

Pertumbuhan Kekuatan High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete

ADITYA GUSTIARAHMAN¹, BERNARDINUS HERBUDIMAN²

1. Mahasiswa, Institut Teknologi Nasional Bandung
 2. Dosen, Institut Teknologi Nasional Bandung
- Email : Adityagustiarahman03@gmail.com

ABSTRAK

Industri konstruksi merupakan salah satu penyumbang emisi karbon terbesar akibat penggunaan semen Portland. Salah satu upaya untuk mengurangi dampak lingkungan tersebut adalah dengan memanfaatkan material pozzolanik seperti fly ash sebagai bahan substitusi semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pertumbuhan kuat tekan High Volume Fly Ash Self-Compacting Concrete (HVFA-SCC) dengan kadar substitusi fly ash sebesar 70% terhadap semen. Metode penelitian meliputi perancangan campuran beton berdasarkan SNI 03-2834-2000 dan metode Okamura dengan faktor air semen (FAS) sebesar 0,32. Benda uji berupa silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm dirawat dengan perendaman air dan diuji kuat tekannya pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton HVFA-SCC mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur beton, yaitu sebesar 10,28 MPa pada umur 7 hari, 16,96 MPa pada umur 14 hari, dan mencapai 22,36 MPa pada umur 28 hari. Kuat tekan yang relatif rendah pada umur awal disebabkan oleh tingginya kadar fly ash yang memperlambat proses hidrasi awal semen, namun reaksi pozzolanik fly ash berkontribusi terhadap peningkatan kuat tekan pada umur lanjut. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa HVFA-SCC dengan substitusi fly ash 70% memiliki potensi sebagai beton ramah lingkungan dengan perkembangan kuat tekan yang baik pada umur lanjut, sehingga layak digunakan untuk aplikasi struktur yang tidak memerlukan kekuatan awal tinggi.

Kata kunci: fly ash, HVFA-SCC, kuat tekan, self-compacting concrete, beton ramah lingkungan.

1. PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar di dunia, terutama akibat produksi semen Portland. Penggunaan material substitusi semen menjadi salah satu solusi untuk mengurangi dampak lingkungan dari beton. Fly ash merupakan limbah industri pembangkit listrik tenaga uap yang memiliki sifat pozzolan dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian semen.

Self-Compacting Concrete (SCC) adalah beton yang mampu mengalir dan memadat sendiri tanpa bantuan getaran, sehingga sangat cocok untuk struktur dengan tulangan rapat. Penggunaan fly ash dalam jumlah besar pada SCC dikenal sebagai High Volume Fly Ash Self-Compacting Concrete (HVFA-SCC), yang berpotensi meningkatkan workability dan mengurangi penggunaan semen. Namun, penggunaan fly ash dalam kadar tinggi dapat mempengaruhi perkembangan kuat tekan

beton, khususnya pada umur awal. Saptaji (2014) dalam studinya tentang penerapan SCC pada elemen struktur pracetak, menunjukkan bahwa penggunaan SCC dapat meningkatkan efisiensi waktu pengerjaan sekaligus memberikan hasil permukaan yang lebih halus. Dari sisi lingkungan, HVFA-SCC memberikan kontribusi besar dalam mengurangi penggunaan semen Portland yang merupakan salah satu penyumbang utama emisi CO₂ di industri konstruksi. Menurut Mehta & Monteiro (2014), setiap ton semen yang digantikan dengan *fly ash* dapat menurunkan emisi CO₂ sekitar satu ton. Hal ini menjadikan HVFA-SCC sebagai solusi untuk mendukung konsep *green concrete*. Salah satu upaya untuk menekan emisi tersebut adalah dengan menggantikan sebagian penggunaan semen menggunakan material *pozzolanik* seperti *fly ash*. Konsep ini kemudian berkembang menjadi *High Volume Fly ash* (HVFA), yaitu penggunaan *fly ash* dalam jumlah besar sebagai pengganti semen, bahkan hingga lebih dari 50% (Hareth dalam Solikin dkk., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh kadar fly ash 70% terhadap kuat tekan SCC dan keberlanjutan lingkungan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental di Laboratorium Material Konstruksi Institut Teknologi Nasional Bandung dengan tujuan untuk menganalisis pengaruh variasi persentase fly ash terhadap sifat mekanik beton, khususnya kuat tekan. Pada penelitian ini digunakan variasi substitusi fly ash sebesar 70% sebagai pengganti sebagian semen. Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari semen Portland sebagai binder utama, fly ash sebagai bahan substitusi semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan superplasticizer. Fly ash digunakan sebagai substitusi sebagian semen berdasarkan variasi persentase yang telah ditentukan.

