

PENGARUH KADAR FLY ASH TERHADAP KUAT TEKAN PADA *HIGH VOLUME FLY ASH-SELF COMPACTING CONCRETE* (HVFA-SCC) BENDA UJI D 15 CM X 30 CM USIA 28 HARI.

Isnadia Nurul Fatimah^[1], Agus Setiya Budi^[2], Senot Sangadji^[3]

^[2] Pengajar Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

^[3] Pengajar Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36 A, Ketingan Surakarta 57126. Telp (0271)647069. Fax 662118

Email : isnadia.nf@gmail.com

ABSTRACT

In an effort to reduce global warming due to CO₂ waste from cement production used fly ash as a cement substitution material. The silica plus alumina compounds will bind the residual compound of the cement hydration (calcium hydroxide, Ca (OH)₂) which has no binding ability, to be a new compound that have cementitious properties. The reaction makes the concrete stronger and solid. Fly ash also has a ball bearing effect that enhances workability. In this research will be analyzed the effect of fly ash content on compressive strength of each content of High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete (HVFA-SCC) Fly Ash as a cement substitute at High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete (HVFA SCC) has proportion start form 50%. Concrete testing was performed with sample diameter 15 cm x 30 cm at 28 days. In this study comparing 3 variations of fly ash content in HVFA-SCC concrete that is 50%, 60%, 70% and normal concrete. The results show that with the increase of fly ash content, the compressive strength of concrete decreased at 28 days. The resulting compressive strength of 50%, 60%, 70% and normal concrete is 60.58 MPa, 45.86 MPa, 38.21 MPa, 62.47 MPa.

Keywords : HVFA SCC, fly ash, compressive strength

ABSTRAK

Dalam upaya mengurangi efek *global warming* akibat limbah CO₂ hasil pembakaran semen ditelitilah *fly ash* sebagai bahan substitusi semen. Kandungan senyawa silika ditambah alumina akan mengikat senyawa sisa hasil hidrasi semen (kalsium hidroksida, Ca(OH)₂) yang tidak mempunyai kemampuan mengikat, menjadi senyawa baru yang mempunyai sifat *cementitious* (mengikat) sehingga meningkatkan kekuatan beton yang dihasilkan. *Fly ash* juga memiliki sifat *ball bearing effect* yang meningkatkan *workability*. Pada penelitian ini akan dianalisis pengaruh kadar *fly ash* terhadap kuat tekan yang dihasilkan masing masing kadar *High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete (HVFA-SCC) Fly Ash* sebagai substitusi semen pada *High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete (HVFA SCC)* memiliki kadar mulai dari 50%. Pengujian beton dilakukan dengan sample diameter 15 cm x 30 cm pada 28 hari. Pada penelitian ini dibandingkan 3 variasi kadar *fly ash* yaitu 50%, 60%, 70% dan beton normal. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan HVFA-SCC semakin besar kadar *fly ash* semakin rendah kuat tekan yang dihasilkan. Kuat tekan yang dihasilkan untuk kadar *fly ash* 50%, 60%, 70% dan beton normal adalah 60.58 MPa, 45.86 MPa, 38.21 MPa, 62.47 MPa.

Kata Kunci : HVFA SCC, fly ash, kuat tekan

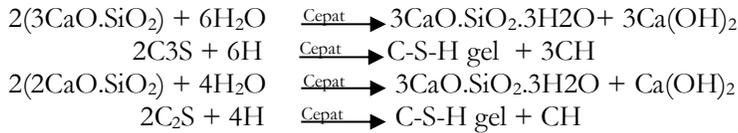
PENDAHULUAN

Self Compacting Concrete (SCC) memiliki tingkat kecairan (*fluidity*) tinggi sehingga mampu mengalir dan mencapai kepadatan tertingginya sendiri tanpa mengalami pemisahan air dengan semen dari adukan (*bleeding*) maupun pemisahan agregat dari adukan (*segregasi*). Penggunaan beton SCC ini dapat memberikan keuntungan ekonomi karena beberapa faktor diantaranya menekan jumlah tenaga kerja dan mengurangi kebisingan karena proses pematatannya tidak memerlukan bantuan alat penggetar (*vibrator*) dari segi kualitas beton SCC dinilai memiliki durabilitas yang baik serta menghasilkan permukaan beton yang rata dan halus.

