondisi campuran menjadi lebih encer dibandingkan kondisi normal, tetapi kondisi ini juga tidak bertahan lama seiring penambahan waktu pengadukan.



Gambar 7. Hubungan *Slump Flow* Terhadap Waktu (*Superplasticizer* 0,5%)

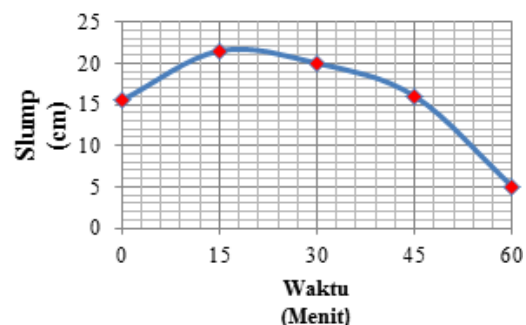
Hasil pengujian *slump flow* pada Gambar 7 juga menunjukkan peningkatan nilai sebaran awal yang baik. Pada waktu pengadukan menit ke 15, nilai *slump flow* mencapai diameter 51 cm. Sedangkan pada waktu pengadukan menit ke 30, nilai *slump flow* mencapai diameter 47 cm.

d. Campuran Beton Geopolymer (*Superplasticizer* 1%)

Penggunaan *superplasticizer* 1% terhadap *slump* dan *slump flow* campuran beton *geopolymer* dapat dilihat pada Tabel 7.

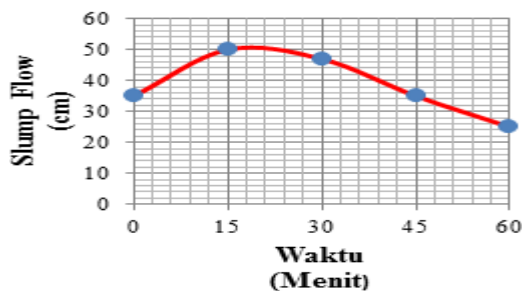
Tabel 7. Hasil Uji Beton Segar (*Superplasticizer* 1%)

Waktu (Menit)	Slump (cm)	Slump Flow (cm)
0	15,5	35
15	21,5	50
30	20	47
45	16	35
60	5	25



Gambar 8. Hubungan *Slump* Terhadap Waktu (*Superplasticizer* 1%)

Pada Gambar 8 kondisi *slump* yang terjadi pada campuran beton *geopolymer* ini juga hampir sama dengan kondisi *slump* pada campuran beton *geopolymer* dengan *superplasticizer* 0,5% menghasilkan kondisi *slump* awal yang tinggi. Seiring penambahan waktu pengadukan kondisi ini juga tidak bertahan lama.



Gambar 9. Hubungan *Slump Flow* Terhadap Waktu (*Superplasticizer* 1%)

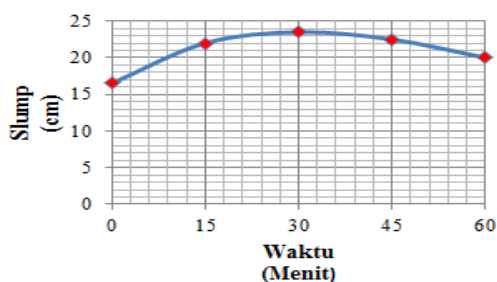
Seperti yang terlihat pada gambar 9 menunjukkan adanya peningkatan nilai sebaran pada saat awal pengadukan. Hasil pengujian *slump flow* pada waktu pengadukan menit ke 15, nilai *slump flow* mencapai diameter 50 cm. Pada waktu pengadukan menit ke 30, nilai *slump flow* mencapai diameter 47 cm. Akan tetapi kondisi ini juga tidak bertahan lama sejalan dengan penambahan waktu pengadukan.

e. Campuran Beton Geopolymer (*Superplasticizer* 1,5%)

Penggunaan *superplasticizer* 1,5% terhadap *slump* dan *slump flow* campuran beton *geopolymer* dapat dilihat pada Tabel 8.

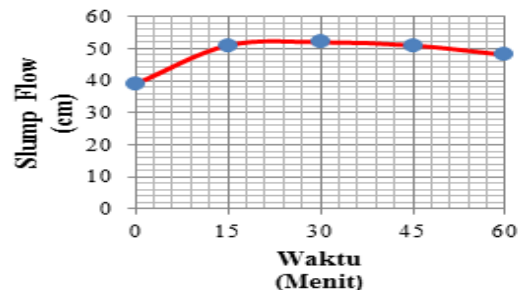
Tabel 8. Hasil Uji Beton Segar (*Superplasticizer* 1,5%)

Waktu (Menit)	Slump (cm)	Slump Flow (cm)
0	16,5	39
15	22	51
30	23,5	52
45	22,5	52
60	20	48



Gambar 10. Hubungan *Slump* Terhadap Waktu (*Superplasticizer* 1,5%)

Gambar 10 menunjukkan terjadi *slump* yang tinggi sejak menit pertama waktu pengadukan. Kondisi beton *geopolymer* menjadi jauh lebih encer dan nilai *slump* yang diperoleh tetap stabil seiring penambahan waktu pengadukan.



