

UJI BALOK BETON BERTULANG MEMADAT SENDIRI HIGH VOLUME FLY ASH 50% DENGAN $\rho = 0,17$

¹⁾Agus Setiya Budi, ²⁾Sunarmasto, ³⁾Oktavian Farrozy Hartono,

^{1),2)}Dosen 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 : oktavianfh@student.uns.ac.id

Abstract

Concrete is the main material used in construction. To reduce the level of porosity and make the work easier on the concrete, a concrete compactor (vibrator) is used. Concrete SCC (Self Compacting Concrete) is a concrete innovation that has the ability to self-compact without the aid of a concrete compactor. Large amounts of semen powder can cause problems at high enough hydration which can cause cracking in concrete and can increase CO₂ emissions into the atmosphere causing greenhouse effect problems and causing global restaurants. One way to reduce the use of cement is by substituting other materials with the same properties, one of which is fly ash which can substitute most of the cement. This concrete is called HVFA (High Volume Fly Ash). This study will examine the effect of the reinforcement ratio on the shear ratio of HVFA - SCC reinforced concrete with a fly ash content of 50%. The test object used was 2 types of reinforced concrete beams with a size of 10 cm x 18.5 cm x 155 cm with a reinforcement ratio of 0.17 and 0.27 which aimed to analyze the effect of HVFA-SCC concrete with different reinforcement ratios. Shear safety testing using a frame loading tool with loading at 2 points 20 cm apart. From this we will get a graph of the load-deflection and the difference between the HVFA-SCC concrete shear tester 50% with ρ of 0.17 and ρ of 0.27. Based on the results of the study, the shear on the HVFA beam test of reinforced concrete HVFA-SCC 50% with ρ of 0.17 and ρ of 0.27 with a value of 24.5 kN where the concrete was tested at the age of 28 days.

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

Abstrak

Beton merupakan bahan utama yang digunakan di bidang konstruksi. Untuk mengurangi tingkat porositas dan mempermudah pekerjaan pada beton digunakan pemadat beton (*Vibrator*). Beton SCC (*Self Compacting Concrete*) merupakan salah satu inovasi beton yang memiliki kemampuan untuk memadat sendiri tanpa bantuan pemadat beton. Powder berupa semen dengan jumlah yang besar dapat menimbulkan masalah pada hidrasi yang cukup tinggi yang dapat menyebabkan retak pada beton dan dapat meningkatkan emisi gas CO₂ ke atmosfer yang menyebabkan masalah efek rumah kaca dan menyebabkan pemanasan global. Salah satunya cara mengurangi penggunaan semen yaitu dengan mensubstituisikan dengan bahan lain yang memiliki sifat yang sama salah satunya yaitu *fly ash* yang dapat mensubstituisikan Sebagian besar semen. Beton ini dinamakan HVFA (*High Volume Fly Ash*). Penelitian ini akan mengkaji seberapa besar pengaruh rasio penulangan terhadap kapasitas geser balok beton bertulang HVFA-SCC dengan kadar *fly ash* 50 %. Benda uji yang digunakan 2 jenis balok beton bertulang dengan ukuran 10 cm x 18,5 cm x 155 cm dengan *reinforcement ratio* sebesar 0,17 dan 0,27 yang bertujuan menganalisa pengaruh dari karakteristik beton HVFA-SCC dengan rasio penulangan yang berbeda. Pengujian kapasitas geser menggunakan alat *loading frame* dengan pembebanan di 2 titik yang berjarak 20 cm. Dari pengujian ini akan didapatkan grafik hubungan beban-lendutan serta selisih kapasitas geser balok beton HVFA-SCC 50% dengan ρ sebesar 0,17 dan ρ sebesar 0,27. Berdasarkan hasil penelitian ini kapasitas geser pada pengujian balok HVFA beton bertulang HVFA-SCC 50% dengan ρ sebesar 0,17 dan ρ sebesar 0,27 memiliki nilai sebesar 24,5 kN yang beton diuji pada umur 28 hari.

