

## UJI BALOK BETON BERTULANG MEMADAT SENDIRI HIGH VOLUME FLY ASH 60% TANPA DAN DENGAN SENKANG

<sup>1)</sup>Agus Setiya Budi, <sup>2)</sup>Sunarmasto, <sup>3)</sup>Muhammad Tsaqif Muhadzib,

<sup>1,2)</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta

<sup>3)</sup>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 : muhtsaqif20@gmail.com

### Abstract

*Self-Compacting Concrete (SCC) is an innovation in construction with many advantages, but behind its advantages SCC requires more cement, so it becomes un-environmental. Fly ash can be used for substances cement with the same characteristic. Fly ash is coal combustion waste containing silica or silica alumina with pozzolan characteristic. The amount of fly ash, which can be used for concrete up to 50% from whole cement known as High Volume Fly Ash Concrete (HVFA-SCC). This research will examine shear capacity of HVFA-SCC 60% and normal concrete. The dimension of specimen is 10 cm x 18.5 cm x 130 cm with 2 points loading with a distance between loads are 20 cm. Based on shear capacity test, HVFA-SCC with 60% fly ash content is smaller than normal concrete.*

**Keywords :** Fly ash, hvfa-scc, shear capacity.

### Abstrak

*Self-Compacting Concrete (SCC) merupakan inovasi dalam bidang konstruksi dengan berbagai macam kelebihan, namun terdapat kekurangan yaitu SCC memerlukan proporsi semen yang lebih banyak sehingga tidak ramah lingkungan. Material yang dapat menggantikan semen dengan karakteristik yang sama yaitu fly ash. Fly ash berupa sisa pembakaran batu bara yang mengandung silika atau silika alumina dan bersifat pozzolan. Penggunaan fly ash sebagai campuran beton dapat digunakan hingga mencapai >50% dari total semen yang dibutuhkan dan dinamakan High Volume Fly Ash Concrete (HVFA-SCC). Penelitian ini mengkaji kapasitas geser balok bertulang HVFA-SCC 60% dan balok beton normal. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini memiliki dimensi 10 cm x 18,5 cm x 130 cm dengan 2 titik pembebanan dengan jarak antar beban sebesar 20 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas geser balok yang diuji pada umur 28 hari untuk balok HVFA-SCC 60% lebih kecil dibandingkan balok beton normal.*

**Kata Kunci :** Fly ash, hvfa-scc, kapasitas geser.

### PENDAHULUAN

Pertumbuhan infrastruktur dalam era modern menuntut terciptanya suatu teknologi atau gagasan yang lebih maju untuk meningkatkan efisiensi baik dari waktu maupun biaya. Beton merupakan material yang kerap digunakan dalam konstruksi suatu bangunan dengan bahan pengikat berupa semen. Semen menghasilkan gas buang berupa CO<sub>2</sub> yang merupakan salah satu pemicu terjadinya *Global Warming*. Industri semen menyumbangkan emisi global gas CO<sub>2</sub> sebesar 8%. Dengan adanya hal tersebut maka diperlukan suatu penanganan untuk mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh semen.

Penggunaan semen dapat dikurangi dengan menggunakan *fly ash* yang memiliki sifat yang mirip dengan semen. *Fly ash* berupa partikel halus yang memiliki diameter 1-150 mikrometer serta berbentuk bulat, *fly ash* merupakan hasil produk sisa umumnya dari pembangkit listrik tenaga batubara. (Solikin, 2012). Berdasarkan ACI 226, *fly ash* memiliki butiran relatif halus dimana lolos saringan No. 325 (45 milimikron) 5-27% dengan berat jenis antara 2,15-2,6 dan memiliki warna abu-abu kehitaman. Kandungan silika (SiO<sub>2</sub>) sangat tinggi dan menghasilkan reaksi *pozzolanic*. *Pozzolan* merupakan merupakan bahan yang mengandung silika atau silika alumina yang kemudian beraksi dengan Ca(OH)<sub>2</sub> pada suhu biasa yang membentuk senyawa bersifat *cementitious* (sebagai *binder*). Beton yang dihasilkan dari campuran *fly ash* dengan kadar setidaknya 50% dikenal dengan *High Volume Fly Ash (HVFA) Concrete*.

