

UJI BALOK BETON BERTULANG MEMADAT SENDIRI HIGH VOLUME FLY ASH 50% BEDA SENGGANG

Agus Setiya Budi ¹⁾, Stefanus Adi Kristiawan ²⁾, Vicktoreza Fatah Firdana ³⁾

¹⁾ Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

²⁾ Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

³⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

Email: vicktoreza@student.uns.ac.id

ABSTRACT

Fly ash is the waste resulting from burning coal in a steam-fired power plant furnace which is smooth, round, and has a pozzolanic character (SNI, 2002). The use of fly ash and the addition of a superplasticizer can increase the ease of work and durability of the concrete so that the concrete can flow to fill the existing space and compact itself, known as High Volume Fly Ash - Self Compacting Concrete (HVFA - SCC). This research will examine the flexural shear behavior of reinforced concrete beams of High Volume Fly Ash - Self Compacting Concrete (HVFA - SCC) with fly ash content of 50% and compare it with normal concrete blocks. The test object used is a reinforced concrete block with a cross-sectional dimension of 10 cm x 15 cm and a length of 130 cm. In this study, testing using a loading frame tool with 2 loading points 20 cm apart in the middle of the span. In this test, a graph of the load-deflection relationship will be obtained as well as the calculation of the shear capacity of 50% HVFA-SCC concrete blocks and normal concrete blocks. Based on the results of this study, the shear capacity of the 50% HVFA-SCC concrete beam test has a greater value than the shear capacity of the normal concrete beam test results tested at the age of 28 days, namely 49.83 kN for HVFA-SCC 50% and 48.625 kN for normal concrete.

Keywords: *fly ash, hvfa-scc, flexural shear behavior.*

ABSTRAK

Fly ash adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar, dan bersifat pozzolanik (SNI, 2002). Penggunaan *fly ash* serta penambahan *superplasticizer* dapat meningkatkan kemudahan kerja dan daya tahan beton sehingga beton dapat mengalir mengisi ruang yang ada dan memadat dengan sendirinya yang dikenal dengan *High Volume Fly Ash - Self Compacting Concrete* (HVFA - SCC). Penelitian ini akan mengkaji mengenai perilaku geser lentur balok beton bertulang *High Volume Fly Ash - Self Compacting Concrete* (HVFA - SCC) dengan kadar *fly ash* 50 % dan membandingkannya dengan balok beton normal. Benda uji yang digunakan berupa balok beton bertulang dengan dimensi penampang 10 cm x 15 cm dan panjang 130 cm. Pada penelitian ini pengujian menggunakan alat loading frame dengan 2 titik pembebanan berjarak 20 cm ditengah bentang. Pada pengujian ini akan didapatkan grafik hubungan beban-lendutan serta perhitungan kapasitas geser balok beton HVFA-SCC 50% dan balok beton normal. Berdasarkan hasil penelitian ini kapasitas geser pengujian balok beton HVFA-SCC 50% memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan kapasitas geser hasil pengujian balok beton normal yang diuji pada umur 28 hari yakni sebesar 49,83 kN untuk HVFA-SCC 50% dan 48,625 kN untuk beton normal.

Kata Kunci : *fly ash, hvfa-scc, perilaku geser lentur.*

PENDAHULUAN

Salah satu hal penting dan dibutuhkan oleh suatu negara untuk menunjang kehidupan masyarakat adalah sektor infrastruktur. Indonesia semakin gencar dalam menggalakan pembangunan dalam berbagai sektor infrastruktur untuk mencapai tujuan nasional dan menunjang kehidupan masyarakat. Oleh sebab itu inovasi dalam mengembangkan infrastruktur dalam hal material dan tata cara pelaksanaan sangat diperlukan. Dalam pembangunan infrastruktur beton merupakan material yang terus dikembangkan dan diinovasikan. Dalam dunia konstruksi beton membutuhkan baja tulangan untuk menahan beban yang berat. Hal ini karena pada dasarnya beton kuat terhadap gaya tekan namun lemah terhadap gaya tarik sehingga baja tulangan dikombinasikan dengan beton untuk menahan gaya tarik karena baja kuat terhadap gaya tarik. Namun beton harus bisa melewati celah tulangan tersebut tanpa meninggalkan rongga karena rongga tersebut akan mengurangi nilai kuat tekan pada beton. Oleh karena itu pemakaian beton memadat mandiri atau *Self Compacting Concrete* (SCC) merupakan solusi dari masalah tersebut. Pada teknologi beton memadat mandiri atau *Self Compacting Concrete* (SCC) menggunakan banyak semen maka hal ini harus diperhatikan karena ketika produksi semen berlebih maka akan menyebabkan kerusakan lingkungan berupa efek rumah kaca dan pemanasan global. Sehingga dalam mengatasi masalah lingkungan tersebut maka dilakukan banyak penelitian untuk mendapatkan bahan atau material pengganti semen. Beberapa contoh pengganti semen adalah fly ash, silica fume, abu sekam padi. Namun bahan yang sering digunakan batching plant adalah *fly ash*. *Fly ash* adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus,