Gambar 11. Hubungan *Slump Flow* Terhadap Waktu (*Superplasticizer* 1,5%)

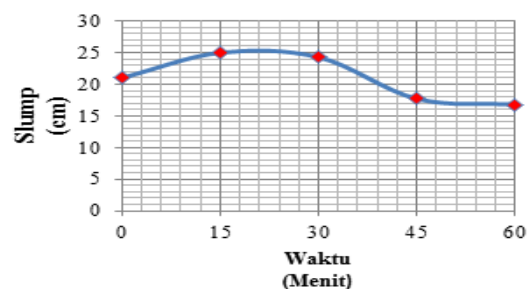
Pada Gambar 11 terlihat adanya peningkatan nilai sebaran awal yang besar. Pengujian *slump flow* pada waktu pengadukan menit ke 15 nilai *slump flow* mencapai diameter 51 cm, pada waktu pengadukan menit ke 30 nilai *slump flow* mencapai diameter 52 cm, pada waktu pengadukan menit ke 45 nilai *slump flow* mencapai diameter 51 cm dan pada waktu pengadukan menit ke 60 nilai *slump flow* mencapai diameter 48 cm. Nilai *slump flow* yang diperoleh tetap stabil seiring penambahan waktu pengadukan.

f. Campuran Beton Geopolymer (*Superplasticizer* 2%)

Penggunaan *superplasticizer* 2% terhadap *slump* dan *slump flow* campuran beton *geopolymer* dapat dilihat pada Tabel 9.

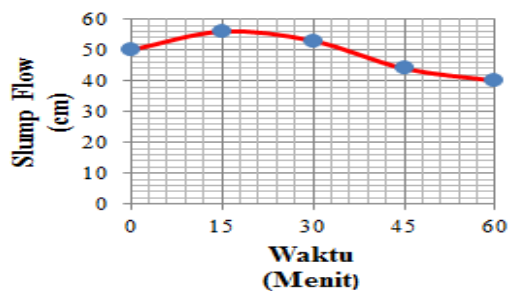
Tabel 9. Hasil Uji Beton Segar (*Superplasticizer* 2%)

Waktu (Menit)	Slump (cm)	Slump Flow (cm)
0	21	50
15	25	56
30	24,3	53
45	17,7	44
60	16,8	40



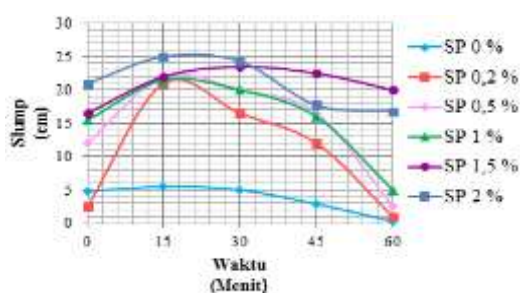
Gambar 12. Hubungan *Slump* Terhadap Waktu (*Superplasticizer* 2%)

Seperti terlihat pada Gambar 12 kondisi *slump* yang dihasilkan pada campuran beton *geopolymer* ini menghasilkan kondisi *slump* awal yang paling tinggi diantara campuran beton *geopolymer* dengan variasi kadar *superplasticizer* yang lain. Namun berbeda dengan campuran beton *geopolymer* dengan *superplasticizer* 1,5%, kondisi *slump* akhir menjadi lebih kecil dibanding kondisi awal.



Gambar 13. Hubungan Slump Flow Terhadap Waktu (Superplasticizer 2%)

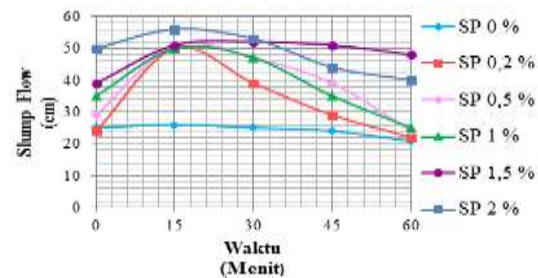
Gambar 13 menunjukkan nilai *slump flow* awal yang paling besar dibandingkan semua campuran beton *geopolymer* dengan variasi kadar *superplasticizer* yang lain yaitu mencapai diameter 50 cm. Pengujian *slump flow* pada waktu pengadukan menit ke 15 nilai *slump flow* mencapai diameter 56 cm yang merupakan diameter terbesar yang diperoleh dalam penelitian ini. Akan tetapi berbeda dengan campuran beton *geopolymer* dengan kadar *superplasticizer* 1,5%, kondisi *slump flow* akhir menjadi lebih kecil dibanding kondisi awal.