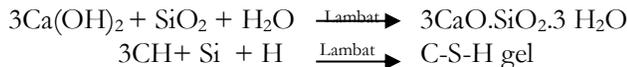
Jika produksi beton SCC meningkat akan berbanding lurus dengan banyaknya semen yang harus diproduksi. Menurut Kementerian Perindustrian Republik Indonesia memperkirakan total kapasitas produksi semen pada tahun 2017 akan mencapai 102 juta ton dengan emisi karbondioksida yang dihasilkan sebesar 0,77 ton CO₂ per ton semen yang diproduksi. Angka tersebut sangat besar pengaruhnya dalam timbulnya efek rumah kaca (*green house effect*) yang memicu terjadinya pemanasan global (*global warming*)

DASAR TEORI

Pemakaian *fly ash* akan menurunkan kekuatan awal beton, namun dengan masih berlangsungnya reaksi *pozzolanic* maka kekuatan beton akan meningkat dalam jangka waktu yang lama. Reaksi kimia yang terjadi pada beton normal yaitu hidrasi C_3S dan C_2S adalah sebagai berikut :



$Ca(OH)_2$ sendiri adalah produk hidrasi reaksi dari semen dengan air yang memiliki sifat rapuh dan larut di dalam air. Kalsium hidroksida yang dihasilkan akan membuat sifat basa kuat ($pH = 12,5$). Hal ini menyebabkan beton sensitif terhadap asam (Nugraha, 2007). Kalsium hidroksida dalam beton mudah sekali bereaksi dengan asam membentuk garam yang berdampak pada pengerosan beton. *Fly ash* mengandung silika atau silika alumina yang memiliki sedikit atau tidak ada sifat semen tetapi apabila dalam bentuk butiran yang halus dan kondisi lembab, bahan ini dapat bereaksi secara kimia dengan $Ca(OH)_2$ membentuk senyawa bersifat *cementitious*. Reaksi antara silika dengan kapur berlangsung sangat lambat, sehingga diperlukan waktu umur yang cukup lama untuk mencapai hasil kuat tekan yang optimal. Reaksi kimia $Ca(OH)_2$ dengan SiO_2 adalah sebagai berikut :



Dengan mencampurkan bahan pozolan pada jumlah yang sesuai dengan semen, unsur aktif SiO_2 akan bereaksi secara sekunder dengan $Ca(OH)_2$ untuk menghasilkan kalsium hidrosilikat. Menurut Mochamad Solikin(2011) pemakaian *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen berguna terutama untuk meningkatkan durabilitas beton, karena kandungan silika (SiO_2) di dalam *fly ash* yang tinggi akan mengikat $Ca(OH)_2$ untuk menghasilkan CSH (*Calcium Silicat Hydrate*), senyawa utama yang membangun kekuatan beton. Terlihat bahwa *fly ash* sebagai *filler* yang berfungsi mengisi rongga-rongga kapiler (*capillary porous*) pada beton dan bereaksi dengan kapur bebas yaitu $Ca(OH)_2$ membentuk CSH gel yang menyebabkan beton akan lebih padat, lebih kuat serta lebih kedap dan memiliki performa yang tinggi

METODE PENELITIAN

Bahan dan Proporsi Campuran

Bahan bahan yang digunakan untuk membuat campuran HVFA SCC antara lain :

1. *Powder*
 - a. Semen : semen yang digunakan adalah *Ordinary Portland Cement* Indocement.
 - b. *Fly ash* : *fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* tipe F hasil dari PLTU Paiton. *Fly ash* digunakan sebagai substitusi semen sebesar 50%-70%
2. Agregat kasar
Volume agregat kasar sebesar 50% dari total volume beton. Ukuran butir maksimum untuk HVFA SCC adalah 16 mm. Ukuran butir maksimum untuk beton normal adalah 35 mm *Specific gravity* sebesar 2,630 t/m³
3. Agregat halus
Volume agregat halus sebesar 50% dari total volume beton. Ukuran butir maksimum 0,125 mm. *Specific gravity* sebesar 2,560 t/m³
4. Air
FAS yang digunakan untuk HVFA SCC adalah sebesar 0,27 dan untuk beton normal 0,3
5. Bahan campur (*admixture*)
Bahan campur (*admixture*) yang digunakan adalah *superplasticizer* dengan merk *Sika Viscocrete-10*.