bundar, dan bersifat pozolanik (SNI, 2002). Penelitian dan penggunaan tentang beton *fly ash* dalam jumlah banyak atau lebih dikenal dengan *High Volume Fly Ash Concrete* (HVFAC) masih jarang. *High Volume Fly Ash Concrete* adalah beton dimana setidaknya 50% jumlah semen sebagai bahan pengikat digantikan *fly ash* (Solikin dan Setiawan, 2014). Pemakaian *fly ash* dalam *Self Compacting Concrete* (SCC) juga sangat relevan. Dikarenakan tekstur *fly ash* yang sangat kecil dan bulat, penambahan *fly ash* pada SCC juga mampu menambah workabilitas dari beton tersebut. Selain itu, biaya produksi juga dapat diperkecil karena harga *fly ash* yang relatif sangat murah jika dibandingkan dengan semen (Hamka, 2008). *Fly ash* sebanyak 50% sebagai pengganti semen dalam produksi SCC menghasilkan kuat tekan yang setara dengan beton normal pada beton mutu tinggi (Mulyanto Tri, 2015). Dalam penelitian kali ini akan mengkaji kapasitas geser lentur balok *High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) dengan kadar fly ash sebanyak 50% dari total powder yang digunakan dan akan dibandingkan dengan balok beton normal. Umur beton yang akan diuji adalah 28 hari.

LANDASAN TEORI

Self Compacting Concrete (SCC)

Self Compacting Concrete (SCC) pertama kali dikembangkan di Jepang pada tahun 1990-an sebagai bentuk upaya untuk mengatasi persoalan pengecoran komponen gedung artistik dengan bentuk geometri yang tergolong rumit apabila dilakukan pengecoran menggunakan beton normal. Beton memadat mandiri, biasa disebut dengan SCC, adalah campuran beton yang mampu memadat sendiri tanpa menggunakan alat pemadat atau mesin penggetar atau vibrator (Sholihin, 2012). Beton segar SCC memiliki fluiditas tinggi yang dapat mengalir dan mengisi ruang-ruang dalam cetakan dengan sedikit atau tanpa proses getaran (Okamura dan Ouchi 2003).

High Volume Fly Ash (HVFA)

High Volume Fly Ash Concrete adalah beton dimana setidaknya 50% jumlah semen sebagai bahan pengikat digantikan *fly ash* (Solikin dan Setiawan, 2014). *High Volume Fly Ash Concrete* memiliki nilai kuat tekan yang rendah pada awal umur beton namun akan terjadi peningkatan kekuatan yang cukup signifikan ketika berumur 28 dan 56 hari (Herbudiman dan Akbar, 2015).

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

HVFA-SCC adalah perpaduan teknologi antara HVFAC dan SCC dimana pembuatan beton dibuat dengan kadar *fly ash* minimal 50% dari berat binder dan memiliki sifat-sifat beton segar sama seperti SCC biasa. Penggunaan *fly ash* dimaksudkan untuk meningkatkan *workability* beton segar dan juga mengisi rongga-rongga yang ada pada beton. HVFA – SCC dapat mengalir dan memadat dengan memanfaatkan berat sendiri, sehingga tidak diperlukan proses pemadatan dengan menggunakan alat (Karina, 2018).

