

PENGARUH VARIASI SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN, BERAT VOLUME, POROSITAS DAN SIFAT SEGAR BETON HIGH VOLUME FLY ASH METODE SELF COMPACTING CONCRETE

Bima Ardi Setiawan

Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: bima.setiawan@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Firmansyah Sofianto, S.T., M.T., M.Sc.

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Self Compacting Concrete (SCC) atau bisa juga disebut beton memadat sendiri yang merupakan beton khusus yang dapat memadat ke setiap celah struktur penulangan tanpa menggunakan alat vibrator beton. Penggunaan beton bermutu tinggi tidak dapat dihindarkan dalam perencanaan dan perancangan struktur bangunan karena menghasilkan beton yang relatif lebih awet dan tahan sulfat. Beton dengan kandungan *fly ash* 50% atau lebih sebagai pengganti semen disebut *High Volume Fly Ash Concrete*. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui hubungan berat volume, kuat tekan, porositas dan sifat segar beton high volume *fly ash* dengan metode scc menggunakan *superplasticizer* yang bervariasi. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pengujian kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan penambahan proporsi *superplasticizer* pada beton *high volume fly ash* metode *self compacting concrete* dapat menambah *workability*. Hal ini ditunjukkan dengan hasil uji beton segar pada uji T500, *slump flow*, L-box, dan V-funnel. Kuat tekan, berat volume, dan porositas beton dengan proporsi *superplasticizer* mempunyai nilai optimum pada 1,2% *superplasticizer* karena memiliki nilai kuat tekan tertinggi dengan 49,44 MPa, nilai berat volume tertinggi dengan 2534,05 kg/m³, nilai porositas terkecil dengan 1,72% pada 28 hari dan sifat segar beton memenuhi standar *self compacting concrete*.

Kata Kunci: *self compacting concrete, high volume fly ash, superplasticizer, berat volume, porositas*

Abstract

Self Compacting Concrete (SCC) is a special concrete that can compact into any gap of the reinforcement structure without using a concrete vibrator. The use of high quality concrete cannot be avoided in the planning and design of building structures because it produces concrete that is relatively more durable and sulfate resistant. Concrete with a fly ash content of 50% or more instead of cement is called *High Volume Fly Ash Concrete*. The purpose of this study was to determine the relationship of volume weight, compressive strength, porosity and fresh nature of high volume fly ash concrete with the SCC method using various *superplasticizers*. The specimen is cylindrical with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm. Compressive strength testing at 7, 14 and 28 days.

The results showed the addition of the *superplasticizer* proportion in the high volume fly ash concrete, the *self compacting concrete* method can increase *workability*. This is aimed at the results of the fresh concrete test on the T500, *slump flow*, L-box and V-funnel tests. Compressive strength, volume weight, and porosity of concrete with the proportion of *superplasticizer* has an optimum value of 1.2% *superplasticizer* because it has the highest compressive strength value with 49.44 MPa, the highest volume weight value with 2534.05 kg / m³, the smallest porosity value with 1,72% at 28 days and the fresh nature of concrete meet the standards of *self compacting concrete*.

Keywords: *self compacting concrete, high volume fly ash, superplasticizer, weight volume, porosity*

PENDAHULUAN

Pembuatan struktur beton yang padat kuat membutuhkan pemadatan yang dilakukan oleh pekerja yang terampil. Pada kenyataannya, pekerja yang terampil tersebut sudah banyak berkurang, di Jepang tahun 1983 solusi untuk permasalahan tersebut adalah dengan membuat *Self Compacting Concrete (SCC)* atau bisa juga disebut beton memadat sendiri yang merupakan

beton khusus yang dapat memadat ke setiap celah struktur penulangan, murni menggunakan berat sendiri dan tanpa menggunakan alat vibrator beton.

SCC termasuk kategori beton mutu tinggi. Porositas yang dihasilkan beton mutu tinggi juga lebih rapat, sehingga akan menghasilkan beton yang relatif lebih awet dan tahan sulfat karena tidak dapat ditembus oleh air dan bakteri perusak beton. Oleh sebab itu penggunaan

beton bermutu tinggi tidak dapat dihindarkan dalam perencanaan dan perancangan struktur bangunan.

