

KAJIAN TEGANGAN-REGANGAN DAN KUAT TEKAN HVFA KADAR 50% MEMADAT SENDIRI TERHADAP BETON NORMAL DENGAN KEKANGAN TEFLON

Maulana Eva Rozani¹⁾, Agus Setiya Budi²⁾, Senot Sangadji³⁾

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

^{2),3)}Pengajar Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Kentingan Surakarta 57126; Telp 0271-634524

Email: maulanarzn@gmail.com

Abstract

Utilization of coal waste in the form of Fly Ash (Fly Ash) is currently developing continuously. The issue of global warming triggers the emergence of this innovation. In the world of construction, cement is a major component. Cement production itself is a major contributor to global warming. Study after study is conducted to reduce the use of cement. Then came the idea of using Fly Ash to substitute cement in concrete. Concrete with the use of Fly Ash in a high percentage is called High Volume Fly Ash Concrete (HVFA) where at least 50% of the amount of cement used as a binder is replaced with Fly Ash. Application of the use of Fly Ash in concrete requires a blend of Self-Compacting Concrete technology. utilize aggregate size settings, aggregate portions and admixture substances in the form of superplasticizer to achieve special thickness which allows for concrete mix to flow on its own without the aid of a compactor.

This research uses High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete (HVFA-SCC). The method used in this study is an experimental method, where the research was conducted at the Laboratory of Materials and Structure of the Civil Engineering Department of Sebelas Maret University. In this study, the specimens consisted of 2 types namely normal concrete and HVFA-SCC 50% concrete 28 days old which has a cylindrical shape with a width of 150 mm and a height of 300 mm. In this study also examines the effect of the restraining media to reduce the frictional forces that occur during stress testing, namely with Teflon restraints. Teflon is placed at both ends of the test object during the loading process.

High Ash Fly Ash Concrete Self Compacting Concrete (HVFA-SCC) has a maximum stress value of 36,98 MPa while Normal Concrete has a maximum stress of 21,24 MPa. The peak strain on the HVFA-SCC Concrete is 0,0068 and the normal concrete peak strain is 0,0071.

Keywords: Fly Ash, HVFA-SCC, Teflon, Stress and Strain

Abstrak

Pemanfaatan limbah batu bara berupa abu terbang (*Fly Ash*) dewasa ini berkembang terus menerus. Isu pemanasan global menjadi pemicu munculnya inovasi ini. Dalam dunia konstruksi, semen merupakan komponen utama. Produksi semen sendiri menjadi penyumbang besar dalam pemanasan global. Penelitian demi penelitian dilakukan untuk mengurangi penggunaan semen. Kemudian muncul ide menggunakan *Fly Ash* untuk substitusi semen pada beton. Beton dengan penggunaan *Fly Ash* dalam presentase tinggi disebut *High Volume Fly Ash Concrete* (HVFA) dimana setidaknya 50% dari penggunaan jumlah semen sebagai bahan pengikat, digantikan dengan *Fly Ash*. Aplikasi penggunaan *Fly Ash* kedalam beton diperlukan paduan teknologi *Self-Compacting Concrete*. memanfaatkan pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan zat admixture berupa superplastisizer untuk mencapai kekentalan khusus yang memungkinkan untuk campuran beton mengalir dengan sendirinya tanpa bantuan alat pemadat.

Penelitian ini menggunakan beton *High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC). Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, dimana penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Jurusan Teknik Sipil UNS. Pada penelitian ini benda uji terdiri dari 2 jenis, yaitu beton normal dan beton HVFA-SCC 50% usia 28 hari yang memiliki bentuk silinder dengan ukuran lebar diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Dalam penelitian ini juga mengkaji pengaruh media pengekan untuk mengurangi gaya friksi yang terjadi pada saat pengujian kuat desak yaitu dengan kekangan teflon. Teflon diletakkan pada kedua ujung benda uji pada saat proses pembebanan.