Kapasitas Geser Balok

Kuat geser dalam balok beton selalu diikuti oleh desak dan tarik oleh lendutan. Pengaruh geser yang ditimbulkan merupakan akibat dari torsi dan kombinasi torsi dengan lentur (Chu-kia Wang dan Charles G. Salmon, 1983). Pada sampel uji penelitian ini menggunakan tulangan utama dan tulangan sengkang, hal ini bertujuan untuk memastikan pada saat pengujian balok akan mengalami gagal geser lentur. Untuk itu kekuatan geser nominal (V_n) dari kontribusi kekuatan geser beton (V_c) dan kekuatan geser tulangan (V_s).

$$V_u \leq \phi V_n$$

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

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

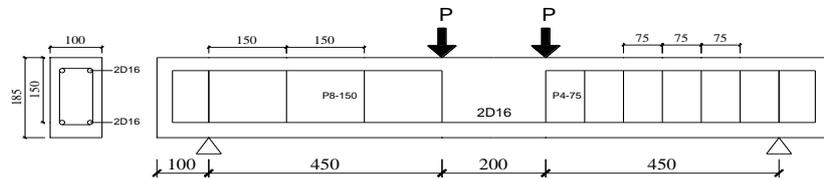
Menurut Niwa et al,1986 V_c dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$V_c = 0,2f'c^{\frac{1}{3}} \left(\frac{d}{1000} \right)^{-\frac{1}{4}} (100\rho_b)^{\frac{1}{3}} \left(0,75 + \frac{1,4}{\left(\frac{d}{a} \right)} \right) bd \dots \dots \dots [3]$$

METODE

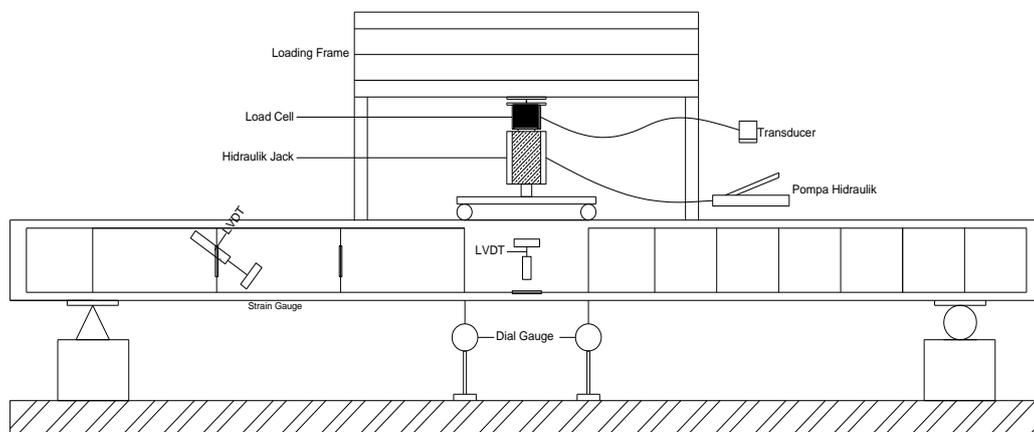
Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini merupakan metode eksperimental. Metode yang berupa percobaan benda uji agar didapatkan data atau hasil yang diselidiki dalam keadaan terkontrol. Penelitian ini harus dilakukan secara sistematis agar mendapatkan hasil yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

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

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban pada 2 titik pembebanan dengan jarak 20 cm pada tengah bentang. *Setting up* alat pengujian dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. *Setting Up* Alat Pengujian Balok (Standar ASTM Vol. 04.02)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Bahan

Pengujian material agregat halus meliputi pengujian kadar lumpur, kandungan zat organik, *specific gravity*. Adapun hasil pengujian agregat halus disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Keterangan
<i>Absorbtion</i>	3,093 %	-	-
<i>Apparent Specific Gravity</i>	2,594 gr/cm ³	-	-
<i>Bulk Specific Gravity</i>	2,401 gr/cm ³	-	-
Kandungan Zat Organik	Kuning Muda	Kuning Muda	Memenuhi syarat
Kandungan Lumpur	0,6 %	Maksimal 5%	Memenuhi syarat
<i>Bulk Specific SSD</i>	2,475 gr/cm ³	2,3 – 2,7 gr/cm ³	Memenuhi syarat

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

Table 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
<i>Absorbtion</i>	0,733 %	-	-

<i>Apparent Specific Gravity</i>	2,735 gr/cm ³	-	-
<i>Bulk Specific Gravity</i>	2,681 gr/cm ³	-	-
<i>Bulk Specific SSD</i>	2,700 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. Baja yang digunakan merupakan potongan tulangan baja ulir yang akan digunakan sebagai tulangan pada balok beton bertulang dengan diameter tulangan Ø16 mm dengan panjang 30 cm yang dibubut sepanjang L_0 6,5 cm dan diameter setelah dibubut 14 mm, tulangan baja polos diameter tulangan Ø8 mm dan diameter tulangan Ø4 mm yang digunakan sebagai tulangan sengkang. Adapun hasil pengujian kuat tarik baja disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian 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
A	8	49,02	21,34	28,19	435	575
A	4	12,57	5,7	6,68	445	530

Hasil Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar HVFA-SCC 50% terdiri dari *Flow Table Test*, *L-Box Test*, dan *V-funnel Test*, sedangkan beton normal dilakukan pengujian *slump*. Hasil pengujian beton segar tersebut disajikan dalam Tabel 4 hingga Tabel 6.