Beton pada umumnya memiliki sifat kuat menahan gaya tekan dan lemah terhadap gaya tarik, untuk mengatasi hal tersebut diperlukan baja tulangan yang memiliki sifat kuat menahan gaya tarik. Pada konstruksi bangunan tinggi dan kompleks memerlukan inovasi baru khususnya untuk pekerjaan beton. Salah satu metode yang dapat dipilih adalah menggunakan beton memadat sendiri atau SCC. Beton ini memiliki karakteristik yang dapat mengalir melewati rongga antar tulangan dan memadat dengan sendirinya dengan sedikit bantuan vibrator atau bahkan tidak sama sekali. *Self-Compacting Concrete (SCC)* menggunakan persentase ukuran agregat dan campuran pasta yang berbeda dengan beton konvensional. *Self-Compacting Concrete (SCC)* memiliki sifat yang lebih cair dibandingkan dengan

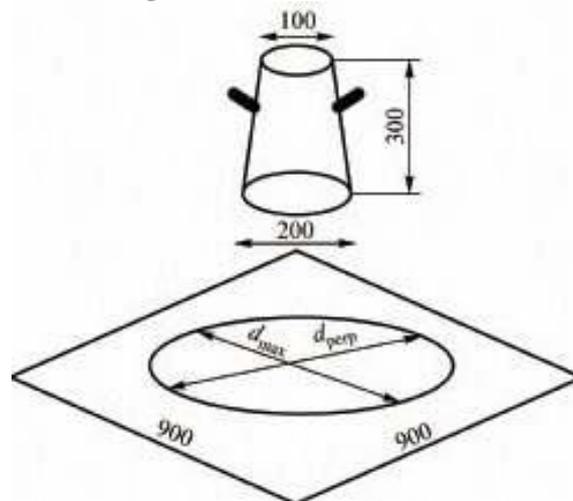
beton konvensional, sehingga perlu ditambahkan zat kimia berupa *superplasticizer* disamping untuk meningkatkan *workability* beton, juga berguna menjaga beton agar tidak terjadi segregasi dan *bleeding*.

## METODE

Pada penelitian ini digunakan metode eksperimental, yaitu dengan cara melakukan percobaan terhadap benda uji sehingga didapatkan data atau hasil yang diselidiki dalam kondisi terkontrol. Sebelum dilakukan pengujian pada balok, terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap beton segar baik untuk HVFA-SCC maupun beton normal. Pengujian beton segar HVFA-SCC sesuai standar EFNARC meliputi uji *flow table*, *L-box* dan *V-funnel*.

### Uji *flow table*

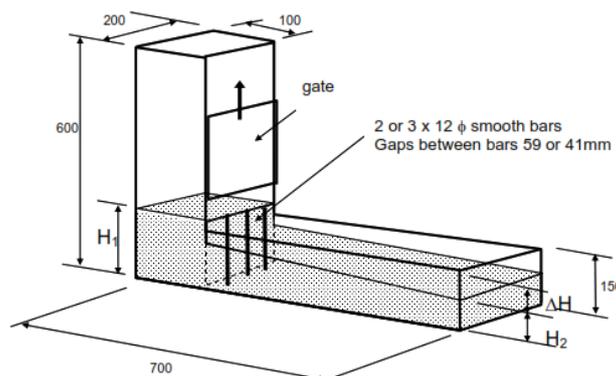
Uji *flow table* dilakukan dengan memasukkan beton kedalam kerucut Abrams kemudian dihitung waktu yang dibutuhkan untuk mencapai  $T_{50}$  kemudian mengukur diameter beton dari dua sisi.



Gambar 1. Kerucut abrams dan *baseplate*

### Uji *L-box*

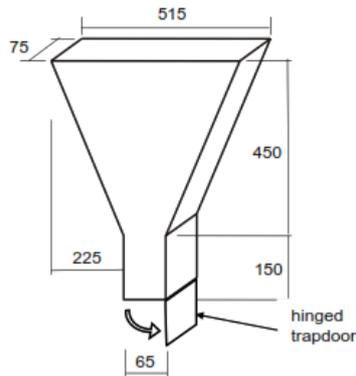
Uji *L-box* dilaksanakan dengan memasukkan beton segar kedalam wadah berbentuk L kemudian melepas pintu penutup agar beton mengalir dan menghitung nilai *blocking ratio* ( $h_2/h_1$ ).