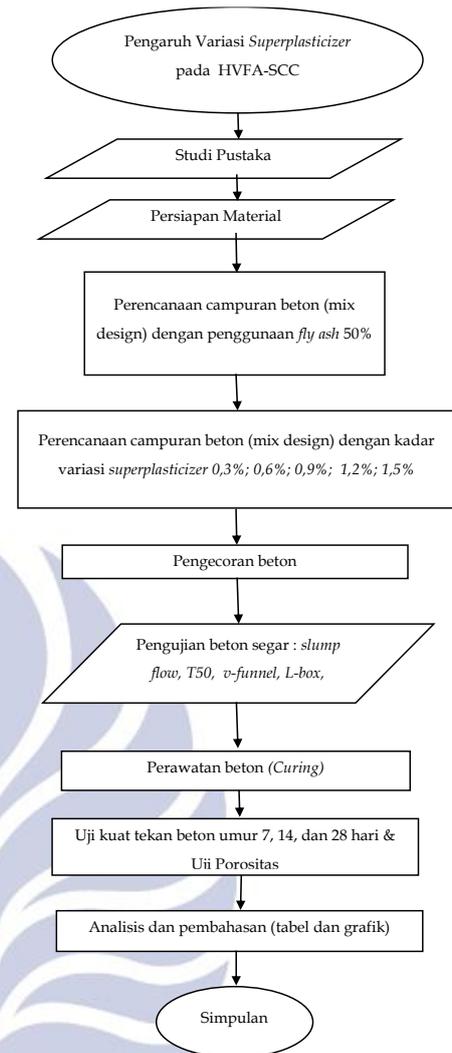
Salah satu masalah yang sangat berpengaruh pada kuat tekan beton adalah adanya porositas. Semakin besar porositasnya maka kuat tekannya semakin kecil, sebaliknya semakin kecil porositas kuat tekannya semakin besar. Besar dan kecilnya porositas dipengaruhi besar dan kecilnya fas yang digunakan. Semakin besar fas-nya porositas semakin besar, sebaliknya semakin kecil fas-nya porositas semakin kecil. Salah satu ciri-ciri SCC mutu tinggi adalah faktor air semen yang rendah, dengan faktor air semen yang rendah tersebut membuat workability beton tersebut semakin susah. Maka, untuk menyeimbangkan diperlukan peningkatan fas (*w/c ratio*) untuk meningkatkan deformabilitas tanpa mengurangi kohesivitas dengan bantuan high range water reducer (*superplasticizer*). Superplasticizer merupakan bahan tambah (*admixture*). Bahan tambah, *additive* dan *admixture* adalah bahan selain semen, agregat dan air yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum atau selama pengadukan beton untuk mengubah sifat beton sesuai dengan keinginan perencana.

Selain itu untuk mendukung penurunan porositas pada beton dibutuhkan aditif juga yang bersifat pozzolan dan mempunyai partikel sangat halus. (As'at:2017) Salah satunya menggunakan *fly ash*. *Fly ash*(abu terbang) merupakan sisa dari hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Abu terbang adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Karena abu terbang bersifat pozzolan maka juga digunakan untuk mengurangi penggunaan semen.

Maka dari itu pada penelitian ini menggunakan fly ash sebagai pengganti semen dalam jumlah besar dan superplasticizer sebagai admixture pada beton metode self compacting concrete untuk mengetahui pengaruh pada kuat tekan, porositas, dan sifat segar beton yang dihasilkan.

METODE

Metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental dimana untuk mendapatkan data-data dan hasil penelitian dengan melakukan pengujian dan penelitian di laboratorium. Populasi dalam penelitian ini adalah data hasil pengujian silinder beton berupa data kuat tekan beton, porositas, dan pengujian beton segar. Benda uji dalam penelitian ini adalah silinder 10x20 yang kemudian akan diuji dengan uji kuat tekan pada saat beton berumur 7, 14 dan 28 hari.



Gambar 1. Diagram alir prosedur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian XRF Fly Ash

Pengujian kandungan kimia fly ash menggunakan bantuan alat x-ray fluorescence yang dilakukan di Laboratorium Mineral dan Material Maju Universitas Negeri Malang.

Tabel 1. Kandungan kimia fly ash

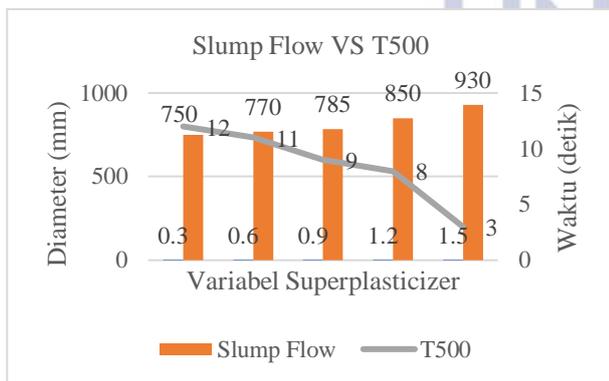
Fly Ash		
Compound	Conc	Unit
Al ₂ O ₃	16	%
SiO ₂	37,5	%
SO ₃	1,1	%
K ₂ O	1,6	%
CaO	12,8	%

