

KAJIAN TEGANGAN REGANGAN DAN KUAT TEKAN BETON HVFA MEMADAT SENDIRI TERHADAP BETON NORMAL

Syifa Rahma Alisiyah¹⁾, Agus Setiya Budi²⁾, Endah Safitri³⁾

1) Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

2) Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

3) Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Kentingan Surakarta 57126; Telp. (0271) 634524, Fax 662118

Email : syifaalisiyah@gmail.com

Abstract

The utilization of fly ash from the residual of coal combustion can be used in concrete innovation because it has a small size as cement substituent and filler with a proportion of $\geq 50\%$. Fly ash contains high silica (SiO_2) functions as a pozzolan which can bind the results of the residual cement hydration reaction with water in the form of crystals of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ to CSH gel which can increase the strength of concrete, this innovation is known as High Volume Fly ash (HVFA) concrete. The use of other added materials in the form of superplasticizer so that the concrete can compact by itself aims to overcome the problem of forming cavities in reinforced concrete, this innovation is known as Self Compacting Concrete (SCC). If the innovations are combined can be called HVFA-SCC concrete. This study examines stress-strain and compressive strength of HVFA-SCC concrete against normal concrete with 50% fly ash content at 28 days. The samples of concrete are made in the form of cylinders measuring $150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ as much 5 samples. HVFA-SCC concrete were characteristics by 3 methods: flow table test, L-box test, and V-funnel test. The result of the test showed that maximum stress between HVFA-SCC concrete and normal concrete achieved when the strain value 0.005-0.006. The compressive strength value of HVFA-SCC concrete is greater than normal concrete, it can be concluded that the addition of fly ash can increase the strength of concrete.

Keyword : compressive strength, fly ash, HVFA-SCC

Abstrak

Pemanfaatan limbah fly ash dari sisa pembakaran batu bara dapat digunakan dalam inovasi beton karena ukurannya yang kecil sebagai substitusi semen dan filler dengan proporsi $\geq 50\%$. Fly ash mengandung silika (SiO_2) tinggi yang berfungsi sebagai pozolan yang dapat mengikat hasil sisa reaksi hidrasi semen dengan air berupa kristal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menjadi gel CSH yang dapat menambah kekuatan beton, inovasi tersebut dikenal sebagai beton High Volume Fly ash (HVFA). Penggunaan bahan tambah lain berupa superplasticizer agar beton dapat memadat sendiri bertujuan untuk mengatasi permasalahan terbentuknya rongga pada beton bertulang, inovasi tersebut dikenal sebagai beton Self Compacting Concrete (SCC). Apabila inovasi tersebut dikombinasikan dapat disebut sebagai beton HVFA-SCC. Penelitian ini mengkaji tegangan-regangan dan kuat tekan beton HVFA-SCC terhadap beton normal dengan kadar fly ash 50% berumur 28 hari. Sampel beton yang dibuat berupa silinder berukuran $150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ sebanyak 5 buah. Pengujian beton HVFA-SCC dilakukan dengan 3 metode yaitu : flow table test, L-box test, dan V-funnel test. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan maksimum antara beton HVFA-SCC dengan beton normal dicapai pada regangan tekan 0,005-0,006. Nilai kuat tekan beton HVFA-SCC lebih besar dari beton normal, hal tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan fly ash dapat meningkatkan kekuatan beton.