Gambar 14. Grafik Hubungan Pengaruh Variasi Kadar Superplasticizer Terhadap Nilai Slump Beton Geopolymer

Dari Gambar 14, terlihat bahwa semakin besar jumlah kadar *superplasticizer* yang diberikan maka semakin tinggi *slump* yang dapat dicapai campuran beton *geopolymer*. Hasil pengujian campuran beton *geopolymer* dengan penggunaan *superplasticizer* tersebut juga menunjukkan bahwa nilai *slump* yang dicapai

pada menit ke 15 selalu lebih besar dari 20 cm, sehingga pengujian *slump* sudah tidak efektif untuk digunakan.



Gambar 15. Grafik Hubungan Pengaruh Variasi Kadar Superplasticizer Terhadap Nilai Slump Flow Beton Geopolymer

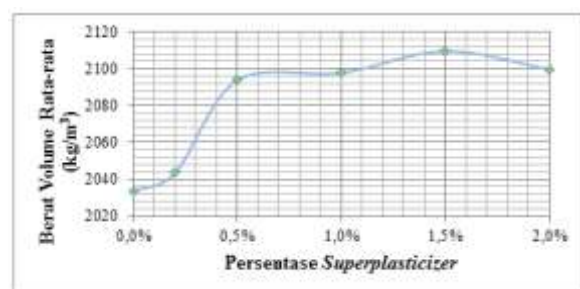
Hasil pengujian *slump flow* pada Gambar 15 juga memperlihatkan semakin besar jumlah kadar *superplasticizer* yang diberikan maka semakin besar pula diameter alir beton segar yang diperoleh. Dapat dilihat juga bahwa semua variasi campuran beton *geopolymer* yang memakai *superplasticizer* mencapai *slump flow* dengan diameter ≥ 50 cm.

Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Geopolymer

Hasil perhitungan berat volume beton *geopolymer* rata-rata dari tiap jenis campuran dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Berat Volume Rata-rata Beton Geopolymer Dengan Variasi Superplasticizer

Jenis Campuran Beton Geopolymer Dengan Kadar Superplasticizer (%)	Jumlah Benda Uji (buah)	Berat Rata-rata Benda Uji (kg)	Berat Volume Rata-rata (kg/m^3)
0	3	6,86	2033,58
0,2	3	6,90	2043,46
0,5	3	7,07	2093,83
1	3	7,08	2097,78
1,5	3	7,12	2109,63
2	3	7,09	2099,75



Gambar 16. Grafik Hubungan Antara Berat Volume Rata-rata Beton Geopolymer Dengan Persentase Superplasticizer

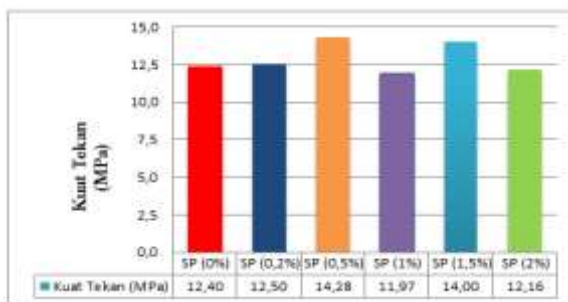
Dari Gambar 16 terlihat bahwa berat volume rata-rata berkisar antara 2033,58 kg/m³ sampai 2109,63 kg/m³. Berdasarkan klasifikasi beton menurut FIP dan ACI maka beton *geopolymer* hasil penelitian ini termasuk dalam klasifikasi beton berbobot normal.

Hasil Uji Kuat Tekan

Pada Tabel 11 diperlihatkan nilai kuat tekan beton rata-rata untuk umur beton 7 hari dengan variasi penggunaan *superplasticizer* Viscocrete-10.

Tabel 11. Hasil Uji Kuat Tekan Rata-rata Beton *Geopolymer*

Jenis Campuran Beton Geopolymer dengan Kadar <i>Superplasticizer</i> (%)	Kuat Tekan beton (f'cr) Rata - Rata (MPa)
0	12,40
0,2	12,50
0,5	14,28
1	11,97
1,5	14,00
2	12,16



Gambar 17. Grafik Hubungan Pengaruh Variasi Kadar *Superplasticizer* Terhadap Kuat Tekan Rata-rata Beton *Geopolymer* Pada Umur 7 Hari

Gambar 17 memperlihatkan bahwa semakin banyak melakukan penambahan *superplasticizer* dapat menyebabkan nilai kuat tekan beton *geopolymer* menjadi tidak teratur. Pada kondisi normal tanpa menambahkan *superplasticizer* kuat tekan rata-rata yang diperoleh sebesar 12,40 Mpa. Penambahan *superplasticizer* 1% dan 2% menyebabkan penurunan kuat tekan yaitu sebesar 11,97 Mpa dan 12,16 tetapi pada penambahan *superplasticizer* 0,2%, 0,5% dan 1,5% justru mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 12,50 MPa, 14,28 MPa dan 14,00 MPa. Kuat tekan terbesar yang diperoleh yaitu pada saat campuran beton *geopolymer* menggunakan *superplasticizer* 0,5% yaitu sebesar 14,28 MPa.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data dan pembahasan dalam penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Banyaknya penambahan kadar *superplasticizer* yang diberikan berpengaruh terhadap sifat beton segar, yaitu *workability* dan diameter alir beton segar. Hal itu terlihat pada besarnya nilai *slump* dan *slump flow*.
2. Untuk varian campuran beton *geopolymer* dengan penggunaan *superplasticizer* (0,2% sampai 2%) mencapai nilai *slump flow* dengan diameter alir sebesar ≥ 50 cm. Dengan demikian varian campuran beton *geopolymer* yang menggunakan *superplasticizer* dalam penelitian ini dapat dikategorikan sebagai *self compacting geopolymer concrete*.
3. Berat volume rata-rata beton *geopolymer* bertambah seiring dengan penambahan persentase *superplasticizer* sebanyak 0% - 1,5% yang berkisar antara 2033,58 kg/m³ sampai 2109,63 kg/m³, akan tetapi pada persentase *superplasticizer* sebanyak 2% berat volume rata-rata beton *geopolymer* mengalami penurunan yaitu 2099,75 kg/m³.
4. Pengaruh penambahan *superplasticizer* membuat nilai kuat tekan beton *geopolymer* menjadi tidak teratur. Penambahan *superplasticizer* 0,2%, 0,5% dan 1,5% mengalami kenaikan kuat tekan, akan tetapi penambahan *superplasticizer* 1% dan 2% justru menyebabkan penurunan kuat tekan.

Saran

Adapun saran-saran yang dapat disampaikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ini agar penelitian-penelitian selanjutnya dapat lebih baik adalah sebagai berikut:

1. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai pemakaian sodium silikat yang lebih sedikit daripada larutan sodium hidroksida, Karena dalam penelitian ini pemakaian sodium silikat lebih banyak daripada larutan sodium hidroksida.
2. Penentuan rasio perbandingan massa *air/fly ash* harus lebih diperhatikan terutama untuk binder yang berupa pozzolan karena daya serap pozzolan berbeda dengan daya serap semen.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kuat tekan beton *geopolymer* dengan umur pengujian lebih dari 7 hari agar dapat

- dibandingkan dengan beton *geopolymer* pada penelitian ini.
4. Pada penelitian ini tidak membahas lebih dalam reaksi kimia yang terjadi antara abu terbang PLTU Amurang dengan cairan alkalin, oleh karena itu diharapkan kelak ada penelitian lanjutan untuk membahas reaksi kimia yang mendalam pada senyawa, ikatan, dan reaksi kimia dengan bahan penyusun beton *geopolymer*.

DAFTAR PUSTAKA

- Lisantonno, A. & Hehanussa, P. G., 2009. *Pengaruh Penggunaan Plasticizer pada Self Compacting Geopolymer Concrete dengan atau Tanpa Penambahan Kapur Padam*, Media Teknik Sipil, Volume X, Yogyakarta.
- Rousstia, Kresnadya Desha, 2008. *Perilaku Balok Beton Bertulang Geopolimer Akibat Pembebanan Dinamis dengan Pile Integrity Test*, Skripsi Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta.
- Saputra, Andika Ade Indra, 2012. *Perilaku Fisik dan Mekanik Self Compacting Concrete (SCC) dengan Pemanfaatan Abu Vulkanik sebagai Bahan Tambahan Pengganti Semen*, Makalah Seminar Tugas Akhir.
- Sumajouw, M. D. J. & Dapas, S. O., 2012, *Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer*, Tim penerbit JTS FT UNSRAT, Manado.
- Widodo, Slamet, 2003. *Optimalisasi Kuat Tekan Self-Compacting Concrete dengan Cara Trial-Mix Komposisi Agregat dan Filler pada Campuran Adukan Beton*, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.