Kata Kunci : Kapasitas geser, hvfa-scc, fly ash

PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan utama yang digunakan di bidang konstruksi dalam membangun berbagai bangunan dari bangunan gedung, jalan, penahan tanah hingga pada bangunan air. Dalam struktur beton, beton sangat lemah terhadap tarik, sehingga diperlukan perkuatan tarik dengan menggunakan tulangan baja. Baja tulangan dapat memikul tarik maupun tekan. Campuran beton harus dapat mengisi ruang dalam bekisting secara merata melewati tulangan yang ada. Untuk mengatasi permasalahan pemadatan beton dikembangkanlah beton yang dapat memadat sendiri atau yang disebut dengan *Self Compacting Concrete* (SCC) yang mempunyai tingkat fluiditas yang tinggi sehingga tidak diperlukannya pemadat saat proses *pouring* beton. Beton SCC merupakan salah satu inovasi yang dapat memecahkan masalah tersebut dimana pada beton ini memiliki kemampuan untuk memadat sendiri tanpa bantuan alat pemadat beton (*Vibrator*).

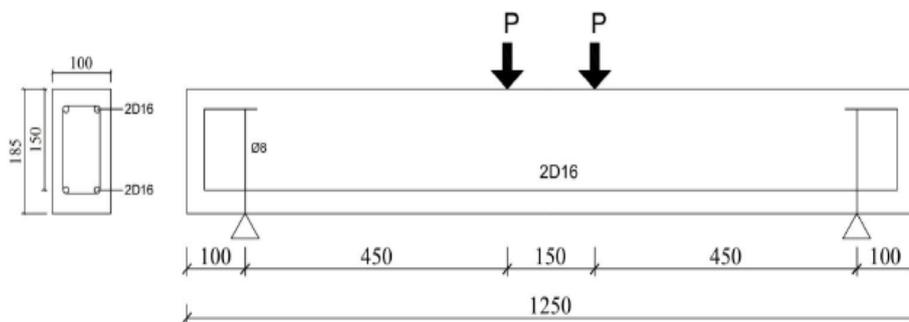
Komposisi beton SCC yang menggunakan jumlah powder yang lebih banyak dibandingkan dengan beton konvensional. Untuk mengurangi dampak penggunaan semen berupa panas hidrasi yang cukup tinggi dan kerusakan lingkungan akibat produksi emisi gas CO₂ yang berlebihan, maka diperlukan bahan pengganti semen yang memiliki karakteristik sebagai *binder* pada beton. Bahan yang dapat digunakan salah satunya adalah *fly ash*, dimana *fly ash* ini memiliki kemiripan dengan sifat semen. *Fly ash* memiliki kandungan alumina dan silika hampir 80 % dari komposisinya (Munir, 2008).

Penggunaan *fly ash* pada powder beton dengan kadar 50% atau lebih dapat disebut dengan *High Volume Fly Ash* (HFVA) dan dapat menjadi solusi untuk meminimalkan dampak pencemaran lingkungan, tetapi dalam penelitian di dunia konstruksi masih jarang dijumpai beton dengan campuran *fly ash* dengan jumlah yang besar. Beton HVFA dapat dikembangkan dengan beton SCC sehingga memiliki sifat beton yang lebih kuat, tahan lama serta sangat ramah lingkungan. Pemanfaatan kekuatan yang dihasilkan dari campuran semen dengan *fly ash* bervolume besar dan *workability* yang didapatkan dari beton SCC melatarbelakangi penelitian ini. Pada penelitian ini akan dikaji pengaruh *reinforcement ratio* terhadap kapasitas geser lentur balok beton bertulang HVFA-SCC dengan kandungan *fly ash* 50 %. Sampel yang digunakan berupa balok beton bertulang dengan *reinforcement ratio* 0,17 yang dibandingkan dengan balok beton dengan *reinforcement ratio* 0,27 dengan dilakukan pengujian pada umur 28 hari.

METODE

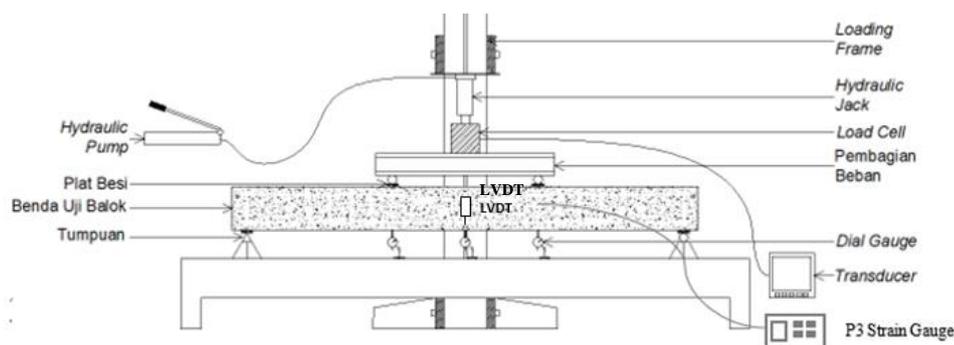
Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental, yaitu dengan cara melakukan suatu percobaan pada benda uji untuk mendapatkan data-data dan diselidiki dalam kondisi terkontrol dengan urutan kegiatan yang sistematis yang selanjutnya dibandingkan dengan hasil perhitungan secara analitis untuk menghasilkan suatu simpulan yang dapat dipertanggungjawabkan.

Penelitian ini menggunakan 2 benda uji yaitu dengan ukuran 10 x 18,5 x 155 cm dengan tulangan baja polos diameter 13 dan 16 mm. Dimensi yang digunakan disesuaikan dengan kapasitas maksimum dari alat uji. Sketsa benda uji yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1. Berikut :



Gambar 1. Model benda uji balok bertulang HVFA-SCC 50%

Setting up alat pengujian dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini :



Gambar 2. Setting up alat uji balok

Self Compacting Concrete (SCC)

SCC adalah sebuah inovasi beton yang mampu mengalir dan memadat ke setiap sudut ruang pada suatu cetakan tanpa bantuan pemadat pada saat campuran beton dituangkan kedalam cetakan. Pada beton bertulang, jarak antara tulangan menjadi kendala bagi beton untuk mengisi ruang secara mandiri dan merata. Dengan adanya perkembangan beton SCC ini dapat mengatasi kendala yang terjadi pada saat pengecoran beton.

High Volume Fly Ash (HVFA)

HVFA merupakan beton yang memiliki paling sedikit 50% kandungan semen sebagai *binder* yang digantikan dengan *fly ash* (Solikin dan Setiawan, 2014). *Fly ash* memiliki kandungan aluminium oksida (Al_2O_3), silikon dioksida (SiO_2), dan besi oksida (Fe_2O_3). Beton dengan kandungan *fly ash* tidak memiliki kekuatan awal yang besar, tetapi kekuatan beton akan naik pada jangka waktu yang lama selama reaksi *pozzolanic* berlangsung. (Bilodeau and Malhotra, 2000).

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

Sifat-sifat yang dimiliki beton HVFA yang memanfaatkan *fly ash* sebesar 50% atau lebih pada campuran powder, dapat digabungkan dengan kualifikasi Campuran beton SCC agar dapat mendapatkan sifat-sifat yang dimiliki beton SCC menjadikan perpaduan teknologi beton yang dikenal sebagai beton HVFA-SCC. Beton ini menghasilkan karakteristik berupa kekuatan yang dihasilkan dari campuran semen dengan *fly ash* bervolume besar dan workability yang didapatkan dari beton SCC

Kapasitas Geser Balok

Kuat geser pada balok beton umumnya disertai dengan desak dan tarik oleh lendutan. Pengaruh geser yang ditimbulkan diakibatkan dari torsi dan kombinasi torsi dengan lentur (Wang, 2007). Pada sampel uji penelitian ini menggunakan tulangan utama tanpa ada tulangan sengkang, hal ini bertujuan untuk memastikan pada saat pengujian balok akan mengalami gagal geser lentur. Kekuatan geser nominal (V_n) hanya dari kontribusi kekuatan geser beton (V_c). Menurut Okkamura et al dan ACI 318-2019 perhitungan kekuatan geser dapat dituliskan sebagai berikut:

$$V_u \leq \phi V_n \dots\dots\dots (1)$$

$$V_n = V_s + V_c \dots\dots\dots (2)$$

Karena $V_s = 0$ maka,

$$V_n = V_c \dots\dots\dots (3)$$

V_c dapat dihitung menggunakan persamaan Okkamura:

$$V_c = \left(0,2 \frac{(100\rho_l)^{\frac{1}{3}}}{\left(\frac{d}{100}\right)^{\frac{1}{4}}} (f'c)^{\frac{1}{3}} \left(0,75 + \frac{1,4}{\frac{a}{d}} \right) \right) bd \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- V_u = kuat geser terfaktor pada penampang (N)
- V_n = kuat geser nominal (N)
- V_c = kuat geser yang disumbangkan beton (N)
- V_s = kuat geser yang disumbangkan tulangan geser (N)
- ϕ = faktor reduksi kekuatan (untuk geser 0,6)
- λ = faktor properti material, untuk beton normal = 1
- b = lebar balok (mm)
- d = tinggi efektif (mm)
- A_s = luasan tulangan geser yang diperlukan (mm^2)
- f_y = mutu baja tulangan geser (MPa)
- ρ_l = rasio tulangan

HASIL & PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Bahan

Pengujian agregat halus meliputi *absorbtion*, *apparent specific gravity*, *bulk specific gravity*, kandungan lumpur kandungan zat organik dan bulk spesific SSD (*Saturated Surface Dry*). Hasil pengujian agregat halus disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji 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 meliputi pengujian *absorbtion*, *apparent specific gravity*, *bulk specific gravity*, *bulk spesific SSD*, dan keausan agregat, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
<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
<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	-	-

Sesuai dengan standar ASTM E8-04, digunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) untuk menguji kuat tarik baja. Pengujian dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta. Sampel yang digunakan berupa baja ulir berdiameter 16 mm dengan panjang 30 cm dan telah dibubut sepanjang Lo 6,5 cm dengan diameter 13 mm. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tarik baja Ø13 dan Ø16 mm

Benda Uji	D (mm)	As (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	F _y (MPa)	F _u (MPa)
A	13	75,43	37	56,02	490,05	745
B	16	49,02	21,34	28,19	435	575

Hasil Pengujian Campuran beton

Pengujian Campuran beton HVFA-SCC 50% berupa *L-Box Test*, *V-Funnel Test* dan *Flow Table Test* Pengujian Campuran beton normal berupa Pengujian *Slump* sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4,5 dan 6.

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

Kode	<i>Flow Table Test</i>			Syarat menurut EFNARC		Keterangan	
	d1 (mm)	d2 (mm)	d _{rata-rata} (mm)	t ₅₀ (dt)	T ₅₀ (s)		
Balok HVFA 0,17	640	660	650	3,11	2–5	650-800	Memenuhi
Balok HVFA 0,27	640	660	650	3,11	2–5	650-800	Memenuhi

Tabel 5. Hasil uji L-Box HVFA-SCC 50%

Kode	L-Box Type			Syarat (h_2/h_1)	Keterangan
	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_2/h_1		
Balok HVFA 0,17	100	100	1,0	0,8 – 1,0	Memenuhi
Balok HVFA 0,27	100	100	1,0	0,8 – 1,0	Memenuhi

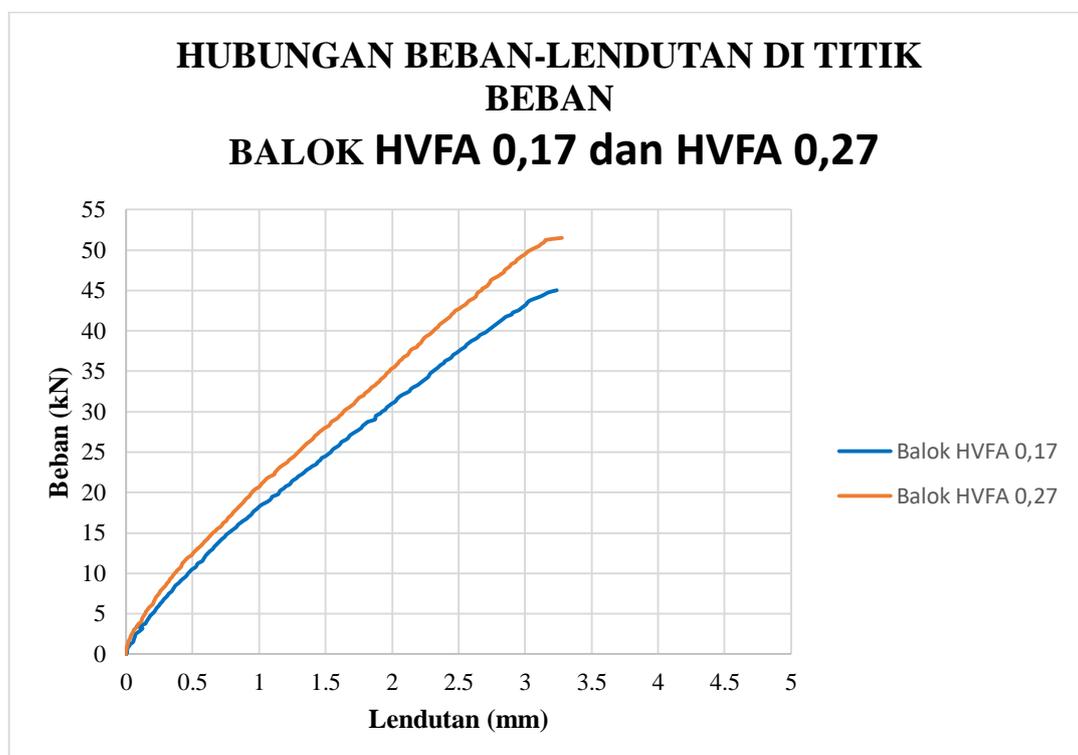
Tabel 6. Hasil uji V-Funnel HVFA-SCC 50%

Kode	T (dt)	Syarat (dt)	Keterangan
Balok HVFA 0,17	6	6-12	Memenuhi
Balok HVFA 0,27	6	6-12	Memenuhi

Hasil Hasil pengujian Campuran beton HVFA-SCC dengan variasi *fly ash* 50 % berdasarkan pedoman yang diterbitkan oleh EFNARC yaitu meliputi waktu untuk T_{50} 2-5 detik dan $d_{rata-rata}$ adalah 650-800 telah memenuhi persyaratan sebagai *Self Compacting Concrete*.

Hasil Pengujian Kapasitas Geser Balok

Pada pengujian balok HVFA 0,17 dan balok HVFA 0,27 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 pada hasil uji terhadap kapasitas geser balok HVFA-SCC 50% dengan q 0,17 dan 0,27 disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Beban-Lendutan maksimum di titik beban balok HVFA 0,17 dan 0,27

KESIMPULAN

1. Beban maksimum pada titik beban yang diterima balok HVFA 0,17 sebesar 45 kN dan balok HVFA 0,27 sebesar 49 kN.
2. Lendutan maksimum pada titik beban yang diterima balok HVFA 0,17 sebesar 3,24 mm dan balok HVFA 0,27 sebesar 3,39 mm,
3. Kapasitas geser balok HVFA 0,17 sebesar 27,0444 kN dan balok HVFA 0,27 sebesar 27,2298 kN.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Agus Setiya Budi, S.T.,M.T dan Bapak Ir. Sunarmasto, M.T selaku pembimbing yang sudah meluangkan waktu untuk membimbing dengan penuh kebaikan dan kesabaran untuk menyempurnakan hasil karya tulis ini. Rasa terima kasih penulis juga sampaikan kepada rekan tim skripsi yang telah berjuang bersama dari awal hingga akhir penyusunan karya ilmiah ini untuk Bersama menggapai kelulusan.

REFERENSI

- Anonim, 2005, "Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete". European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete System.
- Anonim, 2019, "SNI 2847:2019 : Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan", Standar Nasional Indonesia, Jakarta.
- As'ad, Sholohin, 2012, "Beton Memadat Mandiri.", *Harian Joglosemar* (Minggu 12 Agustus 2012).
- Chu-Kua Wang., Salmon C. G., Pincheira J. A., 2007, "Reinforced Concrete Design 7th Edition", John Wiley & Sons, Inc., USA.
- 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.
- Nawy, E. G., Surjaman, T., & Suryoatmono, B., 1990, "Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar", PT. Eresco, Bandung.