Gambar 2. *L-box*

### Uji *V-funnel*

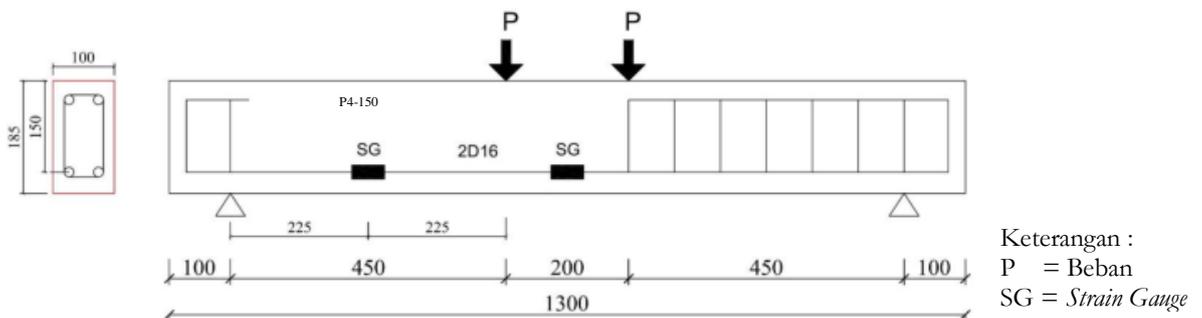
Uji *V-funnel* dilakukan dengan memasukkan beton segar kedalam wadah berbentuk V kemudian membuka penutup dan mencatat waktu untuk beton mengalir melewati mulut *V-funnel*.



Gambar 3. V-funnel

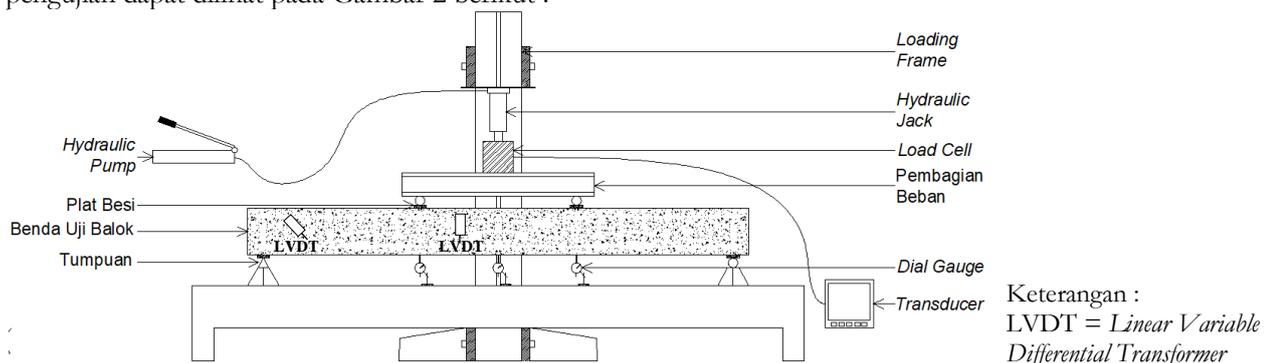
Pengujian beton segar untuk beton normal dilakukan dengan uji slump dimana beton segar dimasukkan kedalam kerucut Abrams kemudian mengukur ketinggian beton. Penelitian ini dilakukan sesuai dengan urutan kegiatan yang sistematis dan dapat dipertanggungjawabkan.

Sampel yang digunakan berupa balok beton bertulang HVFA-SCC dengan kadar 60% dan beton normal dengan masing-masing balok berukuran 10 cm x 18,5 cm x 130 cm pada umur 28 hari. Model benda uji dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut :



Gambar 4. Model benda uji

Setting up alat pengujian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut :



Gambar 5. Setting up alat pengujian balok

### Self Compacting Concrete (SCC)

SCC adalah beton yang memiliki karakteristik dapat memadat secara mandiri sehingga tidak memerlukan vibrator. SCC dapat mengalir mengisi rongga pada tulangan dengan memanfaatkan berat sendirinya. Secara umum SCC adalah beton yang tingkat *workability* tinggi dan beton segar memiliki kekuatan yang tinggi di awal, dan juga pada saat pembuatan faktor air semen yang dibutuhkan tergolong rendah. Menurut (Sugiharto *et al.*, 2001) dan (Sugiharto *et al.*, 2006), hal-hal yang perlu menjadi perhatian untuk menghasilkan beton dengan kekuatan awal yang tinggi adalah sebagai berikut:

1. Jumlah agregat kasar dalam volume beton dibatasi penggunaannya kurang lebih 50%.
2. Jumlah agregat halus dalam volume mortar dibatasi penggunaannya kurang lebih 40%.

3. Faktor air semen dapat dibatasi penggunaannya dengan menambahkan *superplasticizer* untuk mendapatkan *workability* yang tinggi dan kekuatan awal yang besar.
4. Untuk meningkatkan durabilitas dan kekuatan tekan beton dapat ditambahkan *filler* sebagai bahan pengganti sebagian jumlah semen, contohnya seperti *Fly Ash* dan *Silica Fume*.

### High Volume Fly Ash (HVFA)

HVFA merupakan beton yang memiliki ciri-ciri antara lain penggunaan kadar *fly ash* minimal 50%, *water content* yang rendah rendah (130 kg/m), jumlah semen kurang dari 200 kg/m<sup>3</sup>, serta faktor air semen yang rendah (< 0,4) (Reiner & Rens, 2006). Beton HVFA memiliki kandungan air yang rendah dibandingkan dengan beton konvensional sehingga diperlukan *superplasticizer* untuk meningkatkan *workability* beton. Beton HVFA memiliki karakteristik berupa kekuatan tekan dan tarik yang dapat menyamai bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan beton konvensional (Kumar, Tike, & Nanda, 2007).

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

HVFA-SCC adalah beton yang memanfaatkan *fly ash* sebagai pengganti semen dengan kadar *fly ash* minimal 50% dikombinasikan dengan *Self Compacting Concrete* (SCC) sehingga menghasilkan beton yang kuat serta mempunyai *flowability* dan durabilitas yang tinggi.

### Kapasitas Geser Balok

Kuat geser yang terjadi pada balok pada umumnya disertai dengan munculnya desakan dan tarik yang disebabkan oleh lendutan. Geser yang terjadi pada balok dipengaruhi oleh torsi dan kombinasi torsi dengan lentur. (Wang *et al.*, 2007). Sampel uji dalam penelitian ini hanya menggunakan tulangan utama yang bertujuan untuk memastikan balok pada saat pengujian mengalami gagal geser, oleh karena itu kekuatan geser nominal pada balok ( $V_n$ ) hanya dipengaruhi oleh kekuatan geser beton ( $V_c$ ).

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

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

Karena  $V_s = 0$ , sehingga

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

Menurut ACI Code 318-14,  $V_c$  dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$V_c = \left( 0,16\sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- $V_u$  = kuat geser ultimit
- $V_n$  = kuat geser nominal
- $V_s$  = kuat geser tulangan sengkang
- $V_c$  = kuat geser beton
- $f'_c$  = kuat tekan beton
- $\rho_w$  = rasio tulangan longitudinal
- $b_w$  = lebar balok
- $d$  = tinggi efektif balok

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Bahan

Uji agregat halus yang dilakukan antara lain pengujian *absorbtion*, berat jenis semu (*apparent specific gravity*), berat jenis kering (*bulk specific gravity*), dan berat jenis kering permukaan jenuh (*bulk specific SSD*), kandungan zat organik, kandungan lumpur. Hasil uji pada agregat halus ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Keterangan
Absorpsi	3,09 %	-	Memenuhi syarat
Berat Jenis Semu	2,59 gr/cm <sup>3</sup>	-	Memenuhi syarat
Berat Jenis Kering	2,40 gr/cm <sup>3</sup>	-	Memenuhi syarat
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	2,48 gr/cm <sup>3</sup>	2,4 – 2,6 gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi syarat

Kandungan Zat Organik	Kuning Muda	Kuning Muda	Memenuhi syarat
Kandungan Lumpur	0,6 %	Maksimal 5%	Memenuhi syarat

Agregat kasar yang dilakukan meliputi pengujian absorpsi, berat jenis semu (*apparent specific gravity*), berat jenis kering (*bulk specific gravity*), berat jenis kering permukaan jenuh (*bulk specific SSD*), dan keausan agregat. Hasil uji agregat kasar disajikan dalam Tabel 2.

Table 2. Hasil uji agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
Absorpsi	0,73 %	-	Memenuhi syarat
Berat Jenis Semu	2,75 gr/cm <sup>3</sup>	-	Memenuhi syarat
Berat Jenis Kering	2,70 gr/cm <sup>3</sup>	-	Memenuhi syarat
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	2,70 gr/cm <sup>3</sup>	2,5 – 2,7 gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi syarat
Keausan Agregat	26,92 %	< 50 %	Memenuhi syarat

Uji kuat tarik baja sesuai dengan standar ASTM menggunakan mesin *Universal Testing Machine* dilaksanakan di Laboratorium Material Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Sampel uji baja berupa baja ulir berdiameter 16 mm untuk tulangan utama dan baja polos berdiameter 8 mm untuk tulangan sengkang dengan masing-masing panjang tulangan sebesar 30 cm dan telah dibubut sepanjang  $L_0$  6,5 cm dengan diameter 13 mm. Hasil pengujian ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji kuat tarik baja

Benda Uji	D (mm)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	P <sub>leleh</sub> (N)	P <sub>maks</sub> (N)	F <sub>y</sub> (MPa)	F <sub>u</sub> (MPa)
A	16	158,37	72	98,24	455	620
B	8	49,02	21,34	28,19	435	575

### Hasil Pengujian Beton Segar

Uji beton segar HVFA-SCC 60% berupa Uji *V-Funnel*, *L-Box* dan *Flow Table*. Sedangkan pada beton normal dilakukan uji *Slump*. Hasil uji tersebut ditampilkan pada Tabel 4,5 dan 6.

Tabel 4. Hasil uji *flow table test* HVFA-SCC 60%

Kode	<i>Flow Table Test</i>			Waktu		Syarat menurut EFNARC	
	d <sub>1</sub> (mm)	d <sub>2</sub> (mm)	d <sub>rata-rata</sub> (mm)	t <sub>50</sub> (dt)	T <sub>50</sub> (s)	d <sub>rata-rata</sub> (mm)	Keterangan
HVFA 60%	640	680	660	3	2 – 5	550-850	Memenuhi

Tabel 5. Hasil pengujian *L-Box* HVFA-SCC 60%

Kode	<i>L-Box Type</i>			Syarat (h <sub>2</sub> /h <sub>1</sub> )	Keterangan
	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	h <sub>2</sub> /h <sub>1</sub>		
HVFA 60%	100	90	0,9	0,8 – 1,0	Memenuhi

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

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

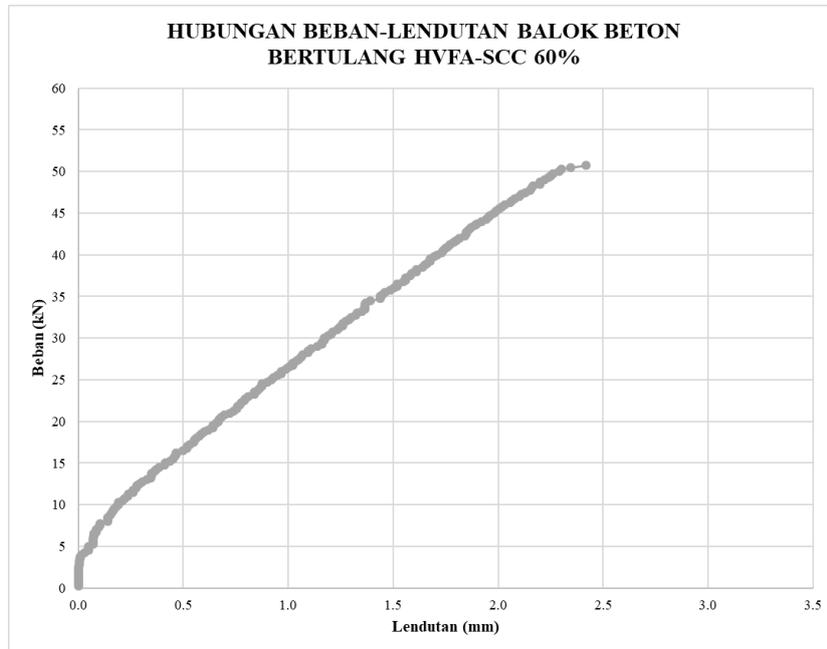
Berdasarkan EFNARC *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete*, hasil ini telah memenuhi syarat sebagai beton SCC.