Fly Ash		
Compound	Conc	Unit
TiO ₂	2,22	%
V ₂ O ₅	0,075	%
Cr ₂ O ₃	0,087	%
MnO	0,26	%
Fe ₂ O ₃	27,1	%
NiO	0,03	%
CuO	0,069	%
ZnO	0,04	%
SrO	0,31	%
BaO	0,2	%
Eu ₂ O ₃	0,3	%
Yb ₂ O ₃	0,02	%
Re ₂ O ₇	0,21	%

2. Analisis Karakteristik Beton Segar HVFA-SCC

a. Slump-flow VS T500

Kondisi akhir flow dengan diameter dikontrol terhadap terjadinya bleeding. Jika terjadi bleeding maka akan menurunkan mutu beton dikarenakan akan terjadi naiknya air ke permukaan sesaat setelah dicor dan agregat kasar turun ke bawah. Hal ini membuat ruang atau kantong antara agregat dan pasta yang diisi oleh air. Kantong tersebut akan mengering ketika kondisi beton mulai mengeras dan menyisakan ruang kosong atau void di dalam beton.



Grafik 1 Slump flow VS T500

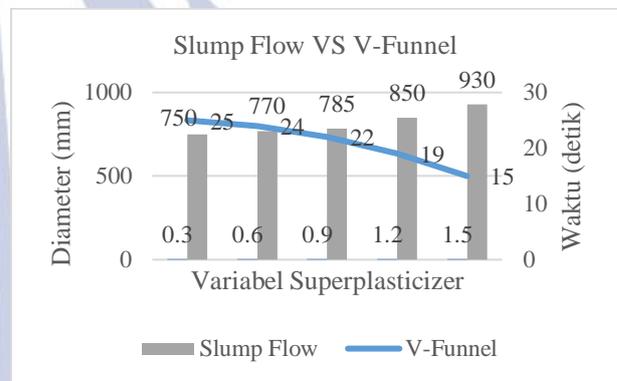
Hasil dari grafik diatas menunjukkan bahwa diameter *slump flow* semakin membesar seiring dengan semakin cepatnya waktu yang ditempuh saat T500. Hasil sifat segar *slump flow* dapat

dikategorikan ke dalam kategori kelas sesuai tabel EFNARC 2005.

Tabel 2 Kategori kelas hasil slump flow

No	Variable	Slump T-500 (s)	Slump flow (mm)	Slump flow Classes
1	SP 0,3 %	12	750	SF 2
2	SP 0,6 %	11	770	SF 2
3	SP 0,9 %	9	785	SF 2
4	SP 1,2 %	8	850	SF 2
5	SP 1,5 %	3	930	-

b. Slump-flow VS V-funnel test



Grafik 2 Slump flow VS V-funnel

Hasil dari grafik diatas menunjukkan bahwa diameter slump flow semakin membesar seiring dengan semakin cepatnya waktu yang ditempuh saat V-funnel.

Semakin besar nilai waktu pada v-funnel maka semakin baik viskositas pada beton segar tersebut. Viskositas merupakan ukuran ketahanan dari fluida. Hal ini sejalan dengan kadar penggunaan superplasticizer pada beton HVFA-SCC. Waktu v-funnel meningkat semakin cepat pada peningkatan kadar penggunaan superplasticizer yang memang fungsi utama meningkatkan kelacakan beton segar tersebut sehingga beton segar lebih cepat turun saat pengujian v-funnel.

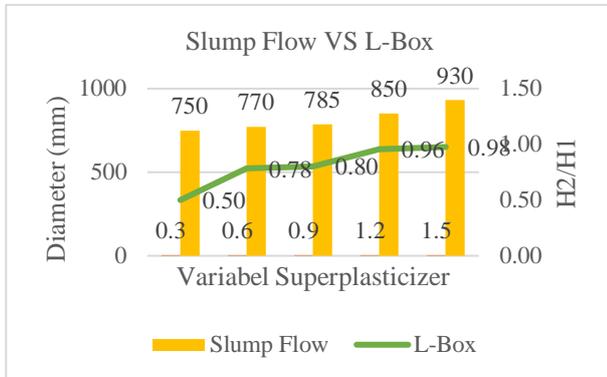
Hasil sifat segar *v-funnel* dapat dikategorikan ke dalam kategori kelas sesuai tabel EFNARC 2005.

Tabel 3 Kategori kelas hasil V-Funnel

No	Variable	V-Funnel(s)	V-Funnel Classes
1	SP 0,3 %	25	VF 2
2	SP 0,6 %	24	VF 2
3	SP 0,9 %	22	VF 2
4	SP 1,2 %	19	VF 2

No	Variable	V-Funnel(s)	V-Funnel Classes
5	SP 1,5 %	15	VF 2

c. Slump Flow VS L-box



Grafik 3 Slump Flow VS L-box

Hasil dari grafik diatas menunjukkan bahwa tingkat flow ability dari beton segar berpengaruh pada kemampuan beton segar melewati celah saat passing ability pada L-box. Semakin beton tersebut berdiameter besar maka workability beton tersebut akan semakin meningkat dan beton segar akan semakin lecah.

Hal tersebut mengakibatkan beton terhindar dari segregasi. Karena faktor segregasi dan kelecakan yang membuat beton segar tertahan saat pengujian L-box.

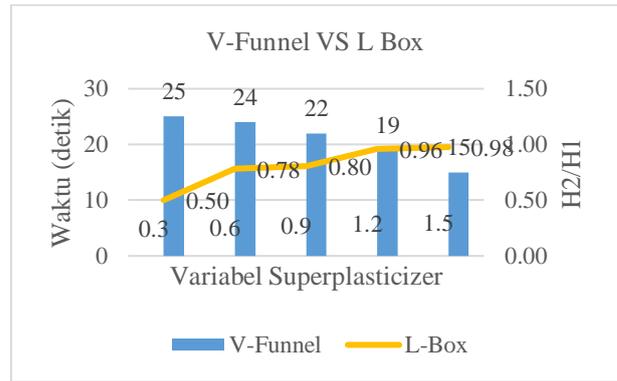
Hasil sifat segar *L-box* dapat dikategorikan ke dalam kategori kelas sesuai tabel EFNARC 2005.

Tabel 4 Kategori kelas hasil L-box

No	Variable	L-Box (H2/H1)	L-Box Classes
1	SP 0,3 %	0.50	-
2	SP 0,6 %	0.78	-
3	SP 0,9 %	0.80	PA 2
4	SP 1,2 %	0.96	PA 2
5	SP 1,5 %	0.98	PA 2

Berdasarkan Tabel hasil rekap kategori kelas ada 2 variabel superplasticizer (0,3%, dan 0,6%) yang tidak memenuhi kategori kelas passing ability pada L-box dikarenakan hasil yang tidak sesuai standar, hal ini sesuai dengan kondisi pengecoran pada saat pengujian kedua variable tersebut beton segarnya kurang mengalir dan ada yang masih tertahan atau belum melewati celah/tulangan. Faktor penggunaan superplasticizer yang sedikit juga berpengaruh.

d. V-funnel VS L-Box

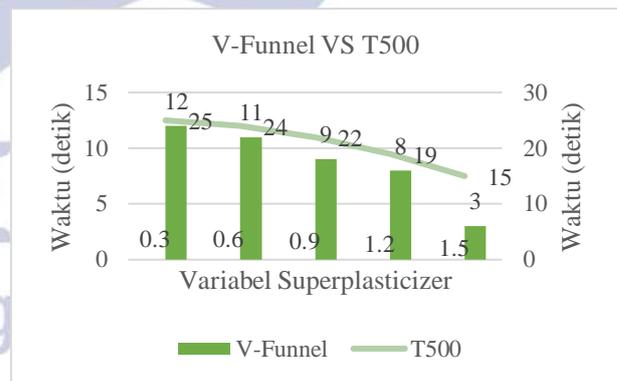


Grafik 4 V-funnel VS L-Box

Hasil dari grafik diatas menunjukkan bahwa hasil beton segar tes v-funnel berbanding terbalik dengan hasil tes segar L-box tes hal ini dikarenakan tingkat kelecakan beton segar tersebut. Semakin lecah beton segar tersebut maka semakin besar pula beton segar mencapai kesejajaran saat tes l-box dilihat dari hasil H2/H1. Kelecakan beton segar didapat dari proporsi superplasticizer.

e. V-funnel VS T500

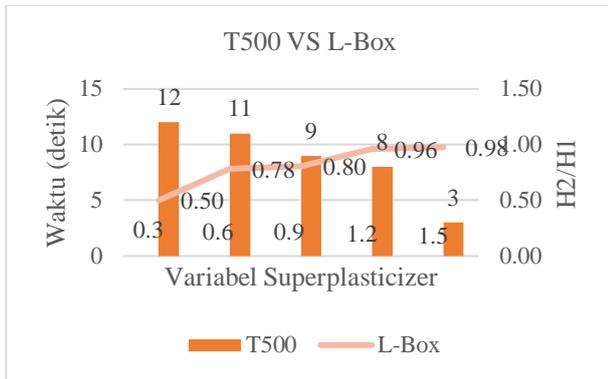
Hubungan V-funnel dan T500 dikelompokkan menjadi hubungan waktu beton segar selesai turun dari v-shape saat pengujian V-funnel dan waktu beton segar mencapai diameter 500 mm.



