

UJI BALOK BETON BERTULANG MEMADAT SENDIRI HIGH VOLUME FLY ASH 50% TANPA DAN DENGAN SENKANG

Agus Setiya Budi¹⁾, Stefanus Adi Kristiawan²⁾, Febri Arifia³⁾

^{1),2)} Dosen Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A, Kentingan Surakarta 57126; Telp 0271-634524.

Email: arifia.febri@gmail.com

Abstract

SCC (*Self Compacting Concrete*) is one of the innovations in facilitating infrastructure work. Fly ash are the remnants of coal combustion in the form of fine particles and an inorganic material is formed from mineral material change since the combustion of the coal combustion process. Chemical properties fly ash makes fly ash is used as a cement replacement material, so the utilization of fly ash as a cement substitute material can reduce the production of cement. This research will examine the shear capacity of HVFA-SCC reinforced concrete beams with 50% fly ash content and then will be compared with normal concrete beams. The specimen used in this research is a reinforced concrete beam with cross-sectional area of 10 cm x 18.5 cm with length of 130 cm. Shear capacity test using a loading frame by performing two loading points. From this test, we will get the load-deflection relationship chart, the calculation of shear capacity of concrete beams HVFA-SCC 50. Based on shear capacity test of concrete beams, the value of HVFA-SCC with 50% fly ash content is greater than normal concrete beams tested at 28 days, which has value 31.29 kN for HVFA-SCC 50% and 30.5 kN for normal concrete.

Keywords: Fly ash, HVFA-SCC, Shear capacity.

Abstrak

SCC (*Self Compacting Concrete*) merupakan salah satu inovasi dalam mempermudah pekerjaan infrastruktur. Fly ash adalah sisa-sisa pembakaran batu bara yang berbentuk partikel halus dan merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran dari proses pembakaran batubara. Sifat kimia fly ash menjadikan fly ash digunakan sebagai bahan pengganti semen. Penelitian ini akan mengkaji seberapa besar kapasitas geser balok beton bertulang High Volume Fly Ash – Self Compacting Concrete (HVFA – SCC) dengan kadar fly ash 50 % dan kemudian akan dibandingkan dengan balok beton normal. Benda uji yang digunakan balok beton bertulang dengan luas penampang 10 cm x 18,5 cm dengan panjang 130 cm. Pengecekan kapasitas geser menggunakan alat loading frame dengan melakukan 2 titik pembebanan. Dari Pengecekan ini akan didapatkan grafik antara beban-lendutan serta perhitungan kapasitas geser balok beton HVFA-SCC 50%. Berdasarkan hasil penelitian ini kapasitas geser Pengecekan balok beton HVFA- SCC 50% memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan kapasitas geser hasil Pengecekan balok beton normal yang diuji pada umur 28 hari yakni sebesar 30,5 kN untuk HVFA-SCC 50 % dan 31,29 kN untuk beton normal.

Kata Kunci : Fly ash, HVFA-SCC, Kapasitas geser.

PENDAHULUAN

Era modernisasi yang semakin maju dan perkembangan zaman yang sangat pesat mengakibatkan pembangunan infrastruktur untuk menghasilkan teknologi dan terobosan baru yang efisien dalam biaya dan waktu pengerjaan. Salah satunya adalah pembuatan beton. Beton sendiri terdiri dari agregat dan bahan pengikat. Bahan pengikat merupakan campuran beton yang berfungsi untuk mengikat material salah satunya adalah semen. Produksi semen merupakan salah satu pemicu terjadinya pemanasan global dikarenakan produksi semen menciptakan emisi gas CO₂ yang tinggi. Tahun 2015 industri semen menghasilkan 2,8 miliar ton CO₂ dan menjadi penyumbang 8% emisi CO₂ terbesar ketiga menurut Laporan Catham House 2018.

