

Uji Balok Beton Bertulang Memadat Sendiri High Volume Fly Ash 60% Beda Sengkang

¹⁾Agus Setiya Budi, ²⁾Halwan Alfisa Saifullah, ³⁾Yulia Yolanda,

^{1),2)}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta

³⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta,

Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126

Email : yuliyolanda71@gmail.com

Abstract

This research will examine the shear capacity of HVFA – SCC reinforced concrete beams with 60% fly ash content and then will be compared with normal concrete beams tested at the age of 28 days. Fly ash in this study is used as a substitute for cement because it has high silica (SiO₂) content. The specimen used in this research is a reinforced concrete beam with cross-sectional area of 10 cm × 18,5 cm with length of 130 cm. Testing of flexural shear capacity uses a loading frame with 2 points of loading with a distance between loads of 20 cm. From this test, we will get the load-deflection relationship chart, the calculation of shear capacity of concrete beams HVFA-SCC 60%. Based on shear capacity test of concrete beams, the value of HVFA-SCC with 60% fly ash content is smaller value than the shear capacity of the normal concrete beams tested at 28 days, which has value 44.71 kN for HVFA-SCC 60% and 48.63 kN for normal concrete.

Keywords : fly ash, hvfa-scc, shear capacity.

Abstrak

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis kapasitas geser lentur pada balok beton bertulang *High Volume Fly Ash – Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) yang akan dibandingkan dengan balok beton bertulang beton normal yang diuji pada umur 28 hari. *Fly ash* pada penelitian ini digunakan sebagai pengganti semen karena memiliki kandungan silika (SiO₂) yang tinggi. Benda uji yang digunakan adalah balok beton bertulang dengan luas penampang 10 cm x 18,5 cm dengan panjang 130 cm. Pengujian kapasitas geser lentur menggunakan *loading frame* dengan 2 titik pembebanan dengan jarak antar beban sebesar 20 cm. Dari pengujian ini didapatkan grafik hubungan beban-lendutan serta perhitungan kapasitas geser balok beton HVFA-SCC 60%. Berdasarkan hasil penelitian ini kapasitas geser pada pengujian balok beton bertulang HVFA-SCC 60% memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas geser hasil pengujian beton normal yang diuji pada umur 28 hari yakni sebesar 44,71 kN untuk HVFA-SCC 60% dan 48,63 kN untuk beton normal.

Kata Kunci : fly ash, hvfa-scc, kapasitas geser.

PENDAHULUAN

Pada era sekarang ini, pembangunan infrastruktur seperti gedung, jembatan, pelabuhan dan lain sebagainya telah berkembang pesat. Seiring dengan perkembangan tersebut, semakin banyak pula kebutuhan akan bahan konstruksi yang digunakan. Salah satu bahan dasar konstruksi yang paling sering digunakan adalah material beton. Dari 2014 hingga 2017, intensitas CO₂ langsung dari produksi semen meningkat 0,3% per tahun (International Energy Authority, 2018). Oleh karena itu penggunaan semen pada campuran *powder* sebagian dapat digantikan dengan *silica fume*, *fly ash*, *slag*, abu sekam padi dan lainnya.

Pada penelitian ini digunakan *fly ash* sebagai bahan campuran untuk mengurangi komposisi semen dalam *powder*. Jatale et al., 2013 melaporkan bahwa penggunaan *fly ash* dapat meningkatkan *workability* beton serta mempengaruhi tingkat kekuatan beton yang dipengaruhi oleh faktor air semen (*w/c ratio*) dan persentase *fly ash* dalam campuran beton. *Fly ash* berbentuk butiran halus bulat yang dapat terbang bebas di udara dan dapat mengancam kesehatan apabila terhirup karena mengandung bahan kimia yang tidak seharusnya dihirup oleh manusia seperti silikon dioksida (SiO₂). Kandungan (SiO₂) dalam *fly ash* merupakan bahan *pozzolan* yang dapat membentuk senyawa kalsium hidrat (CSH) apabila bereaksi dengan (Ca(OH)₂) pada temperatur biasa membentuk senyawa bersifat *cementitious* (bersifat mengikat). Penggunaan *fly ash* dalam jumlah besar dalam campuran beton atau dikenal sebagai *High Volume Fly Ash* (HVFA) dengan kandungan *fly ash* lebih dari 50% dari total material *cementitious*.