Beton *High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 36,98 MPa sedangkan Beton Normal memiliki tegangan maksimum sebesar 21,24 MPa. Regangan puncak pada Beton HVFA-SCC sebesar 0,0068 dan regangan puncak beton normal sebesar 0,0071.

Kata kunci : *Fly Ash*, HVFA-SCC, Teflon, Tegangan dan Regangan

PENDAHULUAN

Permasalahan *global warming* yang disebabkan oleh emisi gas dalam produksi semen untuk memenuhi kebutuhan konstruksi sudah sangat sulit dikendalikan. Kebutuhan manusia dan kebutuhan konstruksi berbanding lurus dengan laju pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat. Beberapa solusi telah diterapkan dengan membuat campuran beton ramah lingkungan. Salah satunya adalah penggunaan abu terbang (*Fly Ash*) sebagai bahan pengganti semen. *Fly Ash* adalah sisa pembakaran batu bara yang dilakukan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan termasuk kedalam limbah berbahaya (B3). *Fly Ash* sendiri dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen karena *Fly Ash* bersifat Pozzolan dan sebagai bahan *filler*. Di dalam *Fly Ash* sendiri memiliki kandungan silika dan alumina yang tinggi sehingga karakteristik yang dimiliki *Fly Ash* hampir sama dengan karakteristik pada semen. Inovasi yang muncul terkait dengan beton *High Volume Fly Ash* adalah campuran beton yang dapat mengalir

ke semua celah dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton tanpa memerlukan *vibrator* sehingga meningkatkan *workability*. Inovasi tersebut dikenal dengan *High Volume Fly Ash -Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC).

Beton yang mengalami gaya tekan tentunya akan menimbulkan tegangan (*stress*) di dalam beton. Tegangan ini menyebabkan bahan beton mengalami regangan (*strain*). Hubungan antara tegangan regangan dapat ditampilkan dalam kurva grafik tegangan-regangan. Pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan mesin uji tekan, selalu terjadi gaya *friction* pada permukaan atas dan bawah beton yang bersentuhan dengan plat pada mesin uji tekan. Hal tersebut mengakibatkan pengaruh terhadap perilaku tegangan-regangan pada beton karena distribusi gaya yang kurang merata. Untuk mengurangi gaya *friction* yang terjadi pada permukaan atas dan bawah beton saat pengujian diberikan media pengekang. Salah satu media yang dapat digunakan adalah Teflon.

Penelitian ini mengkaji mengenai Perilaku Tegangan-Regangan Beton HVFA-SCC (Kadar *Fly Ash* 50%) Pada Pembebanan Uniaksial Tekan dengan Media pengekang Teflon. Hasil dari penelitian adalah menganalisis perilaku tegangan-regangan yang terjadi pada beton HVFA-SCC dengan media teflon dan kemudian dibandingkan dengan beton normal dengan dimensi 150mm x 300mm. Umur beton akan diuji pada umur 28 hari.

TINJAUAN PUSTAKA

High Volume Fly Ash – Self Compacting Concrete (HVFA-SCC) adalah kombinasi teknologi beton memadat mandiri dengan menggunakan kadar *Fly Ash* yang tinggi. Syarat minimal beton HVFA adalah dengan mengganti semen dengan *Fly Ash* minimal 50% dari total binder.

Menurut ASTM C618-03, *Fly Ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis yang dapat dilihat pada tabel 1 :

Tabel 1. Senyawa Kimia *Fly Ash*

Senyawa Kimia	Kelas		
	N	F	C
Oksida Silika (SiO ₂) + Oksida Alumina (Al ₂ O ₃) + Oksida Besi (Fe ₂ O ₃), minimum %	70	70	50
Trioksida Sulfur (SO ₃), maksimum %	4	5	5
Kadar air, maksimum %	3	3	3
Kehilangan panas, maksimum %	10	6	6