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.

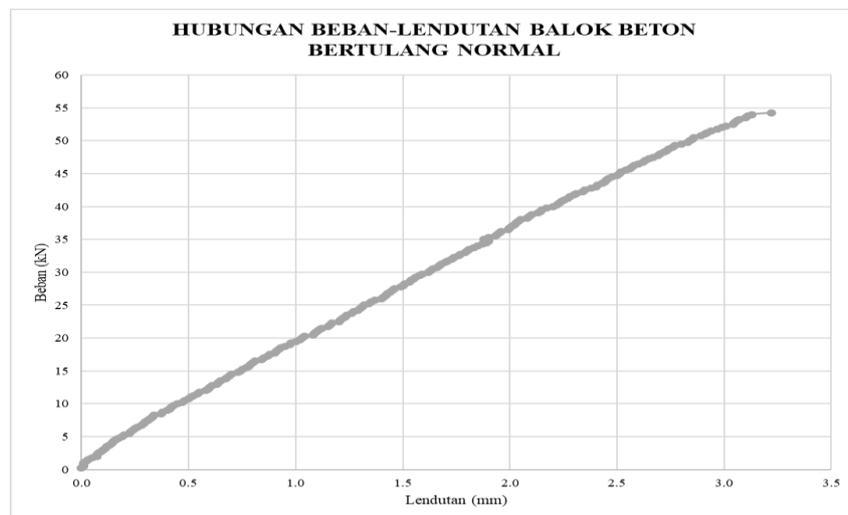
### Hasil Pengujian Kapasitas Geser Balok

Pada uji balok beton bertulang HVFA-SCC dengan kandungan *fly ash* 60% dan 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.

Grafik hubungan beban-lendutan hasil uji kapasitas geser kedua sampel uji disajikan pada gambar 6 dan 7 dibawah ini.



Gambar 6. Hubungan beban-lendutan balok beton bertulang HVFA-SCC 60%



Gambar 7. Hubungan beban-lendutan balok beton bertulang normal

### KESIMPULAN

Berdasarkan grafik hubungan beban-lendutan dapat diketahui bahwa grafik menunjukkan hubungan yang proporsional dimana kenaikan beban selalu diikuti dengan penambahan lendutan. Balok mencapai lendutan maksimal ketika beban yang diterima mencapai beban maksimal. Apabila beban terus ditambahkan maka balok akan mengalami keruntuhan. Grafik hubungan beban-lendutan tidak menunjukkan adanya degradasi kekakuan disebabkan pada saat terjadinya retak lentur, tulangan lentur belum leleh atau retak-retak yang terjadi masih dapat dikontrol oleh tulangan lentur baik distribusi maupun lebarnya.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada pembimbing yaitu Bapak Agus Setiya Budi, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Sunarmasto, M.T. yang telah memberikan ilmu dan arahan dalam proses penyusunan ini. Rasa terimakasih penulis ucapkan kepada Tim Beton Cap Orang Tua yang telah berjuang bersama-sama dari awal hingga akhir.

## REFERENSI

- Anonim, 1991, “SK SNI T-15-1991-03 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung”, Bandung.
- 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.
- Arjun Prasetyo, 2019, “Kapasitas Geser Balok Beton Bertulang High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete (HVFA-SCC) dengan Kadar Fly Ash 60%”, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Chu-Kua Wang., Salmon C. G., Pincheira J. A., 2007, “Reinforced Concrete Design 7<sup>th</sup> Edition”, John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Kumar, B., Tike, G. K., & Nanda, P. K., 2007, “Evaluation of Properties of High-Volume Fly-Ash Concrete”, *Journal of Materials in Civil Engineering*. Vol. 19 October, pp. 906–911.
- 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.
- Reiner, M., & Rens, K., 2006, “High-Volume Fly Ash Concrete: Analysis and Application”, *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, Vol. 11 February, pp. 58–64.
- Sugiharto, Handoko, et.al., 2001, “Penggunaan Fly Ash dan Viscocrete pada Self Compacting Concrete”, *Jurnal Dimensi Teknik Sipil*. Vol.8, UK Petra.