Kata Kunci : kuat tekan, fly ash, HVFA-SCC

PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan bangunan yang terbuat dari agregat dan pengikat berupa semen yang nantinya dapat mengeras seperti batu. Penelitian mengenai beton mengalami perkembangan seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, salah satunya inovasi mengenai beton memadat mandiri atau bisa disebut Self Compacting Concrete (SCC). Inovasi ini ditemukan karena beton konvensional dianggap kurang efisien sebab membutuhkan perhatian khusus pada saat penuangan, pemompaan, dan pemadatan dengan batang besi serta pengaturan di cetakan yang beresiko pada saat pengerjaannya. Beton Self Compacting Concrete (SCC) adalah beton yang mampu mengalir sendiri dan dapat dicetak pada bekisting tanpa alat pemadat karena dapat menyebar secara merata di ruang bekisting dan bisa mengalami pemerataan permukaannya sendiri dengan mengandalkan berat gravitasi campuran dan kekentalan beton. Zat kimia berupa superplasticizer digunakan pada penelitian ini sebagai bahan tambah yang diberikan pada campuran beton dengan kadar tertentu agar pencampuran air dan komponen solid terjadi secara efektif untuk memperoleh campuran beton dengan kualitas beton segar yang memadai (*workable*).

Bahan pengikat yang ada pada campuran beton yaitu semen, merupakan salah satu pemicu terjadinya Global Warming. Produksi semen menciptakan emisi gas CO_2 yang cukup signifikan. Salah satu cara untuk menanggapi emisi gas CO_2 akibat penggunaan semen pada campuran beton dapat menggunakan fly ash yang merupakan limbah dimanfaatkan sebagai bahan pengganti. Penggunaan kadar fly ash yang tinggi pada pembuatan beton yang bisa disebut High Volume Fly ash (HVFA). Jika mengacu pada latar belakang tersebut, maka dalam penelitian ini akan dikaji untuk mengetahui seberapa besar tegangan dan regangan beton High Volume Fly ash Self Compacting Concrete (HVFA-SCC) menggunakan kadar fly ash 50% dari berat semen dan kemudian akan dibandingkan dengan beton normal. Umur beton yang akan diuji adalah 28 hari.

LANDASAN TEORI

Beton *High Volume Fly ash* (HVFA)

Beton HVFA adalah beton dengan bahan campuran yang menggunakan *fly ash* sebagai substituen semen dengan proporsi lebih dari 50% total kebutuhan semen. Penambahan *fly ash* dapat meningkatkan *workability*, *flowability*, *pumpability*, *compactibility*, mengurangi panas hidrasi dan meningkatkan ketahanan terhadap serangan *sulfat*, *alkalisilica reactivity* (ASR) (Solis et al., 2010).

Beton *Self Compacting Concrete* (SCC)

Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah beton yang mampu mengalir karena berat dan melewati tulangan tanpa diperlukan alat penggetar, yang paling membedakan beton *Self Compacting Concrete* (SCC) dari beton konvensional adalah tingkat *workability* dan *flowability* yang tinggi. Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) bersifat kohesif dan dapat dikerjakan tanpa terjadi *bleeding* maupun segregasi. Untuk mencapai pada kualitas beton *Self Compacting Concrete* (SCC) tersebut diperlukan adanya *superplasticizer*. Cara kerja *superplasticizer* adalah dengan menyebarkan partikel semen menjadi merata dan memisahkan menjadi partikel-partikel yang halus sehingga reaksi pembentukan C-S-H (*tobermorite*) akan lebih merata. Karena penambahan *superplasticizer* tersebut beton *Self Compacting Concrete* (SCC) walaupun memiliki sifat yang encer tetapi tidak perlu melakukan penambahan faktor air semen, karena semakin banyak air akan menurunkan kuat tekan beton itu sendiri.

Tegangan Beton

Tegangan (σ) adalah gaya persatuan luas penampang benda, dengan rumus sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots [1]$$

Dengan :

- σ = Tegangan (MPa)
- F = Gaya (N)
- A = Luas Permukaan Penampang (mm²)

Regangan Beton

Regangan adalah perubahan relatif ukuran atau bentuk benda yang mengalami tegangan, dengan rumus sebagai berikut.