Beton akan membutuhkan material baja tulangan dalam penerapannya dikarenakan sifat beton yang hanya kuat menahan gaya tekan namun lemah terhadap gaya tarik. Dengan adanya tulangan tersebut, beton segar harus mampu melewati celah antar tulangan dan menghasilkan beton yang dapat memadat tanpa adanya rongga didalamnya agar

tidak menurunkan hasil kuat tekan beton itu sendiri. Solusi dari permasalahan tersebut adalah penggunaan beton yang dapat memadat sendiri atau *Self Compacting Concrete* (SCC) karena beton segarnya lebih cair jika dibandingkan dengan hasil pembuatan beton segar pada beton normal sehingga lebih mudah dalam pengerjaannya.

Penelitian ini akan mengkaji tentang seberapa besar kapasitas lentur geser balok beton bertulang *High Volume Fly Ash – Self Compacting Concrete* (HVFA – SCC) dengan kadar *fly ash* 60 % dengan sampel berupa balok beton bertulang yang akan dibandingkan dengan balok beton normal yang diuji pada umur 28 hari.

KAJIAN PUSTAKA

Self Compacting Concrete (SCC)

Self Compacting Concrete (SCC) dapat didefinisikan sebagai campuran beton yang memiliki karakteristik dapat memadat dengan sendirinya tanpa menggunakan bantuan alat pemadat (*vibrator*). Selain itu *Self Compacting Concrete* (SCC) memiliki tingkat *flowability* dan *workability* yang tinggi. *Self Compacting Concrete* (SCC) merupakan campuran beton yang memiliki volume pori-pori yang kecil di dalam beton sehingga meminimalkan jumlah udara yang terjebak di dalam beton (Herbudiman, 2012).

High Volume Fly Ash (HVFA)

High Volume Fly Ash (HVFA) *concrete* adalah beton dimana setidaknya 50% jumlah semen sebagai bahan pengikat digantikan *fly ash* baik berupa kelas F *fly ash* maupun kelas C *fly ash*. Istilah *High Volume Fly Ash* (HVFA) *concrete* sendiri pertama kali diperkenalkan oleh peneliti di pusat penelitian CANMET Kanada pada tahun 1980an (Malhotra and Mehta, 2005).

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

High Volume Fly Ash – Self Compacting Concrete (HVFA-SCC) merupakan inovasi beton SCC terbaru dalam dunia teknologi beton atau dapat dikategorikan sebagai SCC dalam tipe baru yang komposisi materialnya mengandung *fly ash* dengan jumlah 50% atau lebih dari total *cementitious* untuk menghasilkan beton yang kuat dan tahan lama.

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 (Chu-kia Wang, Charles G. Salmon, and Jose A. Pincheira, 2007).

Pada sampel uji penelitian ini tidak hanya menggunakan tulangan utama tetapi juga menggunakan tulangan sengkang, hal ini bertujuan untuk memastikan pada saat pengujian balok akan mengalami gagal geser. Untuk itu kekuatan geser nominal (V_n) tidak hanya dipengaruhi oleh kekuatan geser beton (V_c) tetapi juga dipengaruhi oleh kontribusi kekuatan geser oleh tulangan geser (V_s).

$$V_u \leq \phi V_n$$

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

Jika sengkang yang digunakan adalah sengkang vertikal dengan sudut 90° maka kuat geser yang disumbangkan oleh tulangan geser atau sengkang dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$V_s = \frac{A_s x f_y x d}{s} \dots \dots \dots [2]$$

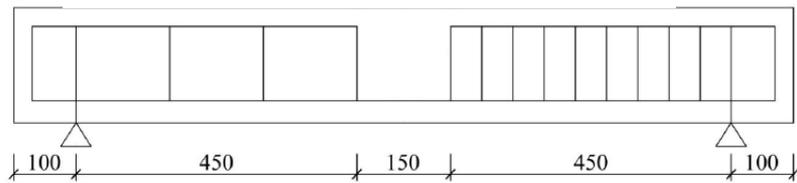
Menurut SNI-2847-2019, V_c dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$V_c = 0.17 \sqrt{f'c} b_w d \dots \dots \dots [3]$$