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

Kode	<i>Flow Table Test</i>			Waktu		Syarat menurut EFNARC	
	d1 (mm)	d2 (mm)	d _{rata-rata} (mm)	t ₅₀ (dt)	T ₅₀ (s)	d _{rata-rata} (mm)	Keterangan
HVFA 50%	650	630	640	3	2 – 5	550-800	Memenuhi

Tabel 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 50%	90	90	1	0,8 – 1,0	Memenuhi

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

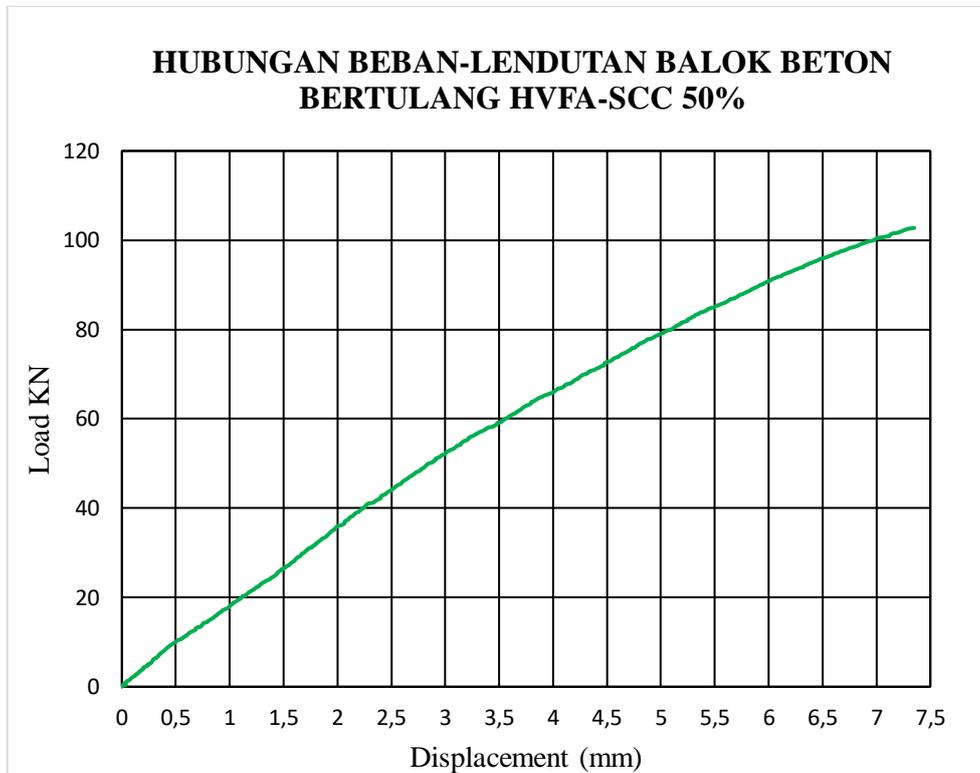
Kode	T (dt)	Syarat (dt)	Keterangan
HVFA 50%	7	6-12	Memenuhi