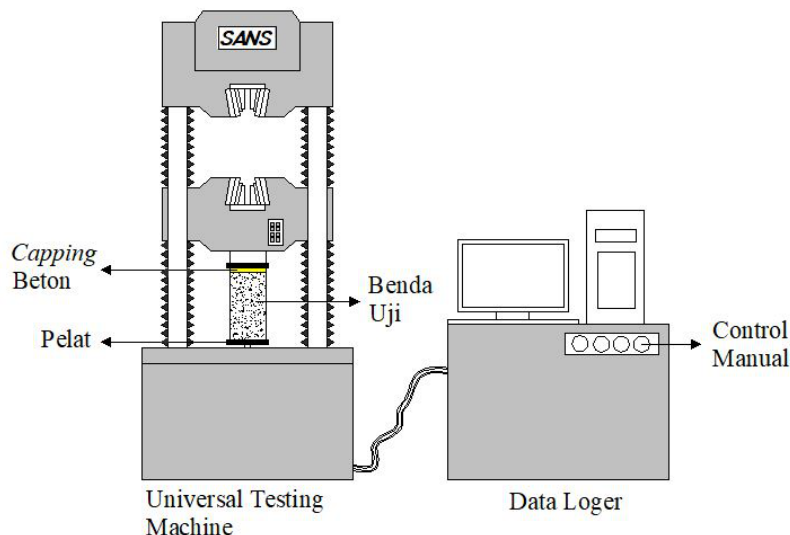
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \dots\dots\dots [2]$$

Dengan :

- ε = Regangan
- Δl = Selisih panjang awal dan panjang akhir (mm)
- l_0 = Panjang awal (mm)

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan oleh peneliti adalah metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret serta Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret. Benda uji yang dibuat dalam penelitian ini berupa beton HVFA-SCC dan beton normal berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 5 sampel, kandungan *fly ash* 50% untuk beton HVFA-SCC, dan dilakukan *capping* menggunakan belerang pada benda uji. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat desak menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*), kemudian data yang dihasilkan akan diolah menggunakan *Microsoft Excel*.



Gambar 1.

Sketsa Benda Uji

Gambar 2. *Setting Up* Pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material

Pengujian terhadap agregat kasar meliputi pengujian berat jenis (*specific gravity*), gradasi agregat kasar, dan keausan (abrasi). Hasil pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	<i>Bulk Specific Gravity</i>	2,51 gr/cm ³	-	-
2	<i>Bulk Specific SSD</i>	2,56 gr/cm ³	2,5 – 2,7 gr/cm ³	Memenuhi syarat
3	<i>Apparent Specific Gravity</i>	2,65 gr/cm ³	-	-
4	<i>Absorbtion</i>	2,10 %	-	-
5	Keausan Agregat	26,92 %	< 50 %	Memenuhi syarat

Pengujian terhadap agregat halus meliputi pengujian berat jenis (*specific gravity*), gradasi agregat, dan kandungan lumpur yang terkandung pada agregat halus. Hasil pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	<i>Bulk Specific Gravity</i>	2,50 gr/cm ³	-	-
2	<i>Bulk Specific SSD</i>	2,55 gr/cm ³	2,5 – 2,7 gr/cm ³	Memenuhi syarat
3	<i>Apparent Specific Gravity</i>	2,63 gr/cm ³	-	-
4	<i>Absorbtion</i>	1,94 %	-	-
5	Kandungan Lumpur	4,50%	Maksimal 5%	Memenuhi syarat
6	Kandungan Zat Organik	Kuning Muda	Kuning Muda	Memenuhi syarat

Pengujian *fly ash* yang didapatkan berupa hasil jumlah kandungan Al₂O₃ + SiO₂ + Fe₂O₃ sebesar 64,17 % dengan kandungan Al₂O₃ sebesar 11,29 %, SiO₂ sebesar 31,76 %, Fe₂O₃ sebesar 21,12 %. Sedangkan kadar SO₃ sebesar 1,67% dan CaO sebesar 15,02 %. Sehingga menurut ASTM C-618 *fly ash* yang digunakan termasuk kedalam *fly ash* kelas C sedangkan menurut CSA A3001 termasuk *fly ash* tipe Cl.