Hal ini diperlukan inovasi untuk mengatasi emisi gas CO₂ ini adalah mereduksi penggunaan semen dengan mengganti fly ash sebagai bahan pengikat. Fly Ash merupakan sisa dari hasil pembuangan pembakaran batu bara yang keluar dari tungku pembakaran. Inovasi ini menghasilkan beton dengan kadar fly ash tinggi yang biasa disebut High Volume Fly Ash (HVFA). Fly ash pada beton ini berfungsi selain sebagai bahan pengikat juga berfungsi sebagai filler (pengisi) yang dapat mengisi celah pada beton karena partikel nya sangat halus sehingga

mencegah adanya rongga pada beton. *High Volume Fly Ash Concrete* (HVFA) merupakan beton yang memerlukan setidaknya 50 % kadar *fly ash* sebagai bahan pengganti semen dalam campuran betonnya. Penggunaan *fly ash* ini dapat meningkatkan *workability* dan *durability* pada beton (Marthinus, 2015).

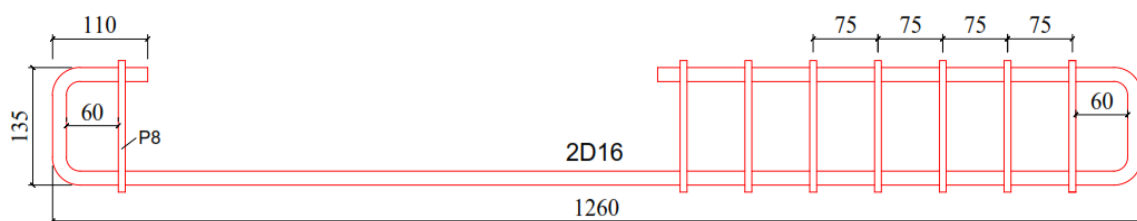
Konstruksi beton bertulang pada bangunan tinggi dan kompleks maka diperlukan pekerjaan beton yang efisien dan khusus diantaranya berkaitan dengan penuangan atau pengecoran beton pada beiksting. Kasus ini sangat diperlukan mengingat beton konvensional sangat sulit dalam proses pengecoran maupun pemadatan dikarenakan ukuran agregat yang besar. Kasus ini menimbulkan inovasi baru yaitu sifat *self compactibility* beton segar dengan menambahkan zat kimia yaitu *superplasticizer* yang berfungsi untuk meningkatkan kemudahan pekerjaan beton segar (*workability*) saat proses pengecoran dan pemadatan sehingga mempermudah dalam menyebarkan beton tanpa adanya penggumpalan. Teknologi ini disebut Beton Memadat Sendiri (SCC). Beton SCC memiliki sifat yang dapat mengalir sendiri mengisi runag tanpa adanya pemadatan oleh bantuan *vibrator* atau bahkan tidak diperlukan sama sekali dalam penggunaan *vibrator*.

Karakteristik beton yaitu memiliki kuat tekan yang baik sedangkan memiliki kuat Tarik yang cenderung lemah. Dalam penerapannya maka beton diberi tulangan baja untuk mengatasi kelemahan pada kuat tarik beton dikarenakan karakteristik baja memiliki kuat Tarik yang tinggi. Penelitian ini mengkaji besarnya kapasitas geser pada balok beton bertulang beton *High Volume Fly Ash – Self Compacting Concrete* (HVFA – SCC) dengan kadar *fly ash* 50 % dan balok beton konvensional pada umur 28 hari.

METODE

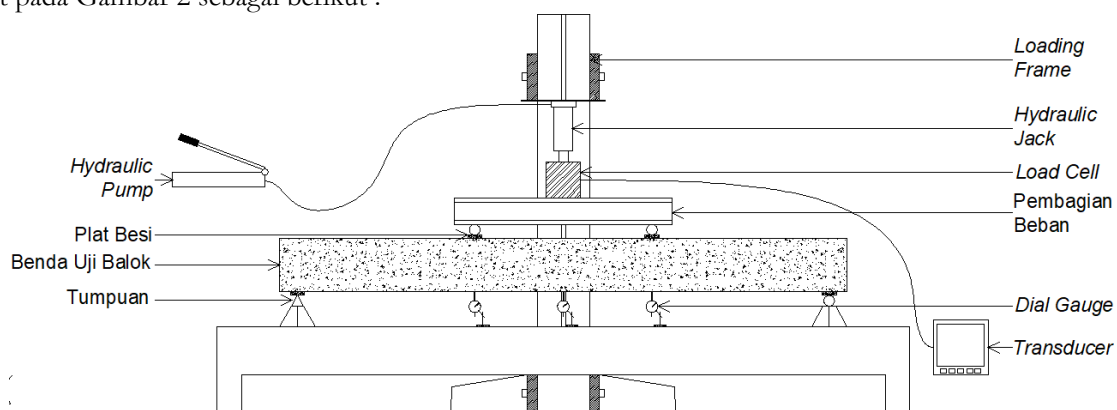
Metode penelitian yang diperlukan adalah metode eksperimental yaitu penelitian yang dilakukan berdasarkan percobaan benda uji agar didapatkan data atau hasil yang diselidiki dalam kondisi terpengecekan. Penelitian diharuskan dilakukan secara sistematis agar hasil yang didapat benar dan dapat dipertanggungjawabkan.

Pada penelitian ini benda uji yang digunakan adalah balok beton bertulang dengan luas penampang 10 cm x 18,5 cm x 130 cm yang terdiri dari balok beton normal dan balok beton tipe HVFA-SCC dengan kadar *fly ash* 50% umur 28 hari. Model benda uji dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Model benda uji balok geser

Pengecekan dilakukan dengan memberikan beban pada 2 titik pembebanan. *Setting up* alat Pengecekan dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. *Setting up* alat pengecekan balok (Standar ASTM Vol. 04.02)

***Self Compacting Concrete* (SCC)**

Beton memadat sendiri dikembangkan pertama kali di Jepang sekitar tahun 1980-an untuk mencapai struktur beton yang memiliki daya tahan tinggi. Pada saat itu Jepang telah diketahui permasalahan durabilitas beton. Beton yang baik dan memiliki umur yang lama diperlukan pengecekan kualitas yang teliti dengan penuangan yang dikerjakan oleh tenaga ahli. Sejak itu, berbagai penelitian telah dilakukan untuk mencapai desain campuran yang rasional untuk beton standar, yang sebanding dengan beton konvensional. Beton Memadat Sendiri didefinisikan sebagai beton yang tidak membutuhkan tambahan getaran baik di dalam atau di luar untuk proses pemadatan. SCC dapat memadatkan dirinya sendiri karena berat sendiri dan mengalami deaerasi hampir sepenuhnya saat mengalir dalam bekisting.

Pada struktur yang memerlukan perkuatan dengan presentase yang tinggi, campuran beton juga dapat mengisi semua ruang dan celah sepenuhnya. SCC mengalir seperti "madu" dan memiliki permukaan yang merata secara horizontal setelah penuangan (Dehn, 2000).

Pada tahun 1988 didapatkan spesifikasi beton kinerja tinggi memiliki syarat sebagai berikut (1) sifat beton segar yang dapat memadat sendiri (2) umur awal ditimbulkan oleh faktor eksternal sehingga beton ini dinamakan Beton Memadat Sendiri (SCC) (Antoni dan Nugraha, P. 2007)

Secara umum, Beton Memadat Sendiri (SCC) merupakan betuk variasi beton dengan tingkat derajat dalam pengerjaan (*workability*) tinggi dan juga kekuatan awal yang tinggi sehingga dalam campu-rannya membutuhkan faktor air semen yang kecil atau rendah disbanding beton konvensional

High Volume Fly Ash Concrete (HVFAC)

High Volume Fly Ash Concrete (HVFAC) merupakan beton yang memiliki 50% jumlah *fly ash* sebagai bahan pengikat yang menggantikan semen (Solikin dan Setiawan, 2014). *High Volume Fly Ash Concrete* memiliki hasil kuat tekan yang kecil pada awal umur beton namun kekuatan tersebut akan terjadi peningkatan yang cukup signifikan ketika beton berumur 28 hari dan 56 hari (Herbudiman dan Akbar, 2015). Kelebihan beton tersebut adalah ramah lingkungan, ekonomis, memiliki setting time yang lama, *workability* dan *durability* yang tinggi, serta dapat meningkatkan nilai kekuatan dari beton (Stefanus dan Howard, 2010).

High Volume Fly Ash – Self Compacting Concrete (HVFA-SCC)

Beton *High Volume Fly Ash – Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) merupakan sebuah kombinasi teknologi beton memadat sendiri dengan memerlukan kadar *fly ash* yang tinggi. Beton HVFA memiliki syarat minimal beton dengan mengganti semen dengan *fly ash* minimal 50% dari total bahan pengikat yaitu semen. Penggunaan *fly ash* pada SCC dapat menambah kelecakan beton. Butiran *fly ash* akan mengisi rongga-rongga sehingga hasil pemadatan pun akan maksimal. Selain berfungsi sebagai *filler*, *fly ash* dapat berperan menambah kemampuan beton dalam mengalir pada cetakan walaupun dengan faktor air semen yang kecil (Karina, 2018)

Kapasitas Geser Balok

Kuat geser dalam balok beton selalu diikuti oleh desak dan tarik oleh lendutan. Pengaruh - pengaruh geser yang ditimbulkan merupakan akibat dari torsi dan kombinasi torsi dengan lentur (Wang dan Salmon, 1983). Terdapat tiga mekanisme yang menahan gaya geser pada beton bertulang tanpa tulangan sengkang, yaitu: *shear resistance in compression zone of uncracked concrete*, *interlock action of aggregates*, dan *dowel action*.

Pada sampel uji penelitian ini hanya menggunakan tulangan utama tanpa adanya tulangan sengkang, hal ini bertujuan untuk memastikan pada saat Pengecekan balok akan mengalami gagal geser. Untuk itu kekuatan geser nominal (V_n) hanya dari kontribusi kekuatan geser beton (V_c).

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$V_n = V_s + V_c \dots\dots\dots [1]$$

Karena $V_s = 0$ maka,

$$V_n = V_c \dots\dots\dots [2]$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengecekan Bahan

Pengecekan material agregat halus meliputi Pengecekan kadar lumpur, kandungan zat organik, *specific gravity*. Ada-

pun hasil Pengecekan agregat halus disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengecekan agregat halus

Jenis Pengecekan	Hasil Pengecekan	Pen-	Standar	Keterangan
Kandungan Zat Organik	Kuning Muda		Kuning Muda	Memenuhi syarat
Kandungan Lumpur	0,5 %		Maksimal 5%	Memenuhi syarat
<i>Bulk Specific SSD</i>	2,475 gr/cm ³		2,5 – 2,7 gr/cm ³	Memenuhi syarat

Pengecekan material agregat kasar meliputi Pengecekan berat jenis (*specific gravity*), dan keausan agregat (*abras*). Adapun hasil Pengecekan agregat kasar disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengecekan agregat kasar

Jenis Pengecekan	Hasil Pengecekan	Pen-	Standar	Keterangan
<i>Bulk Specific SSD</i>	2,717 gr/cm ³		2,5 – 2,7 gr/cm ³	Memenuhi syarat
Keausan Agregat	26,92 %		< 50 %	Memenuhi syarat

Nilai kuat tarik pada baja didapatkan dari pengecekan laboratorium yang dilaksanakan di Lab Material Program Studi Teknik Mesin UNS dengan memerlukan alat uji UTM (Universal Testing Machine) dengan standar ASTM yang telah dikalibrasi. Baja yang akan diuji merupakan potongan tulangan baja polos dengan diameter tulangan Ø16 sebagai tulangan utama dan diameter 8mm yang akan diperlukan sebagai tulangan pada balok beton bertulang. Berikut merupakan hasil pengecekan kuat tarik baja disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengecekan kuat tarik baja ø16 mm

Benda Uji	D (mm)	As (mm ²)	P _{leleh} (kN)	P _{maks} (kN)	F _y (MPa)	F _u (MPa)
A	16	158,37	72	98,24	455	620
B	8	49,02	21,34	28,19	435	575

Hasil Pengecekan Beton Segar

Hasil pengecekan beton segar HVFA-SCC 50% adalah pengecekan *Slump Flow Test*, *L-Box Test*, dan *V-funnel Test*, pada beton konvensional hanya dilakukan pengecekan slump. Hasil uji beton segar ter-sebut dapat dilihat dalam Tabel 4 hingga Tabel 6.

Tabel 4. Hasil pengecekan *flow table test* HVFA-SCC 50%

Kode	<i>Flow Table Test</i>				Syarat menurut EFNARC		Keterangan
	d1 (mm)	Diameter d2 (mm)	drata-rata (mm)	Waktu t50 (dt)	T50 (s)	drata-rata (mm)	
HVFA 50%	650	650	650		2 – 5	650-800	Memenuhi

Tabel 5. Hasil pengecekan *L-Box* HVFA-SCC 50%

Kode	<i>L-Box Type</i>			Syarat (h2/h1)	Keterangan
	h1 (mm)	h2 (mm)	h2/h1		
HVFA 50%	90	90	1	0,8 – 1,0	Memenuhi

Tabel 6. Hasil pengecekan *V-Funnel* HVFA-SCC 50%

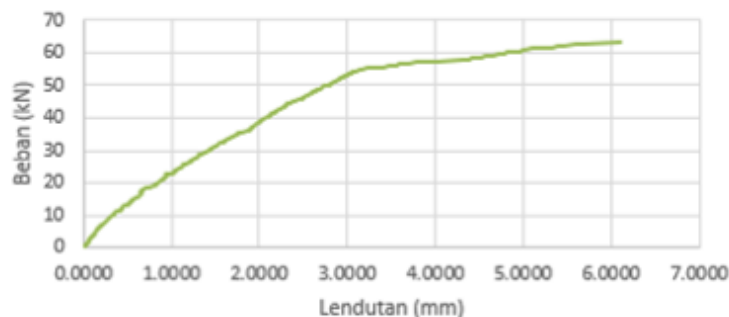
Kode	T (dt)	Syarat (dt)	Keterangan
HVFA 50%	6	6-12	Memenuhi

Hasil Pengecekan beton segar HVFA-SCC 50% seluruhnya sudah memenuhi syarat beton *self compacting concrete* berdasarkan EFNARC *Specification and Guidelines for Self – Compacting Concrete*.

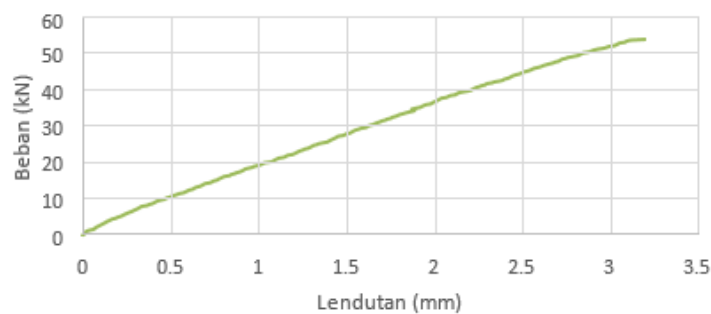
Pengecekan slump pada beton normal diperoleh nilai 8 cm. Menurut SNI 7656-2012, syarat nilai slump beton normal minimum adalah 2,5 cm dan maksimal 10 cm. Maka, dapat disimpulkan bahwa hasil Pengecekan memenuhi syarat.