Penyusun *Fly Ash* sebagian besar terdiri dari silikat dioksida (SiO₂), aluminium oksida (Al₂O₃), besi (Fe₂O₃), dan kalsium (CaO), serta magnesium, pottasium, sodium, titanium, dan sulfur dalam jumlah yang lebih sedikit. Pemakaian *Fly Ash* sebagai pengganti semen berguna terutama untuk meningkatkan durabilitas beton, karena kandungan silikat dioksida (SiO₂) di dalam *Fly Ash* yang tinggi akan mengikat Ca(OH)₂ untuk menghasilkan CSH (*Calcium Silicat Hydrate*), senyawa utama yang membangun kekuatan beton. Secara mekanis *Fly Ash* ini akan mengisi ruang kosong (rongga) diantara butiran-butiran dan secara kimiawi pemanfaatan *Fly Ash* yang memiliki kandungan silika (SiO₂) yang tinggi memberikan kontribusi positif terhadap proses hidrasi semen (Solikin, 2012).

Selama uji desak, kontak antara pelat ujung logam dan spesimen beton menciptakan friksi di ujung beton, yang mempengaruhi perilaku tegangan-regangan beton. Dalam penggunaan pelat pengekang pada saat pengujian desak beton, friksi yang terjadi dapat diminimalisir sehingga keruntuhan beton yang terjadi lebih cepat dibandingkan dengan tanpa pengekang. Efek pengekangan pelat memiliki pengaruh yang besar pada kondisi beton *post-peak* (Kumar *et al.*)

Tegangan adalah gaya persatuan luas penampang benda dan diberi notasi “ σ ” (*sigma*). Secara matematis tegangan dapat dirumuskan dengan persamaan [1] :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad [1]$$

Dengan :

σ = Tegangan (MPa)

P = Gaya (N)

A = Luas bidang tekan (mm²)

Regangan yaitu perubahan relative ukuran atau bentuk benda yang mengalami tegangan dan diberi notasi “ ϵ ”. Secara matematis regangan dapat di rumuskan dengan persamaan [2]:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad [2]$$

Dengan :

ϵ = Regangan

Δl = Selisih panjang awal dan panjang akhir (mm)

l_0 = Panjang awal (mm)

METODE

Metode penelitian ini adalah eksperimen, dimana digunakan variasi kadar *Fly Ash* pada HVFA-SCC yaitu 50% serta beton normal sebagai pembanding. Sampel tersebut berbentuk silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm. Untuk pengujian *Fly Ash* dengan uji XRF. Pada saat pengujian Kuat Desak menggunakan alat (*Universal Testing Machine*) UTM kemudian kekangan yang digunakan adalah Teflon. Dari sampel tersebut didapatkan karakteristik kurva tegangan-regangan beton HVFA-SCC yang dibandingkan dengan beton normal pada usia 28 hari. Untuk pengujian parameter SCC yaitu *slump flow test*, *V-Vunnel test*, dan *L-Box test*. Standar SCC yang digunakan berdasarkan *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete* (EFNARC) 2002.



Gambar 1. *Universal Testing Machine*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mix Design

Kebutuhan bahan adukan beton jenis *High Volume Fly Ash - Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) dan jenis Beton Normal untuk 1m³ disajikan dalam tabel 2 :

Tabel 2. *Mix Design* untuk 1m³

Beton	Agregat Kasar (kg/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	<i>Fly Ash</i> (kg/m ³)	Air (lt/m ³)	Admixture (lt/m ³)
HVFA-SCC 50%	772,7	875,3	250	250	140	8
Beton Normal	943,69	665,31	450	-	225	-

Hasil Pengujian *Fly Ash*

Jumlah kandungan Al₂O₃ + SiO₂ + Fe₂O₃ adalah 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.

Hasil Pengujian Sifat SCC Beton Segar

Pengujian beton segar dilakukan sesuai aturan EFNARC 2002. “*Specification and Guidelines for Self – Compacting Concrete*”. Pengujian Beton segar dilakukan dengan beberapa metode yaitu *Slump Flow Test*, *L-Box Test*, dan *V-Vunnel Test*.