METODE

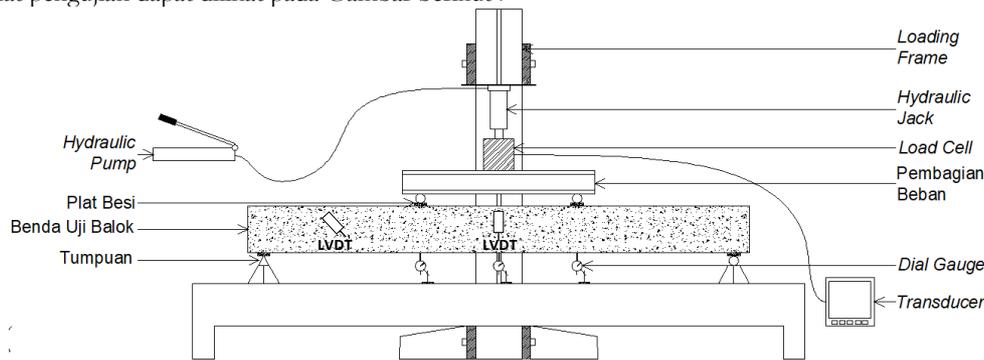
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu dengan cara melakukan suatu percobaan pada benda uji untuk mendapatkan data-data dan diselidiki dalam kondisi terkontrol dengan urutan kegiatan yang sistematis yang selanjutnya dibandingkan dengan hasil perhitungan secara analitis untuk menghasilkan suatu simpulan yang 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 2 buah balok beton normal dan 2 buah balok beton tipe HVFA-SCC dengan kadar *fly ash* 60 % umur 28 hari. Model benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 1. Model Benda Uji Balok Geser Lentur

Setting up alat pengujian dapat dilihat pada Gambar berikut :



Gambar 2. Setting Up Alat Pengujian Balok

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Bahan

Pengujian agregat halus yang dilakukan meliputi pengujian *absorbtion*, *apparent specific gravity*, *bulk specific gravity*, dan *bulk spesific SSD*, kandungan zat organik, kandungan lumpur. Hasil pengujian agregat halus disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Keterangan
<i>Absorbtion</i>	3,09 %	-	-
<i>Apparent Specific Gravity</i>	2,59 gr/cm ³	-	-
<i>Bulk Specific Gravity</i>	2,40 gr/cm ³	-	-
<i>Bulk Specific SSD</i>	2,48 gr/cm ³	2,4 – 2,6 gr/cm ³	Memenuhi syarat
Kandungan Zat Organik	Kuning Muda	Kuning Muda	Memenuhi syarat
Kandungan Lumpur	0,6 %	Maksimal 5%	Memenuhi syarat

Pengujian agregat kasar yang dilakukan meliputi pengujian *absorbtion*, *apparent specific gravity*, *bulk specific gravity*, *bulk spesific SSD*, dan keausan agregat. Hasil pengujian agregat kasar disajikan dalam Tabel 2.

Table 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
<i>Absorbtion</i>	0,73 %	-	-
<i>Apparent Specific Gravity</i>	2,75 gr/cm ³	-	-
<i>Bulk Specific Gravity</i>	2,70 gr/cm ³	-	-
<i>Bulk Specific SSD</i>	2,70 gr/cm ³	2,5 – 2,7 gr/cm ³	Memenuhi syarat
Keausan Agregat	26,92 %	< 50 %	Memenuhi syarat

Pengujian kuat tarik baja dilaksanakan di Laboratorium Material Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta, dengan menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) sesuai dengan standar ASTM. Sampel uji baja yang digunakan adalah baja ulir berdiameter 16 mm dengan panjang 30 cm dan telah dibubut sepanjang Lo 6,5 cm dengan diameter 13 mm. Hasil pengujian ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Ø16 mm

Benda Uji	D (mm)	As (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	Fy (MPa)	Fu (MPa)
A	16	158,37	72	98,24	455	620
B	8	49,02	21,34	28,19	435	575
C	4	12,57	5,7	6,68	445	530
Rata-rata					445	575

Hasil Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar HVFA-SCC 60% berupa *Flow Table Test*, *L-Box Test*, dan *V-Funnel Test*. Pengujian beton segar beton normal berupa *Slump Test*. Hasil pengujian ditampilkan dalam Tabel 4 hingga Tabel 6.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Flow Table Test* HVFA-SCC 60%

Kode	<i>Flow Table Test</i>			Syarat menurut EFNARC		Keterangan	
	d1 (mm)	Diameter d2 (mm)	d _{rata-rata} (mm)	Waktu t ₅₀ (dt)	T ₅₀ (s)		
HVFA 60%	660	640	650	3	2 – 5	640-800	Memenuhi

Table 5. Hasil Pengujian *L-Box* HVFA-SCC 60%

Kode	<i>L-Box Type</i>			Syarat (h ₂ /h ₁)	Keterangan
	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	h ₂ /h ₁		
HVFA 60%	90	85,5	0,95	0,8 – 1,0	Memenuhi

Tabel 6. Hasil Pengujian *V-Funnel* HVFA-SCC 60%

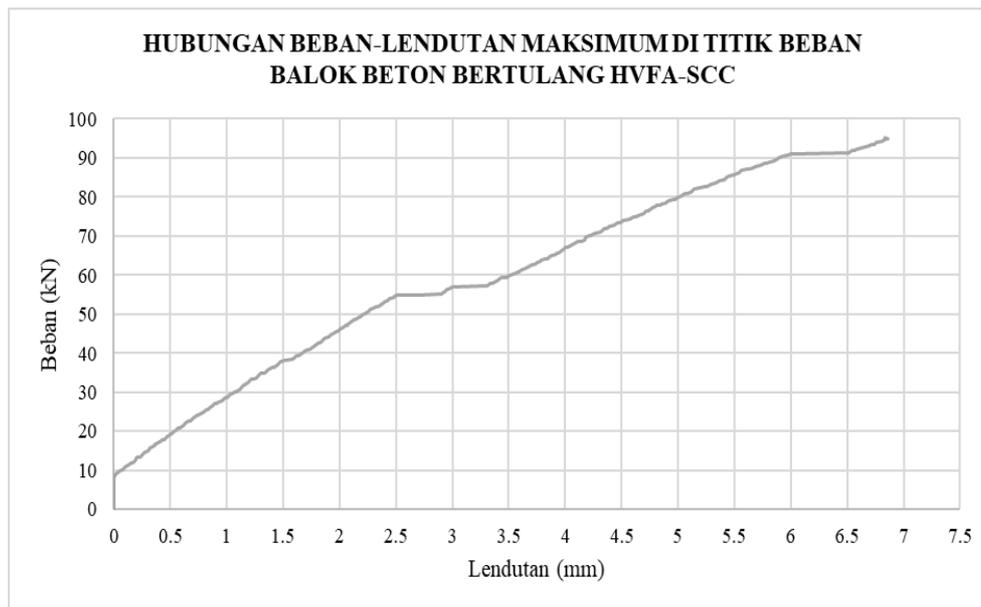
Kode	T (dt)	Syarat (dt)	Keterangan
HVFA 60%	6	6-12	Memenuhi

Hasil pengujian beton segar HVFA-SCC 60% seluruhnya sudah memenuhi syarat beton *self compacting concrete* berdasarkan EFNARC *Specification and Guidelines for Self – Compacting Concrete*.