Grafik 5 V-funnel VS T500

Hasil dari grafik diatas menunjukkan bahwa hasil beton segar tes v-funnel sejalan dengan hasil tes segar T500 hal ini dikarenakan tingkat kelecakan beton segar tersebut. Semakin lecah maka semakin cepat pula beton mencapai diameter 500 mm atau sama halnya turun kebawah saat berada pada v-funnel.

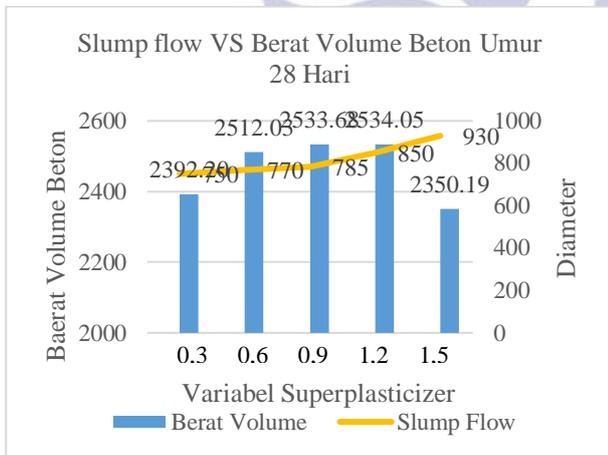
f. T500 VS L-Box



Grafik 6 T500 VS L-Box

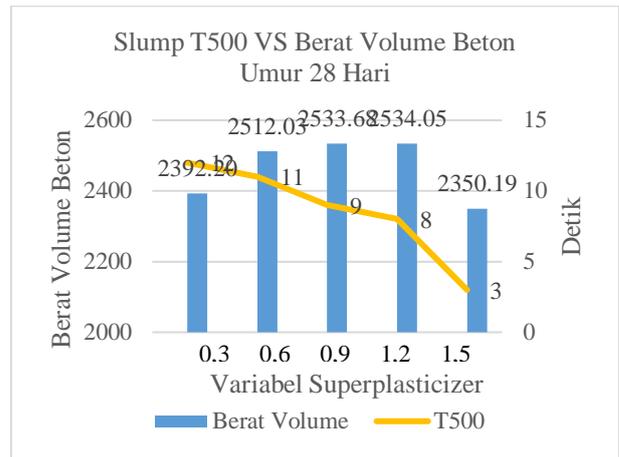
Hasil dari grafik diatas menunjukkan bahwa hasil beton segar T500 dan L-box berbanding terbalik. Faktor kelecakan beton segar berpengaruh pada kemampuan beton melewati celah dan kecepatan waktu saat mencapai diameter 500 mm. Semakin cepat beton segar saat pengujian T500 tersebut maka semakin besar pula beton segar mencapai kesejajaran saat tes l-box dilihat dari hasil H2/H1.

3. Analisis Uji Beton Segar dan Berat Volume Beton HVFA-SCC



Grafik 7 Slump flow VS Berat volume beton umur 28 hari

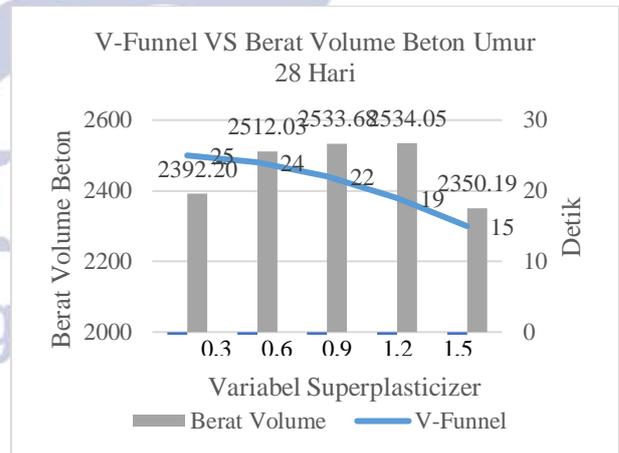
Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat variabel 1,2% superplasticizer dengan berat volume tertinggi mendapat diameter tertinggi kedua yaitu 850 mm, sedangkan variabel 1,5% superplasticizer dengan diameter yang terbesar dengan 930 mm tetapi mempunyai berat volume beton terkecil dengan 2350,19 kg/m³.



Grafik 8 Slump T500 VS Berat volume beton umur 28 hari

Variabel 1,2% *superplasticizer* dengan berat volume tertinggi mendapat waktu 8 detik, tercepat kedua setelah variabel 1,5% *superplasticizer* dengan waktu 3 detik tetapi mempunyai berat volume beton terkecil dengan 2350,19 kg/m³.