Pengujian *slump flow test* disajikan dalam tabel 3 :

Tabel 3. *Slump flow test*

Kode	D1(mm)	D2(mm)	D rata-rata (mm)	T 50 (s)
HVFA-SCC 50%	700	700	700	3,16

Pengujian *L-Box test* disajikan dalam tabel 4 :

Tabel 4. *L-Box test*

Kode	H1(mm)	H2(mm)	H2/H1
HVFA-SCC 50%	85	90	0,94

Pengujian *V-Vunnel test* didapatkan hasil $t = 9,34$ s. Dari hasil pengujian sifat beton segar HVFA-SCC 50% dapat disimpulkan bahwa memenuhi syarat berdasarkan standar EFNARC 2002. Pada pengujian beton normal nilai slump yang didapat adalah 12 cm. Berdasarkan PBI 1971 nilai slump yang disyaratkan untuk beton normal adalah 7.5-15 cm. Sehingga nilai slump memenuhi syarat.

Hasil Pengujian Kuat Desak Beton

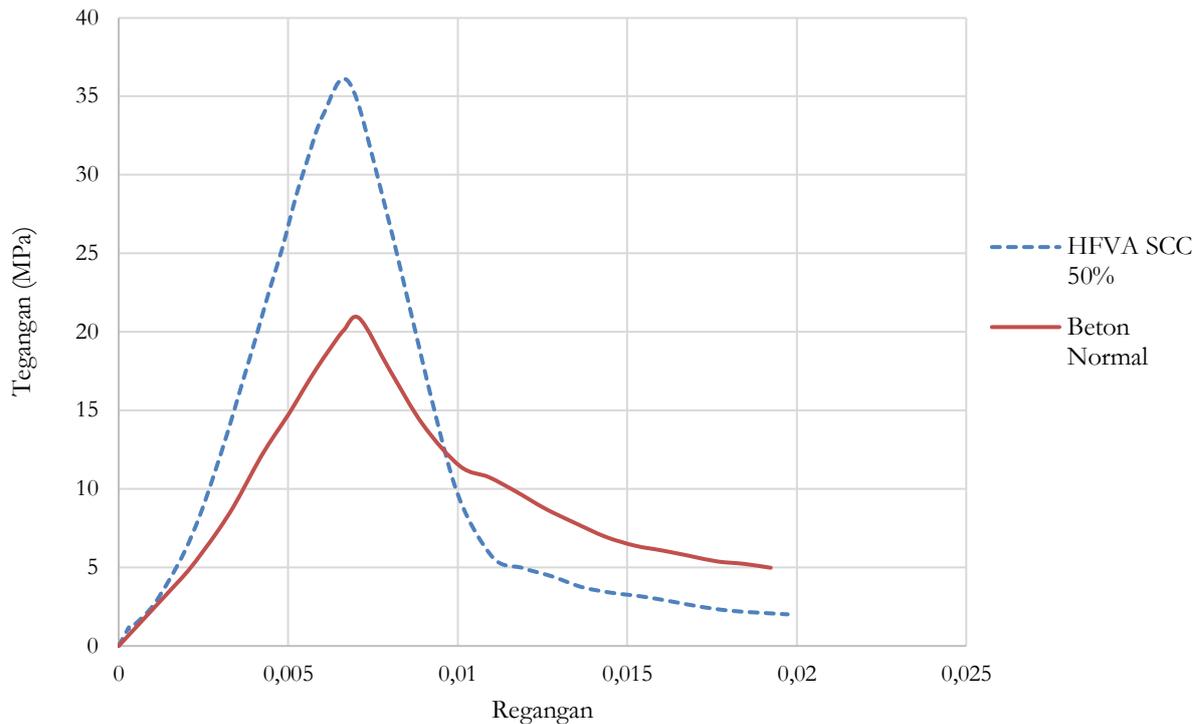
Pengujian kuat desak beton dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) untuk mendapatkan beban maksimum (P_{maks}). Hasil pengujian kuat desak disajikan dalam Tabel 5 :