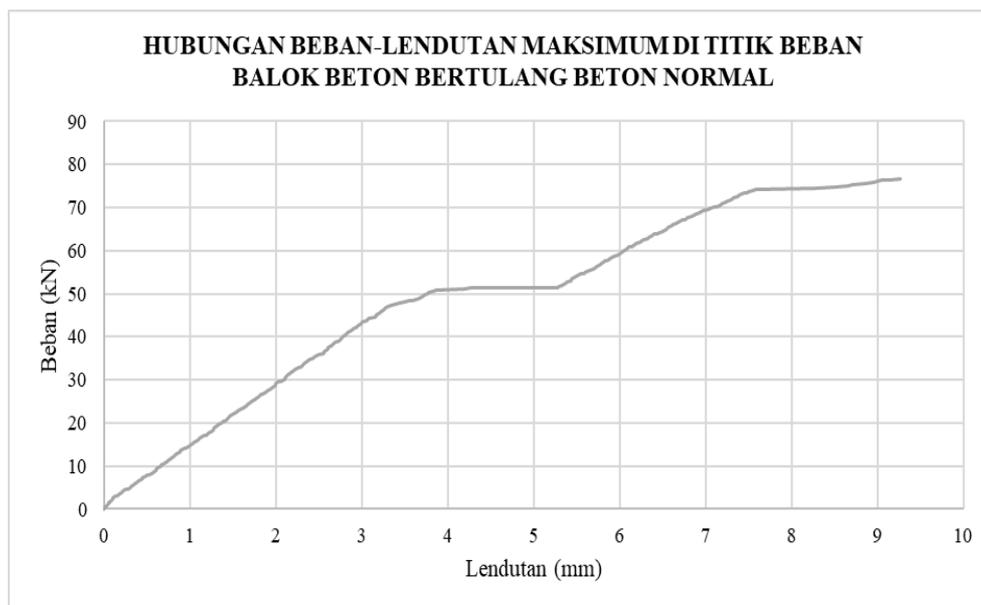
Pengujian *slump* pada beton normal diperoleh nilai 10 cm. Berdasarkan SNI 7656 2012, syarat nilai *slump* beton normal adalah 2,5-10 cm. Maka, hasil pengujian memenuhi syarat.

Hasil Pengujian Kapasitas Geser Balok

Pada pengujian balok beton bertulang HVFA-SCC 60% dengan balok beton normal didapatkan keruntuhan balok yang dikarenakan adanya gagal geser, yaitu kapasitas geser balok lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas lenturnya. Dalam pembahasan ini akan ditampilkan perhitungan mengenai kuat geser dan tegangan geser yang terjadi pada benda uji. Pembacaan lendutan dilakukan setiap interval pembebanan 0,25 kN. Hubungan beban dan lendutan maksimum di titik beban hasil pengujian kapasitas geser balok beton bertulang normal dan balok beton bertulang HVFA-SCC 60% dapat dilihat pada gambar 3 dan 4 dibawah ini.



Gambar 3. Hubungan Beban-Lendutan Maksimum di Titik Beban Balok Beton Bertulang HVFA-SCC 60%



Gambar 4. Hubungan Beban-Lendutan Maksimum di Titik Beban Balok Beton Bertulang Normal

KESIMPULAN

1. Lendutan maksimum pada titik beban yang diterima balok beton bertulang HVFA-SCC 60% adalah 6,84 mm sedangkan untuk balok beton normal adalah 9,27 mm.
2. Pada kondisi ultimit kapasitas geser pengujian yang telah dinormalisasi untuk balok beton HVFA-SCC 60% memiliki nilai banding sebesar 1,96 sedangkan untuk balok beton normal memiliki nilai banding sebesar 1,95.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, May. 2005. *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete*. European federation of specialist construction chemicals and concrete system.
- Anonim. 2012. *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa Dengan Standar SNI 7656: 2012*. Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019)*. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Chu-Kua Wang, Salmon C. G., Pincheira J. A., 2007, *Reinforced Concrete Design 7th Edition*, John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Herbudiman B., and Dewi L., D., 2012, *Beton Ringan Self-Compacting dengan Agregat dan Powder Limbah Pecahan Genting Merab*, Universitas Trisakti, Jakarta.
- Jatale A., Tiwari K., and Khandelwal S., 2013, *Effects on Compressive Strength When Cement Is Partially Replaced by Fly Ash*, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, Vol. 5, Jan-Feb, pp. 34-43
- Malhotra V. M., and Mehta, P. K., 2005, *High Performance High-Volume Fly Ash Concrete*, Supplementary Cementing Materials for Sustainable Development Inc., Ottawa Canada.