Rumus yang Digunakan

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (1)$$

dengan :

- σ = tegangan beton benda uji silinder (MPa)
- F = gaya desak maksimum (N)
- A = luas permukaan benda uji silinder (mm²)

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \dots \dots \dots (2)$$

dengan :

- ϵ = regangan beton benda uji silinder
- Δl = selisih panjang awal dan akhir benda uji (mm)
- l_0 = panjang awal benda uji (mm)

Tabel 1. Proporsi Campuran HVFA SCC setiap 1 m³

Kode	Kadar <i>Fly Ash</i>	Semen	<i>Fly Ash</i>	<i>Fine Agg</i>	<i>Coarse Agg</i>	Air	<i>Superplasticizer</i>
HVFA.28.50	50%	250	250	865,73	889,40	135	10
HVFA.28.60	60%	200	300	863,19	886,79	135	10
HVFA.28.70	70%	150	350	860,65	884,18	135	10
NC.28	-	500	-	687,38	1059,26	150	5

Pembuatan rancang campur menggunakan standar SNI-03-2384-2004 untuk beton normal dan EFNARC 2002 untuk beton *High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete* (HVFA SCC). Beton HVFA 50% disamakan mutunya dengan beton normal, mutu menjadi variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *Fresh Concrete*

Pengujian beton segar dilakukan sesuai aturan EFNARC 2002 “*Specification and Guidelines for Self – Compacting Concrete*”. Pengujian yang dilakukan berupa *Flow Table Test*, *L-Box test*, *V-Funnel test*.

Tabel 2 Hasil Pengujian *Flow Table Test HVFA-SCC*

Kode	Diameter			Waktu	
	d1 (mm)	d2 (mm)	d _{rata-rata} (mm)	t ₅₀ (dt)	t _{maks} (dt)
HVFA28.50	657	660	658.5	658.5	4.6
HVFA28.60	676	672	674.0	674.0	4.2
HVFA28.70	735	732	733.5	733.5	3.2

Pada pengujian *Flow Table* pada tiga variasi kadar HVFA SCC memenuhi standar persyaratan beton SCC EFNARC 2002 dimana disyaratkan diameter yang harus dicapai adalah 600 mm – 700 mm dalam waktu 2-5 detik. Hasil ini menunjukkan beton HVFA SCC dengan penambahan kadar 50%, 60%, dan 70% memiliki kemampuan *filling ability* yang baik. Beton ini dapat mengalir dan mengisi ruang celah pada tulangan dengan beratnya sendiri tanpa harus ada proses pemadatan.

Tabel 3 Hasil Pengujian *L-Box HVFA-SCC*

Kode	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	h ₂ /h ₁	Syarat (h ₂ /h ₁)	Keterangan
HVFA28.50	71	59	0.83	0,8 – 1,0	Memenuhi
HVFA28.60	67	61	0.91	0,8 – 1,0	Memenuhi
HVFA28.70	65	64	0.98	0,8 – 1,0	Memenuhi

Pada pengujian *L-Box* pada tiga variasi kada HVFA SCC memenuhi standar persyaratan beton SCC EFNARC 2002 dimana disyaratkan h₂/h₁ harus memiliki nilai 0,8 – 1,0. Hasil ini menunjukkan beton HVFA SCC dengan

penambahan kadar 50%, 60%, dan 70% memiliki kemampuan *passing ability* yang baik. Beton ini dapat mengalir dan mengisi ruang celah pada tulangan dengan baik tanpa mengalami *segregation* ataupun *blocking*.

Tabel 4 Hasil Pengujian *V-Funnel HVFA-SCC*

Kode	<i>V-Funnel Test</i>			<i>V-Funnel T_{5minutes}</i>	
	t (dt)	Syarat (t)	Keterangan	t (dt)	Δ t (dt)
HVFA28.50	10.3	6-12 dt	Memenuhi	11.7	1.4
HVFA28.60	8.7	6-12 dt	Memenuhi	10.2	1.5
HVFA28.70	7.2	6-12 dt	Memenuhi	9.8	2.6

Pada pengujian *V-Funnel* pada tiga variasi kadar HVFA SCC memenuhi standar persyaratan beton SCC EFNARC 2002 dimana disyaratkan waktu yang harus ditempuh adalah 6 – 12 detik. Dan pada pengujian *V-Funnel T_{5minutes}* dimana beton segar didiamkan selama 5 menit dan di tes kembali pada *V-Funnel* juga menunjukkan bahwa beton HVFA SCC dengan kadar 50 %, 60 %, dan 70% ini memenuhi standar EFNARC 2002 . Hasil ini menunjukkan beton HVFA SCC dengan penambahan kadar 50%, 60%, dan 70% memiliki *segregation resistance* yang baik. Beton ini mampu tetap homogen saat proses pengiriman dan pengecoran.