Hasil Pengecekan Kapasitas Geser Balok

Pada Pengecekan balok beton bertulang HVFA-SCC 50% dan balok beton normal didapatkan keruntuhan balok dikarenakan gagal geser, yaitu kapasitas geser balok lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas lenturnya. Pembacaan lendutan dilakukan setiap interval pembebanan 0,25 kN. Antara beban dan lendutan rata-rata hasil Pengecekan kapasitas geser balok beton bertulang normal dan balok beton bertulang HVFA-SCC 50% dapat dilihat pada gambar 3 dan 4 dibawah ini



Gambar 3. Grafik antara beban-lendutan balok beton bertulang HVFA-SCC 50%



Gambar 4. Grafik antara beban-lendutan balok beton bertulang beton normal

Berdasarkan grafik antara beban-lendutan balok beton bertulang HVFA-SCC 50% dan balok beton normal

menunjukkan bahwa besar lendutan yang terjadi akan bertambah seiring dengan kenaikan pada pembebanan yang dilakukan. Pada awal pembebanan antara beban dan lendutan menunjukkan antara yang linear, yaitu kenaikan lendutan selalu proposional untuk tiap kenaikan beban.

Namun, yang membedakan antara beban dan lendutan antara balok HVFA-SCC 50% dan balok beton normal yaitu pada grafik balok beton normal kenaikan lendutan terhadap pembebanan menunjukkan antara yang linier dari awal hingga akhir saat balok mengalami runtuh. Sedangkan pada balok HVFA-SCC 50% grafik antara beban dan lendutan menunjukkan antara linear saat awal hingga pada beban tertentu kenaikan lendutan berubah dan tidak proposional dengan kenaikan pembebanan seperti di awal.

Perubahan kenaikan lendutan ini diakibatkan pada balok HVFA-SCC 50% sesaat sebelum runtuh akan muncul bukaan retak yang cukup besar sehingga berakibat pada kenaikan lendutan yang cukup besar namun beban cenderung tidak mengalami penambahan. Hal ini berbeda dengan balok normal yang tidak mengalami bukaan retak yang besar sehingga tidak terlalu terlihat tanda-tanda sesaat balok akan runtuh.

Dari data grafik didapatkan nilai lendutan dan beban pada masing-masing balok HVFA-SCC dan balok beton konvensional. Balok HVFA-SCC memiliki lendutan maksimum 6,29 mm pada beban 63,75 kN dan untuk beton konvensional memiliki nilai lendutan maksimum 3,22 mm pada beban 54 kN

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

Balok HVFA-SCC memiliki lendutan maksimum 6,29 mm pada beban 63,75 kN dan untuk beton konvensional memiliki nilai lendutan maksimum 3,22 mm pada beban 54 kN.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada kepada Bapak Agus Setiya Budi, S.T., M.T. dan Bapak Prof. Stefanus Adi Kristiawan, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberi materi dan pemahaman sehingga menyempurnakan penyusunan. Rasa terima kasih penulis sampaikan kepada tim Beton Cap Orang Tua selaku tim kerja bekerja keras dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Anonim, 2002, "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use", The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems (EFNARC).
- Anonim, 2005, "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use", The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems (EFNARC).
- Anonim, 2019, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19): An ACI Standard: Commentary on Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318R-19) In American Concrete Institute."
- Henry Apriyatno, 2010, "Kapasitas geser Balok Beton Bertulang Dengan Polypropylene Fiber Sebesar 4% Dari Volume Beton", *Jurnal Teknik Sipil Perencanaan*. Vol. 12 No. 2 (2010).
- Amalia, Karina Puspita, 2018, "Pengaruh Kadar Fly Ash Terhadap Karakteristik Material Pada High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete (HVFA-SCC)", Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Okamura, H. and Ouchi, M., 2003, "Self Compacting Concrete", *Journal of Advanced Concrete Technology*, Vol 1.
- Okamura, H. and Ozawa, K, 1995, "Mix-design for self-compacting concrete", *Concrete Library of JSCE*. Vol. 25, pp. 107-120.
- Laksmi Irianti, 2010, "Kapasitas Ultimit dan Kapasitas Geser balok Beton Bertulang Mutu Tinggi Beragregat Batu Putih", *Jurnal Rekayasa*. Vol. 14 No. 1, April 2010
- Putut Sugianto, 2018, "Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang *High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) Umur 28 Hari", Skripsi, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.