Rancang Campur (*Mix Design*)

Rancang campur yang dibuat untuk kebutuhan bahan beton jenis HVFA-SCC (*High Volume Fly ash - Self Compacting Concrete*) dan jenis beton normal dalam 1 m³ disajikan dalam Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Mix Design Beton HVFA-SCC (*High Volume Fly ash - Self Compacting Concrete*) dan Beton Normal

Kode	Presentase <i>Fly ash</i>	Semen (kg/m ³)	<i>Fly ash</i> (kg/m ³)	Kerikil (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Air (lt/m ³)	Sp (lt/m ³)
HVFA-SCC	50%	250	250	773,70	870,30	145	8
NC	-	450	-	954,69	670,31	225	-

Hasil Pengujian Beton Segar

Hasil pengujian dari beton HVFA-SCC (*High Volume Fly ash - Self Compacting Concrete*) terdiri dari *Flow Table Test*, *L-Box Test*, dan *V-funnel Test*, sedangkan beton normal dilakukan pengujian *slump*. Hasil pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Beton Segar HVFA-SCC (*High Volume Fly ash - Self Compacting Concrete*)

Jenis Pengujian	Parameter	Hasil Pengujian Beton Segar Kadar <i>Fly ash</i> 50%	Persyaratan Beton SCC (EFNARC 2002)	Kesimpulan
<i>Flow Table Test</i>	Diameter (mm)	700	600-700 mm	Memenuhi syarat
	t_{50} (detik)	3,16	2-5 detik	Memenuhi syarat
<i>L-Box Test</i>	h_1/h_2	0,94	0,8-1	Memenuhi syarat
<i>L-Box Test</i>	t (detik)	9,34	8-12 detik	Memenuhi syarat

Hasil pengujian dari beton normal didapatkan nilai *slump* sebesar 11 cm.

Kuat Tekan

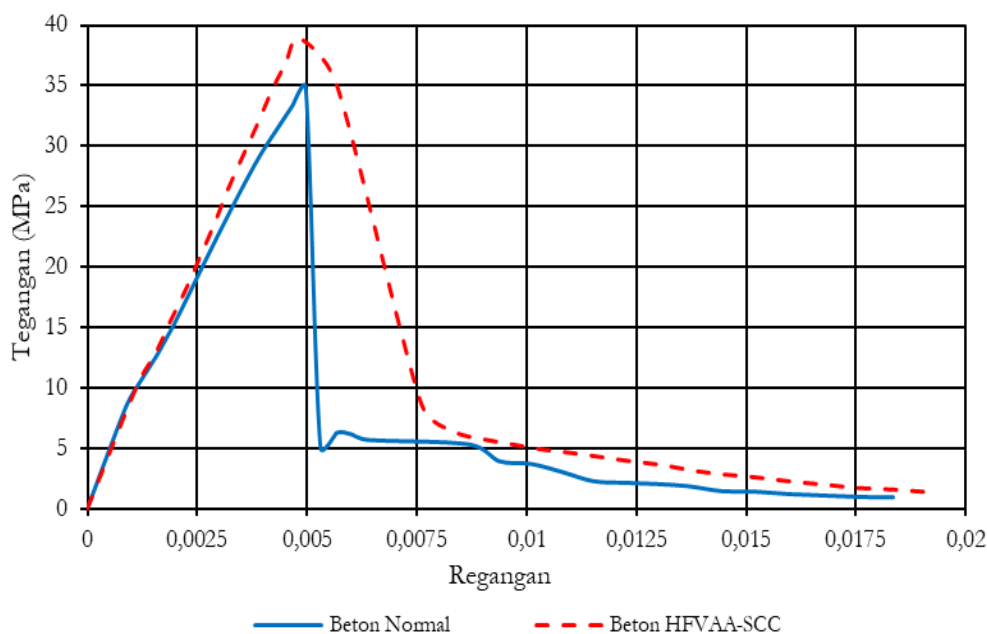
Hasil dari nilai kuat tekan yang didapatkan dari pengujian benda uji pada alat UTM (*Universal Testing Machine*) bertujuan untuk mengetahui grafik hubungan antara tegangan – regangan beton yang terjadi saat pembebanan tertentu sampai mengalami keruntuhan. Data hasil kuat tekan pada beton HFVA-SCC dan beton normal disajikan pada Tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton HVFA-SCC dan Beton Normal