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

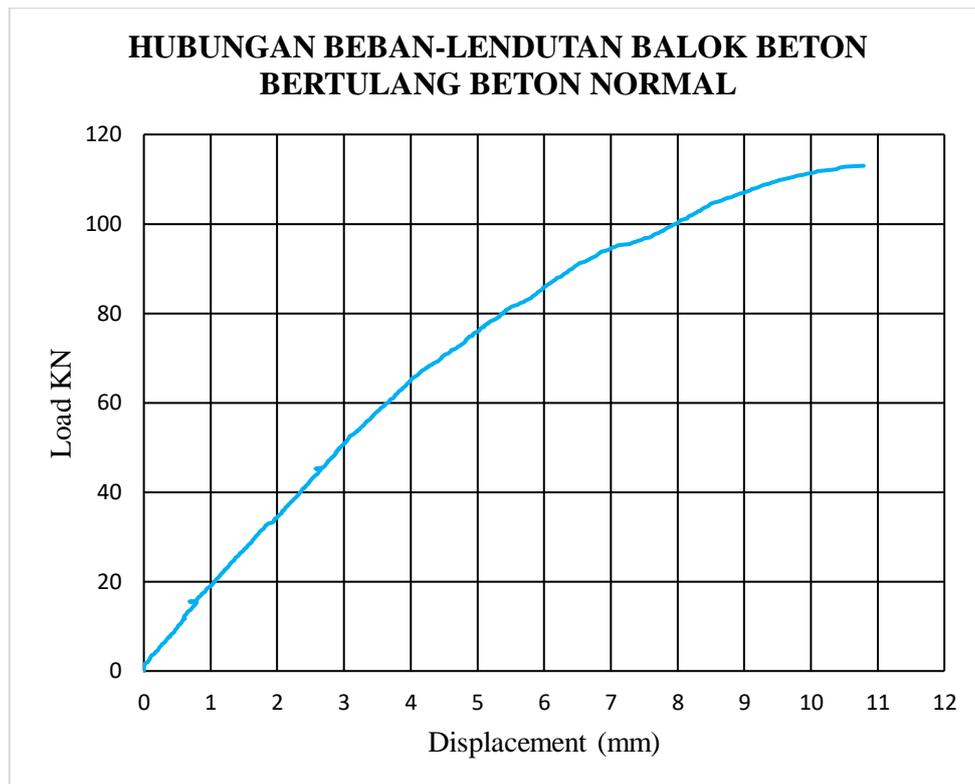
Nilai slump yang didapat pada pengujian beton normal adalah 10 cm. Berdasarkan PBI 1971 nilai slump yang disyaratkan untuk beton normal adalah 7.5-15 cm. Maka nilai slump dari beton normal memenuhi syarat.

Hasil Pengujian Kapasitas Geser Balok

Pada pengujian 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 pada titik beban P dilakukan setiap interval pembebanan 0,25 kN. Hubungan beban dan lendutan rata-rata hasil pengujian kapasitas geser balok beton bertulang normal dan balok beton bertulang HVFA-SCC 50% dapat dilihat pada gambar 3 dan 4 dibawah ini.



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



Gambar 4. Hubungan Beban-Lendutan Balok Beton Bertulang Normal

Berdasarkan grafik diatas balok HVFA-SCC 50% yang diuji pada umur 28 hari memiliki nilai lendutan pada titik beban P maksimum yang lebih kecil dibandingkan balok beton normal yang diuji pada umur 28 hari. Serta pada grafik hubungan 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.

Dari data diatas didapatkan rata-rata gaya geser balok HVFA-SCC 50% adalah 99,67 kN dan balok beton normal 97,25 kN, serta dapat dilihat bahwa gaya geser balok HVFA-SCC 50% lebih tinggi dibandingkan dengan balok beton normal.

SIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Beban yang dapat diterima pada balok HVFA-SCC 50% lebih tinggi dibandingkan dengan balok beton normal.
2. Lendutan yang dapat dihasilkan pada balok HVFA-SCC 50% lebih kecil dibandingkan dengan balok beton normal.
3. Kapasitas geser balok HVFA-SCC 50% lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitas balok beton normal.

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.

REFERENSI

- Ali S. Alqarni, Abdulrahman S. Albidah , Abdulaziz M. Alaskar, Aref A. Abadel. 2020. *The effect of coarse aggregate characteristics on the shear behavior of reinforced concrete slender beams*. Saudi Arabia.
- Anonim. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI T-15-1991-03)*. Bandung.

- 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).
- F. Ortiz Navas, Juan N.G., G. Leiva H., P. Serna, E. Cuenca. 2018. *An Experimental Study on the Shear behaviour of Reinforced Concrete Beams With Macro-Synthetic Fibres*. Construction and Building Materials 169 (2018).
- Ilham Aryono. 2019. *Kapasitas Geser Balok Beton Bertulang High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete (HVFA – SCC) Dengan Kadar Fly Ash 50%*, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- James G. MacGregor. *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. USA.
- Kukun Rusyandi, dkk. 2012. *Perancangan Beton Self Compacting Concrete (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan Fly Ash dan Structuro*. Garut.
- Stephen P. Timoshenko, James M. Gere. *Mekanika Bahan Jilid 1*. Jakarta.