Tabel 5. Hasil Kuat Desak HVFA-SCC 50% dan Beton Normal

Benda Uji	Luas (mm ²)	Rata-rata Beban Maks(N)	Rata-Rata Kuat Desak (Mpa)
HVFA-SCC 50%	17671,46	656820	35,86
Beton Normal	17671,46	393970	20,86

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan HVFA-SCC 50% dan Beton Normal didapatkan bahwa nilai rata-rata kuat desak HVFA-SCC 50% sebesar 36,98 MPa dan Beton Normal sebesar 20,86 MPa. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan *fly ash* dapat meningkatkan kuat desak beton karena sifat *Fly Ash* sebagai *filler*. Sifat Filler adalah dapat mengisi pori-pori yang kosong pada beton sehingga beton lebih padat.

Berikut ditampilkan salah satu kurva tegangan regangan HVFA-SCC 50% dan Beton Normal:



Gambar 2. Kurva Tegangan Regangan Rata-rata HVFA-SCC 50% dan Beton Normal

Dari kurva tegangan-regangan di atas dapat dilihat bahwa karakteristik kurva tegangan regangan antara beton HVFA-SCC 50% dengan beton normal relatif sama. Pada kondisi *Post Peak* untuk kurva beton normal menghasilkan kurva yang lebih landai dibandingkan dengan HVFA-SCC 50%. Hasil pengujian ini menunjukkan beton normal memiliki daktilitas yang lebih tinggi, ditunjukkan pada kondisi *Post Peak* beton normal masih mampu menahan gaya yang diberikan, sedangkan pada beton HVFA-SCC pada kondisi *Post Peak* mengalami penurunan yang curam karena beton HVFA-SCC yang langsung runtuh setelah *peak*. Tegangan residu antara beton HVFA-SCC dan beton Normal relatif sama. Penggunaan *Fly Ash* pada kadar 50% menunjukkan bahwa karakteristik beton yang dihasilkan relatif sama dengan beton normal, sehingga penggunaan *Fly Ash* dengan kadar 50% sebagai pengganti semen dapat diterapkan pada pengecoran beton struktural seperti pelat, kolom, dan balok. Dalam segi biaya dan lingkungan HVFA-SCC dalam penerapannya lebih menguntungkan dibandingkan dengan beton normal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Rata-rata kuat desak yang dihasilkan oleh HVFA-SCC 50% sebesar 35,86 MPa sedangkan Beton Normal sebesar 20,86 MPa.
2. Penggunaan *Fly Ash* meningkatkan Kuat desak dari beton karena *Fly Ash* bersifat *filler*. Dengan menggunakan *Fly Ash* dengan kadar 50% akan mengurangi penggunaan semen sehingga mengurangi biaya produksi beton dan mengurangi efek rumah kaca yang ditimbulkan semen
3. Penggunaan *Fly Ash* membuat beton lebih daktil sehingga regangan yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan beton normal

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Bapak Agus Setiya Budi S.T, M.T dan Bapak Dr. Senot Sangadji, S.T, M.T. telah membimbing penulis dalam penelitian dan penyusunan ini.

REFERENSI

- Anonim. 2000. SNI 03-1974-1990, "Metode pengujian kuat tekan beton". Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Anonim. 2003. ASTM C 618-03, "Standard Specification for Pozzolan and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete". Association of Standard Testing Materials. United States
- Anonim. 1971. PB1-1971, "Peraturan Beton Bertulang Indonesia". Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung
- EFNARC. 2002, "Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete"

- S. Kumar, T. Mukhopadhyay, S. A. Waseem, B. Singh, dan M. A. Iqbal. “*Effect of platen restraint on stress-strain behaviour of concrete under uniaxial compression: A comparative study*”. Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Roorkee, Roorkee, India
- Solikin, Mochamad. 2012. “Analisis Sifat Mekanis Beton Mutu Normal dengan Pemakaian *Fly Ash* sebagai pengganti Semen”. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta