

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

Agus Setiya Budi¹⁾, Stefanus Adi Kristiawan²⁾, Agelia Gita Sri Kartika³⁾

^{1),2)} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta
³⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jl. Ir. Sutami 36A, Kentingan Surakarta 57126; Telp 0271-634524.
Email: ageliagitask@gmail.com

Abstract

In the development of the self-compacting concrete industry the use of fly ash on a large scale in the mixture of concrete-forming materials as a substitute for cement has several beneficial effects. Fly ash has a finer particle compared to cement that can fill the voids between each particles of the concrete mixture. In addition, fly ash contains Silica Oxide (SiO_2) which can react to $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Calcium Hydroxide) from the hydration production of the cement reaction with water, and produces C-S-H compounds which can build concrete strength. This encourages research on the impact of partial substitution of cement by fly ash on the shear capacity of reinforced concrete beams. This research was implemented with an experimental method using 3 reinforced High Volume Fly Ash – Self Compacting Concrete beams with a 50% substitution of cement by fly ash and 3 normal reinforced concrete beams, each of these beams has a cross-sectional dimension of 18.5 cm x 15 cm, and has a length of 130 cm. Shear capacity testing is carried out by placing a load on the specimen until it reaches flexure-shear failure. The test results are then examined again to analyze the effect of loads on deflection. Based on the research, the result is that the reinforced concrete beam of HVFA-SCC has a greater deflection at each increase in loading.

Keywords: fly ash, HVFA-SCC, shear capacity

Abstrak

Dalam pengembangan industri beton memadat sendiri (*Self Compacting Concrete*), pemanfaatan fly ash dalam skala besar pada campuran material pembentuk beton sebagai bahan pengganti semen memiliki beberapa dampak yang menguntungkan. Butiran fly ash yang lebih halus dibandingkan dengan semen dapat mengisi rongga-rongga di antara butiran campuran beton. Selain itu, fly ash memiliki kandungan Oksida Silika (SiO_2) yang dapat bereaksi dengan kandungan Kalsium Hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari produksi hidrasi reaksi semen dengan air, dan menghasilkan senyawa C-S-H yang dapat membangun kekuatan beton. Hal ini mendorong penelitian mengenai pengaruh substitusi parsial semen dengan fly ash terhadap kapasitas geser balok beton bertulang. Penelitian ini dilaksanakan dengan metode eksperimental menggunakan 3 balok beton HVFA-SCC dengan kadar substitusi fly ash terhadap semen sebesar 50% dan 3 balok beton bertulang normal yang masing-masing memiliki dimensi penampang sebesar 18,5 cm x 15 cm, dan memiliki panjang 130 cm. Pengujian kapasitas geser dilaksanakan dengan memberi beban terhadap benda uji hingga mencapai keruntuhan geser. Hasil pengujian tersebut kemudian diteliti kembali untuk dianalisis mengenai pengaruh beban terhadap lendutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa balok HVFA-SCC mengalami defleksi yang lebih besar pada setiap kenaikan pembebanan.

Kata Kunci : fly ash, HVFA-SCC, kapasitas geser

PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan di Indonesia mendorong inovasi di berbagai bidang, salah satu di antaranya yaitu dalam bidang teknologi beton. Salah satu inovasi yang dikembangkan yaitu Beton Memadat Sendiri (SCC). Beton Memadat Sendiri (SCC) merupakan beton yang dapat mengalir sendiri tanpa perlu adanya proses penggetaran. Jenis beton ini mampu mengisi seluruh bagian bekisting dan mencapai pemadatan penuh, bahkan dalam konstruksi bangunan-bangunan kompleks yang memiliki bentuk bekisting yang rumit, serta ketinggian pengecoran dan kerapatan tulangan yang tinggi sehingga apabila jenis beton yang digunakan adalah beton normal (beton konvensional), kemungkinan terjadinya rongga pada struktur beton itu sendiri akan lebih tinggi dibandingkan apabila pengecoran dilaksanakan menggunakan jenis beton SCC, hal ini dikarenakan pemadatan manual yang kurang sempurna atau bahkan tidak memungkinkan untuk dilaksanakan.