Parameter	Benda Uji	
	Beton HVFA-SCC	Beton Normal
Kuat Tekan (MPa)	38,95	34,88

Hasil Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Beton

Data – data yang diambil pada pengujian kuat tekan meliputi data pembebanan dan perubahan panjang yang diperoleh dari pembacaan alat UTM (*Universal Testing Machine*) dan di plot menggunakan *microsoft excel* menjadi grafik hubungan tegangan dengan regangan rata-rata seperti dibawah.



Gambar 3. Grafik Tegangan - Regangan Beton HVFA-SCC dan Beton Normal

Berdasarkan Gambar 3, didapatkan nilai tegangan maksimum (*Maximum Stress*) sebesar 38,95 MPa pada beton HVFA-SCC dan 34,88 MPa pada beton normal. Nilai regangan pada saat tegangan maksimum (*peak strain*) sebesar 0,00483 pada beton HFVA-SCC dan 0,00497 pada beton normal. Dapat diketahui bahwa penambahan *fly ash* pada penelitian ini dapat mempengaruhi penambahan nilai kuat tekan pada beton. Nilai dari tegangan dan regangan beton disajikan pada Tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil Pengujian Tegangan dan Regangan Beton HVFA-SCC dan Beton Normal

Parameter	Benda Uji	
	Beton HVFA-SCC	Beton Normal
Maximum Stress (MPa)	38,95	34,88
Peak strain (ϵ_0)	0,00483	0,00497

SIMPULAN

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan *fly ash* pada beton HVFA-SCC (*High Volume Fly ash - Self Compacting Concrete*) dengan kadar *fly ash* 50% dengan umur beton 28 hari memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar dari pada beton normal, artinya penambahan *fly ash* dapat menambah kekuatan pada beton.
2. Nilai regangan pada saat tegangan maksimum (*peak strain*) yang terjadi antara beton HVFA-SCC (*High Volume Fly ash - Self Compacting Concrete*) dengan beton normal memiliki nilai yang sama yaitu berkisar antara 0,004-0,005.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Agus Setiya Budi, S.T., M.T. dan Dr. Endah Safitri, S.T., M.T. selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran dan keikhlasan telah memberi koreksi dan arahan sehingga menyempurnakan hasil karya tulis penyusunan. Rasa terima kasih penulis sampaikan juga kepada tim skripsi Gabungan Super yang telah berjuang bersama untuk menggapai kelulusan.

REFERENSI

- Andreas Nur Hadi. 2017. "Pengaruh Kadar Fly ash Terhadap Hubungan Tegangan dan Regangan pada High Volume Fly ash Self Compacting", Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- 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. 2003. "Standard specification for fly ash and raw calcined natural pozzolan for use as mineral admixture in portland cement concrete (ASTM C 618-03 2003)". Philadelphia, United States: Annual Book of ASTM Standard.
- Anonim. 2005. "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use". The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems (EFNARC).
- ASTM, C. 2001. "Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of fine aggregate". United States: ASTM International.
- ASTM, C. 2002. "Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates". Annual Book of Standards, 4(02). ASTM
- C. 2003. "Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing". Annual Book of ASTM Standards, 4.
- ASTM, C. 2014. 1611. "Standard test method for slump flow of self-consolidating concrete", ASTM Int, 1-6.
- Karina Puspa Amalia. 2018. "Pengaruh Kadar Fly ash Terhadap Karakteristik Material Pada High Volume Fly ash Self Compacting Concrete (HVFA-SCC)", Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Kumar Mehta. 2006. *High Volume Fly ash Concrete for Sustainable Development*. International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology. University of California. USA.