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pada saat benda uji berumur 28 hari dilakukan pengujian kuat desak beton menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) untuk benda uji HVFA-SCC 70%,60% dan menggunakan *Compresion Testing Machine* (CTM) untuk benda uji HVFA-SCC 50%, normal untuk mendapatkan beban maksimum (Pmaks)

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

Kode	Kadar	Luas (mm ²)	Umur (hari)	Kuat Tekan (MPa)
HVFA.28.50	50%	17750,12	28	60,58
HVFA.28.60	60%	17632,25	28	45,86
HVFA.28.70	70%	17750,65	28	38,21
NC.28	-	17750,65	28	62,47

Berdasarkan tabel hasil pengujian diatas didapat bahwa beton HVFA SCC dengan kadar 50% memiliki kuat tekan paling tinggi yaitu 60,58 MPa, pada HVFA SCC 60% kuat tekan yang dihasilkan 45,86 MPa dan pada HVFA SCC 70% kuat tekan yang dihasilkan 38,21 MPa. Sebagai pembandingan pada beton normal dihasilkan kuat tekan 62,47 MPa dari hasil tersebut dapat dilihat penambahan persentase *fly ash* pada sampel beton normal maupun HVFA-SCC berpengaruh pada kekuatan beton. Beton dengan kadar fly ash semakin tinggi maka kuat tekan beton semakin menurun. Hal tersebut karena fly ash pada adukan yang dibuat berfungsi sebagai substituen semen yang berarti prosentase semen sebagai bahan pengikat utama menjadi turun. Selain itu pada umur 28 hari, reaksi antara *fly ash* dengan hasil sekunder reaksi hidrasi semen yaitu Ca(OH)₂ untuk membentuk C-S-H belum terjadi secara optimal sehingga membuat kuat tekan beton belum maksimal.

Fly ash memiliki *dormant period* yang lama dan bereaksi setelah pH 13.3. Kondisi ini dibutuhkan untuk memecah *glass phase*, sehingga *fly ash* tidak bisa berkontribusi di *early strength development*. Reaksi hidrasi yang terjadi pada *fly ash* hanya berlangsung pada permukaan hingga ke ketebalan 0.3-0.4 μm, sehingga di akhir reaksi *volume phase fraction* dari *fly ash* relatif banyak dibandingkan semen. *Strength evolution* dari *high volume fly ash concrete* dipengaruhi oleh *degree of reaction* dari *fly ash* yang persamaan numerik terhadap fungsi waktu, disamping itu *pozzolanic reaction* dalam *fly ash cement blends* masih dapat diamati dalam jangka waktu yang lama. Evolusi dari kalsium hidroksida, *chemically bound water* dan *capillary water* di *cement-fly ash blends* bergantung kepada *degree of hydration* dari semen dan *degree of reaction* dari *fly ash*.

SIMPULAN

Dari hasil pembahasan diatas dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan penambahan kadar *fly ash* 50%, 60% dan 70% persyaratan beton segar *Self Compacting Concrete* tetap terpenuhi
2. Kuat tekan semakin menurun akibat bertambahnya kadar *fly ash* pada beton.

REKOMENDASI

- a. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai variasi umur beton HVFA-SCC pada umur 56 hari dan 90 hari, mengingat beton HVFA-SCC masih mengalami kenaikan kuat tekan yang cukup signifikan pada umur tersebut.
- b. Dengan sample 15 cm x 30 cm mutu beton yang dibuat jangan lebih dari 50 Mpa karena *maximum load* yang dihasilkan pada mesin *Universal testing Machine* hanya 1000 kN. Agar dihasilkan grafik tegangan regangan hingga *post peak*

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Agus Setiya Budi, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Senot Sangadji S.T.,M.T. selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberi koreksi dan arahan sehingga menyempurnakan penyusunan. Rasa terima kasih penulis sampaikan khusus untuk tim Beton Sabar selaku tim kerja yang pantang menyerah.

REFERENSI

- ACI Committee 116,.1990.“*Cement and Concrete Terminology (ACI 116R-90)*”, American Concrete Institute, Farmington Hills
- Anonim. 2000. “*SN1 03-6414-2002, “Pengertian dan Manfaat Fly Ash”*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim. 2000. “*SN1 03-2834-2000, “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim, PBI 1971. 1971. “*Peraturan Beton Bertulang*”.Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung..
- Anonim. 2000. “*SNI 03-1974-1990, “Metode pengujian kuat tekan beton”*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- ASTM C 618-93. 1991. “*Standard Test Method for Fly Ash and Raw or calcined Natural Pozzolan for Use as a mineral Admixture in Portland Cement Concrete*”, American Society for Testing of Concrete’s
- ASTM C 618-03, 2003.*Standard Specification for Pozzolan and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. United States:Association of Standard Testing Materials
- EFNARC.2002.”*Specification and Guidelines for Self – Compacting Concrete*”