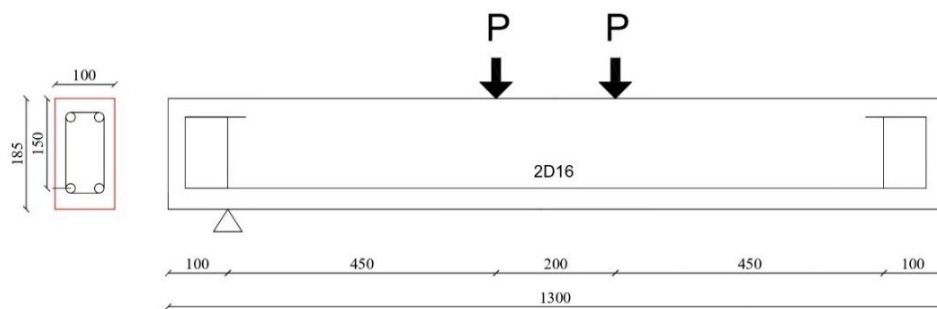
Dalam pembuatan beton SCC, penambahan penggunaan *powder* diperlukan untuk mendapatkan kriteria *workability* yang telah ditentukan. Peningkatan penggunaan *powder* dalam pembuatan beton SCC secara langsung meningkatkan emisi CO_2 yang dihasilkan dari proses produksi semen. Menurut (Mahasenan et al., 2003), setiap 1.000 kg produksi semen mengeluarkan hampir 900 kg CO_2 , dan juga menciptakan hingga 8% dari emisi buatan manusia di seluruh dunia dari gas ini, yang 50% berasal dari proses kimia dan 40% dari pembakaran bahan bakar (Lehne & Preston, 2018). Dengan alasan tersebut, untuk mengurangi pencemaran emisi CO_2 dan untuk menekan biaya, penggunaan semen dalam campuran *powder* pada pembuatan beton sebagian disubstitusi dengan menggunakan abu terbang (*fly ash*).

Dalam inovasinya, beton *self-compacting concrete* ini dikembangkan bersamaan dengan penggunaan *fly ash* dalam skala besar sebagai campuran dalam *powder* untuk memenuhi kinerja *workability* dari SCC, meningkatkan daya tahan (*durability*) dan menciptakan beton yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan beton konvensional. Inovasi SCC dengan penggunaan *fly ash* lebih dari 50% dari total material *cementitious* dikenal dengan istilah *High Volume Fly Ash* (HVFA). *Fly ash* mampu meningkatkan nilai *slump* dari beton campuran, sementara penambahan dosis *superplasticizer* diperlukan untuk mendapatkan nilai *slump* serupa yang dibuat hanya dengan semen *portland*. Selain itu, penggunaan *fly ash* dapat mengurangi retak beton karena panasnya hidrasi semen.

Sama seperti beton normal pada umumnya, beton HVFA-SCC ini dapat mengalami kerusakan pada masa layan, salah satunya yaitu keruntuhan akibat gagal geser-lentur. Oleh karena itu, penelitian ini akan membahas besarnya kapasitas geser-lentur balok beton (HVFA – SCC) 50 %.

METODE

Penelitian ini bersifat eksperimental dan menggunakan 3 benda uji balok HVFA-SCC dengan substitusi *fly ash* terhadap semen sebesar 50% dan 3 balok beton bertulang normal yang masing-masing memiliki dimensi penampang sebesar 18,5 cm x 15 cm, dan memiliki panjang 130 cm umur 28 hari. Detail benda uji disajikan pada Gambar 1 berikut:

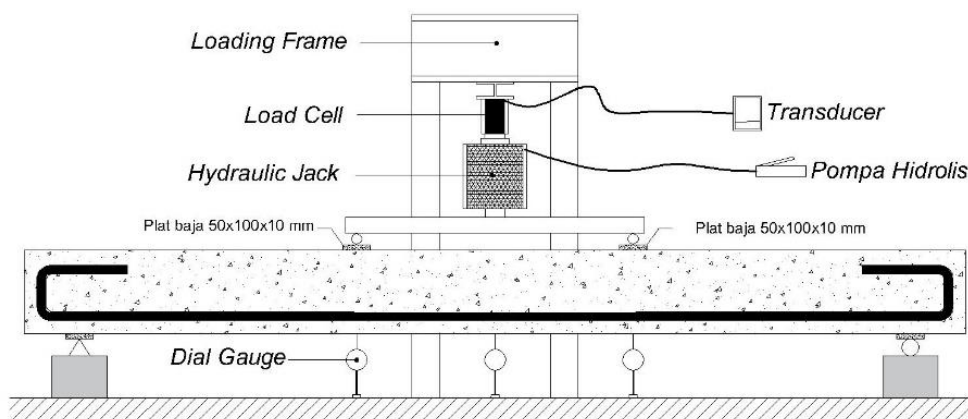


Gambar 1.

benda uji balok geser

Model

Beton dalam penelitian ini diuji melalui dua pengujian, yaitu pengujian beton segar dan kapasitas geser. Pengujian beton segar dilaksanakan untuk memeriksa *workability* dari campuran beton, untuk beton SCC menggunakan standar dari EFNARC 2005 dan untuk beton normal menggunakan standar dari SNI 7656-2012. Pengujian kapasitas geser dilaksanakan dengan memberi beban terhadap benda uji hingga mencapai keruntuhan geser. Penelitian diharuskan dilakukan secara sistematis agar hasil penelitian valid dan dapat dipertanggungjawabkan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban pada 2 titik pembebanan. Pemasangan alat pengujian ditunjukkan pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Pemasangan alat pengujian balok (Standar ASTM Vol. 04.02)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Bahan