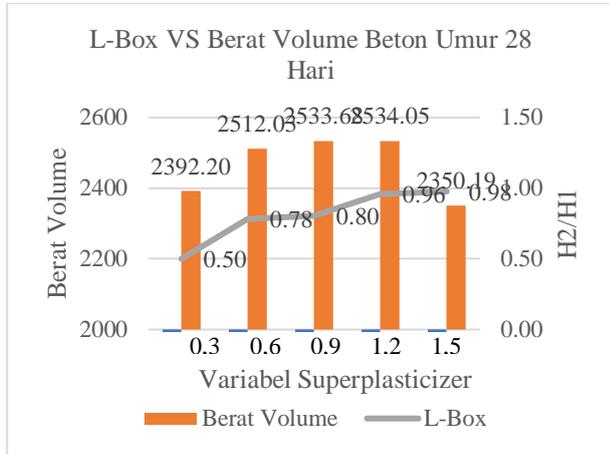
Hasil pencatatan waktu slump flow T500 berhubungan lurus dengan berat volume beton yang dihasilkan sesuai dengan peningkatan penggunaan superplasticizer dikarenakan sifat dari admixture tersebut mempertahankan sifat alir beton segar dan memudahkan workability. Semakin besar kadar penggunaan superplasticizer, meningkatkan berat volume, waktu T500 semakin cepat, dan juga peningkatan diameter slump flow.



Grafik 9 V-funnel VS Berat volume beton umur 28 hari

V-funnel test dalam hubungan dengan berat volume adalah dari hasil pencatatan waktu berhubungan lurus dengan berat volume beton. Karena adanya sifat gravitasi bumi maka semakin besar nilai berat volume, waktu v-funnel semakin cepat. Ketika beton segar dituangkan pada v-shape, waktu pendiaman tidak boleh lebih dari 60 detik, katup harus dibuka dan dilakukan pencatatan waktu.

Hasil dari grafik tersebut seharusnya variabel 1,5% *superplasticizer* memiliki nilai berat volume yang paling besar tetapi dikarenakan *bleeding* maka ada air yang terangkat keluar sehingga mengurangi berat beton sampel tetapi karena *bleeding* itu pula beton mengalir paling cepat saat pengujian v-funnel.

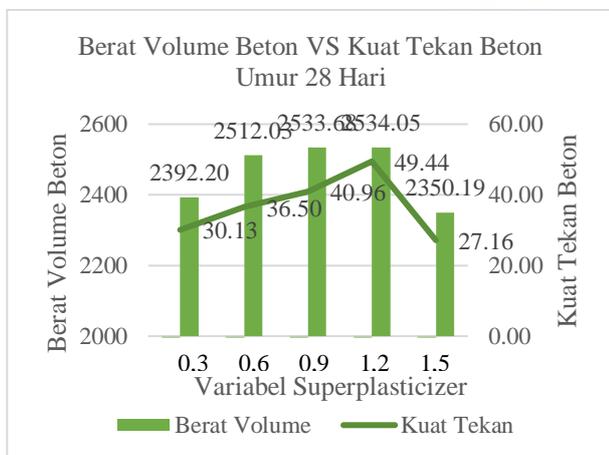


Grafik 10 L-box VS Berat volume beton umur 28 hari

L-box test berhubungan erat dengan tingkat kemampuan beton melewati celah/tulangan. Faktor penggunaan *superplasticizer* mempengaruhi kecepatan dan tingkat kelecakan kelacakan beton ketika melewati celah tersebut. Faktor segregasi dan *bleeding* juga mempengaruhi hasil L-box test.

Hasil dari grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin besar berat volume beton tersebut maka hasil H2/H1 semakin besar juga. Hal ini bisa dicapai dikarenakan adanya faktor *superplasticizer* yang mempunyai sifat menjaga kelecakan beton tanpa mengurangi mutu.

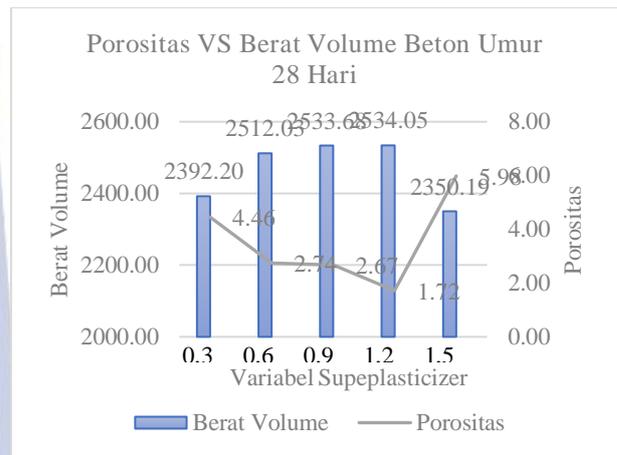
4. Analisis Berat Volume dan Kuat Tekan Beton HVFA-SCC



Grafik 11 Berat volume VS Kuat tekan beton umur 28 hari

Hubungan berat volume dan kuat tekan berbanding lurus, yaitu semakin berat beton yang diuji maka semakin besar pula kuat tekan beton yang dihasilkan. Hasil lab umur beton 28 hari menunjukkan proporsi *superplasticizer* 1,2% memiliki nilai kuat tekan dan berat volume yang tertinggi dengan nilai 2534,05 kg/m³ dan 49,44 MPa. Sedangkan hasil kuat tekan terkecil ada pada proporsi *superplasticizer* 1,5% dengan nilai kuat tekan dan berat volume 27,16 MPa dan 2350,19 kg/m³.

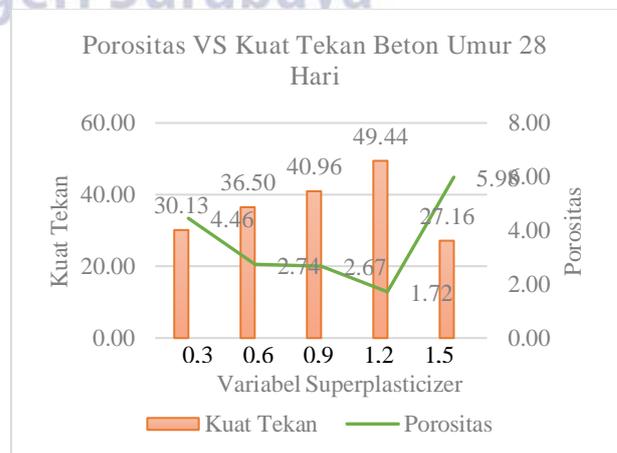
5. Analisis Porositas dan Berat Volume Beton HVFA-SCC



Grafik 12 Porositas VS Berat volume umur 28 hari

Hasil dari grafik diatas menunjukkan bahwa semakin besar berat volume beton maka semakin kecil pula porositasnya. Karena pada berat volume beton yang besar maka beton tersebut semakin padat, semakin sedikit void dan ikatan antar partikel semakin kuat. Variabel 1,2% *superplasticizer* mempunyai nilai berat volume terbesar dengan porositas terkecil dan variabel 1,5% *superplasticizer* mengalami *bleeding* sehingga mempunyai nilai porositas terbesar yaitu 5,98%.

6. Analisis Porositas dan Kuat Tekan Beton HVFA-SCC



Grafik 13 Porositas VS Kuat tekan beton umur 28 hari

Variabel 1,2% *superplasticizer* menunjukkan nilai kuat tekan tertinggi 49,44 MPa sejalan dengan hasil porositasnya 1,72%. Hal ini menandakan beton tersebut memiliki void yang kecil. Sedangkan variabel 1,5% *superplasticizer* yang mengalami *bleeding* sehingga menimbulkan banyak kantong kosong atau void di dalam beton tersebut dan mutu beton turun.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil uji dan grafik yang dihasilkan pada penelitian pengaruh variasi *superplasticizer* terhadap kuat tekan, berat volume, porositas dan sifat segar beton high volume fly ash metode self compacting concrete dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penambahan proporsi *superplasticizer* pada beton *high volume fly ash* metode *self compacting concrete* yang optimum adalah 1,2% karena memiliki nilai kuat tekan tertinggi dengan 49,44 MPa, nilai berat volume tertinggi dengan 2534,05 kg/m³, nilai porositas terkecil dengan 1,72% pada 28 hari dan sifat segar beton memenuhi standar *self compacting concrete*.
2. Hubungan proporsi *superplasticizer* pada beton high volume fly ash metode self compacting concrete dengan kuat tekan mempunyai nilai optimum pada variabel 1,2% *superplasticizer* karena mempunyai nilai kuat tekan tertinggi pada 28 hari yaitu 49,44 MPa.
3. Penambahan proporsi *superplasticizer* pada beton high volume fly ash metode self compacting concrete dapat menambah workability. Hal ini ditunjukkan dengan hasil uji beton segar yang meningkat pada uji slump flow yang diameter semakin membesar dengan hasil diameter yang terbesar yaitu 920 mm pada variabel 1,5% dan paling kecil 750 mm pada variabel 0,3%. Uji T500 waktu untuk mencapai diameter 500 mm semakin cepat dengan hasil tercepat yaitu 3 detik pada variabel 1,5% dan terlama yaitu 12 detik pada variabel 0,3%. Uji V-Funnel yang waktu selesai turun semakin cepat dengan hasil tercepat yaitu 15 detik pada variabel 1,5% dan terlama yaitu 25 detik pada variabel 0,3%. Uji L-box hasil H2/H1 semakin besar dengan nilai terbesar yaitu 0,98 pada variabel 1,5% dan nilai terkecil 0,50 pada variabel 0,3%.
4. Hubungan proporsi *superplasticizer* pada beton high volume fly ash metode self compacting concrete dengan berat volume beton mempunyai nilai optimum pada variabel 1,2% *superplasticizer* karena mempunyai nilai berat volume tertinggi yaitu 2534,05 kg/m³.

5. Hubungan proporsi *superplasticizer* pada beton high volume fly ash metode self compacting concrete dengan porositas mempunyai nilai optimum pada variabel 1,2% *superplasticizer* karena mempunyai nilai porositas terkecil yaitu 1,72%. Hasil uji porositas mengalami penurunan dari proporsi 0,3%-1,2% *superplasticizer*. Hal ini sejalan dengan hasil kuat tekan beton, dimana semakin kecil nilai porositas beton, kuat tekan beton yang dihasilkan semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aitcin, P. (2016). *The importance of The water-cement and water-binder ratios*. Science and Technology of Concrete Admixtures, Elsevier.
- As'at, P., Retno, T., & Ariska, O. (n.d.). *Beton Mutu Tinggi Dengan Admixture Superplasticizer Dan Aditif Silicafume*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- ASTM C 109. (n.d.). *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*. United States of America: Association of Standard Testing Material.
- ASTM C 618. (n.d.). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan For Use as Mineral Admixture in Portland Cement Concrete*. United States of America: Association of Standard Testing Materials.
- EFNARC. (2005). *The European Guidelines For Self-Compacting Concrete*.
- Frick, Heinz, F., & Ch. Koesmartadi. (1999). *Ilmu Bahan Bangunan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ghofur, M. (2017). *Pengaruh Hibridasi Antara Serat Baja dan PolyPropylene Pada Pembuatan Beton Mutu Normal Dengan Copper Slag Sebagai Substitusi Pasir*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Laintarawan, I., & dkk. (2009). *Struktur Beton Pratekan*. Denpasar: Universitas Hindu Indonesia.
- Martin, D. S., & Servie, O. D. (2013). *Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Mehta, P. K. (2004). High Performance, High-Volume Fly Ash Concrete For Sustainable Development. *International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology*.
- Mehta, P. K., & Malhotra, V. M. (2002). *High-Performance, High-Volume Fly Ash Concrete Supplementary Cementing Materials For Sustainable Development*. Ottawa, Canada.
- Metha, P. K. (1997). Durability-Critical Issue for The Future. *ACI Concrete International, Vol. 19*, 27-33.
- Mulyanto, T. (2015). *Analisis Sifat Mekanis Beton SCC Mutu Tinggi Dengan Pemanfaatan Teknologi High Volume Fly Ash Concrete*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Neeta, A., Subha, B., & Karthik, V. (2016). A Mix Design of Self Compacting Concrete with Copper Slag as Fine Aggregate and Silica Fume as Mineral Admixture. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 7, 91-97.
- Nugraha, P., & Antoni. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Okamura, H., & Ozawa, K. (1996). Self-Compacting High Performance Concrete. *Structural Engineering International*, 269-270.
- Okamura, H., & Ozawa, K. (2003). Self-Compacting Concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology Vol.1* , 5-15.
- Patnaikuni, I., Setunge, S., Solikin, M., Ling, X., & Boina, B. (2013). High Strength High Volume Fly Ash Concrete. *New Developments in Structural Engineering and Construction*.
- Putri, N., Kristiawan, S., & Sunarmasto. (2014). Pengaruh Rasio Semen - Fly Ash Terhadap Sifat Segar dan Kuat Tekan High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete (HVFA-SCC). *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL Vol. 2*, 2-7.
- SK-SNI 04-1989-F . (n.d.). *Spesifikasi Agregat Sebagai Bahan Bangunan A (Bahan Bangunan Bukan Logam)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-6468-2000. (n.d.). *Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi dengan Semen Portland dengan Abu Terbang*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sravana, P., S., Rao, S., Sekhar, S., & G., A. (2013). Studies on Relationship Between Water/Binder Ratio And Compressive Strength Of High Volume Fly Ash Concrete. *American Journal Of Engineering Research Vol. 2*, 115-122.
- Sutikno. (2013). *Teknologi Beton*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Tjokrodimuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri.
- Universitas Negeri Surabaya. (2014). *Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi Program Sarjana Strata Satu (S-1) Unesa*. Surabaya.