Hasil uji material pasir ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji pasir

Jenis Uji	Hasil	Standar	Keterangan
Kadar Zat Organik	Kuning Muda	Kuning Muda	Memenuhi
Kadar Lumpur	0,5 %	Maksimal 5%	Memenuhi
<i>Specific Gravity</i>	2,475 gr/cm ³	2,5 – 2,7 gr/cm ³	Memenuhi

Hasil pengujian material kerikil ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji kerikil

Jenis Uji	Hasil	Standar	Keterangan
<i>Specific Gravity</i>	2,718 gr/cm ³	2,5 – 2,7 gr/cm ³	Memenuhi
Keausan Agregat	26,90 %	< 50 %	Memenuhi

Pengujian kuat tarik baja dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret menggunakan *Universal Testing Machine*. Baja yang digunakan adalah baja ulir berdiameter Ø16 mm dengan panjang 30 cm yang dibubut sepanjang Lo 6,5 cm dan diameter setelah dibubut 14 mm. Hasil uji ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kuat Tarik Baja Ø16 mm

D (mm)	A _s (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	F _y (MPa)	F _u (MPa)
16	158,37	72	98,24	455	620

Hasil Uji Beton Segar

Hasil uji beton segar HVFA-SCC *fly ash* 50% dan beton normal ditunjukkan pada Tabel 4 hingga Tabel 6.

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

Kode	<i>Flow Table Test</i>			Syarat menurut EFNARC		Keterangan
	Diameter d ₁ (mm)	Diameter d ₂ (mm)	d _{rata-rata} (mm)	Waktu t ₅₀ (dt)	T ₅₀ (s)	
HVFA 50%	640	630	645	3	2 – 5	550-800 Memenuhi

Table 5. Hasil uji *L-box* HVFA-SCC 50%

Kode	<i>L-Box Type</i>			Syarat (h ₂ /h ₁)	Keterangan
	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	h ₂ /h ₁		
HVFA 50%	90	90	1	0,8 – 1,0	Memenuhi

Tabel 6. Hasil uji *V-funnel* HVFA-SCC 50%

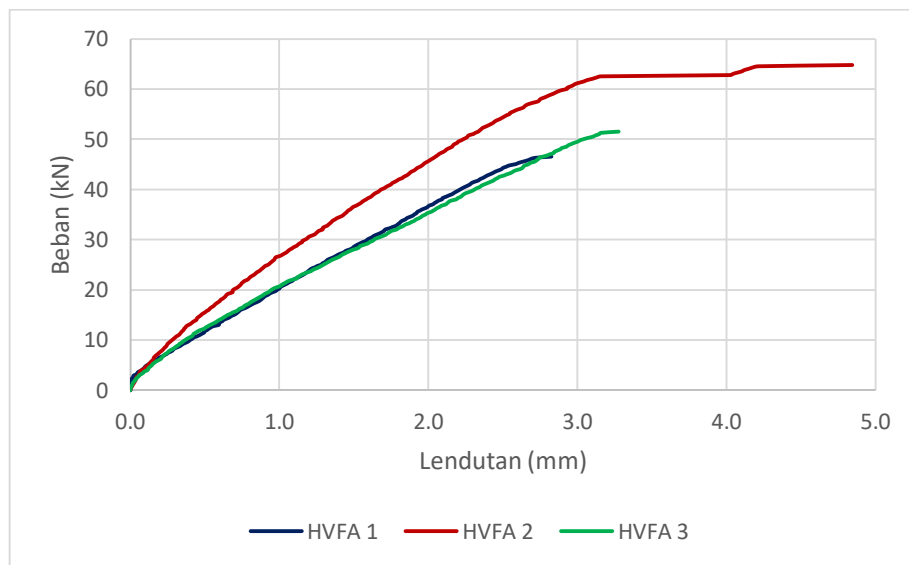
Kode	T (dt)	Syarat (dt)	Keterangan
HVFA 50%	6	6-12	Memenuhi

Dari hasil pengujian beton segar HVFA-SCC 50% tersebut, dapat disimpulkan bahwa beton segar sudah memenuhi syarat beton SCC berdasarkan (EFNARC, 2005).

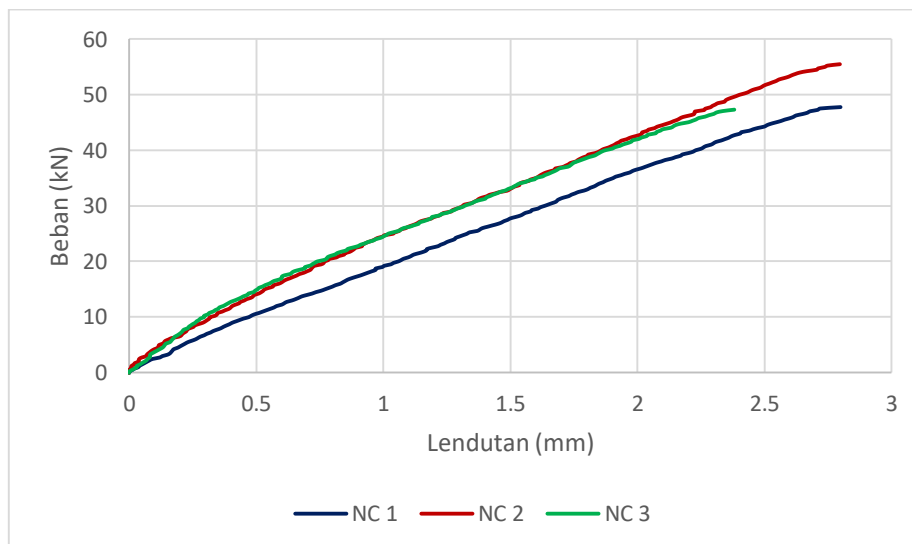
Pengujian slump pada beton normal diperoleh nilai 8 cm. Menurut SNI 7656-2012, syarat nilai slump beton normal minimum adalah 2,5 cm dan maksimal 10 cm. Maka, dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian memenuhi syarat.

Respon Lendutan Balok terhadap Beban

Pada pengujian balok HVFA-SCC 50% dan balok normal didapatkan keruntuhan balok dikarenakan gagal geser, yaitu kapasitas geser balok lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas lenturnya. Nilai lendutan pada tengah bentang balok beton bertulang didapatkan dari pembacaan *dial gauge* pada setiap interval pembebanan 0,25 kN. Pembacaan dial gauge kemudian diolah ke dalam grafik hubungan antara beban dan lendutan balok beton bertulang HVFA-SCC 50% dan beton normal yang ditampilkan pada gambar 3 dan 4 di bawah ini.



Gambar 3. Grafik Lendutan-Beban Balok Beton Bertulang HVFA-SCC 50%



Gambar 4. Grafik Lendutan-Beban Balok Beton Bertulang Normal

Balok beton bertulang HVFA-SCC 50% memiliki nilai lendutan maksimum sebesar 4,845 mm pada beban 64,75 kN dan beton normal memiliki nilai lendutan maksimum sebesar 2,798 mm pada beban 55,50 kN. Grafik menunjukkan hubungan lendutan terhadap penambahan beban dari balok beton bertulang HVFA-SCC 50% dan beton normal cenderung tidak berbeda jauh dimana nilai lendutan yang terjadi akan bertambah mendekati proporsional dengan kenaikan pada setiap pembebanan yang dilakukan hingga balok mengalami keruntuhan geser.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu :

1. Dari hasil pengujian didapatkan nilai lendutan maksimum pada balok beton bertulang HVFA-SCC 50% sebesar 4,845 mm pada beban 64,75 kN dan beton normal memiliki nilai lendutan maksimum sebesar 2,798 mm pada beban 55,50 kN.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Agus Setiya Budi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Prof. Stefanus Adi Kristiawan, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing 2 yang telah memberikan masukan yang membangun dan membimbing saya selama penelitian ini berlangsung, serta kepada tim beton tjad orangtua selaku tim yang telah bekerja keras bersama dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Bouzoubaâ, N., & Lachemi, M., 2001, "Self-compacting concrete incorporating high volumes of class F fly ash: Preliminary results", *Cement and Concrete Research*. Vol 31 No. 3, pp. 413–420.
- ERNARC, 2005, "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete : Specification and Guidelines for Self – Compacting Concrete", European Project Group.
- Herbudiman, B., Akbar, T., 2015, "Kajian Korelasi Rasio-Air-Powder dan Kadar Abu Terbang terhadap Kinerja Beton HVFA", *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 9, 715–721.
- Lehne, J., Preston, F., 2018, " Making Concrete Change; Innovation in Low-carbon Cement and Concrete", *Chatham House Report*, pp. 1–122.
- MacGregor, J. G., Wight, J. K., Teng, S., & Irawan, P., 1997, "Reinforced concrete: mechanics and design", *Practice Hall Upper Saddle River*, Vol. 3. New Jersey, USA.
- Mahasen, N., Smith, S., & Humphreys, K., 2003, " The Cement Industry and Global Climate Change: Current and Potential Future Cement Industry CO₂ Emissions", *Proceedings of the 6th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Kyoto, Japan*, 1 – 4 October 2002, pp. 995–1000.
- Selvan, S. S. (n.d.), 2015, "Performance of High Volume Fly Ash Concrete", *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*. Vol. 1 No 11 April, pp. 247-250.