Perencanaan campuran beton bertujuan untuk menentukan komposisi bahan penyusun *Self Compacting Concrete* sehingga beton yang dihasilkan memiliki sifat dan karakteristik sesuai dengan yang direncanakan. Pada penelitian ini, perencanaan campuran beton dilakukan dengan mengacu pada metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000) tentang Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Normal serta metode simple *mix design* yang dikemukakan oleh Okamura, yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. dengan faktor air semen (FAS) 0,32 dan benda uji silinder berukuran 10 cm x 20 cm dengan perawatan benda uji direndam di dalam air selama 7, 14, 28. Fly ash digunakan sebagai bahan substitusi sebagian semen dengan 70% dari total binder. Jumlah binder total dijaga konstan pada seluruh variasi campuran sehingga pengaruh kadar fly ash terhadap kinerja beton dapat dianalisis secara konsisten.

Tabel 1 Variasi campuran beton berdasarkan presentase substitusi fly ash 70% per m³

Material	semen 30%, Fly Ash 70%
Semen (kg)	196.875
<i>Fly Ash</i> (kg)	304.805
Air (kg)	210
<i>Superplasticizer</i> (kg)	11.812
Agregat Halus (kg)	706.445
Agregat kasar (kg)	768.196
Total (kg)	2198.134

Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji silinder beton pada umur 7, 14, dan 28 hari. Nilai kuat tekan dihitung berdasarkan beban maksimum yang diterima benda uji dibagi dengan luas penampang silinder sesuai dengan standar pengujian beton yang berlaku.



Gambar 1 Pengujian Kuat Tekan

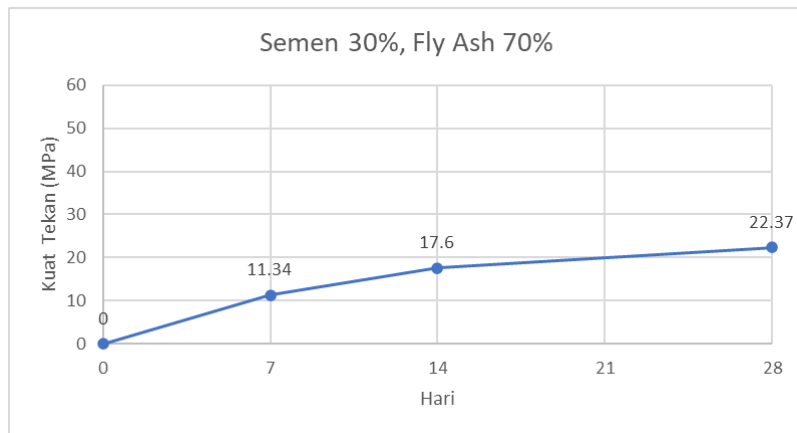
3. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional dengan benda uji berbentuk silinder dimensi 10 x 20 cm. Penelitian ini akan melakukan analisis terhadap perbandingan nilai kuat tekan berdasarkan variasi persentase substitusi *fly ash* terhadap semen terhadap *Self Compacting Concrete*. Berikut dilampirkan hasil pengujian kuat tekan beton kadar substitusi fly ash 70% pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji Kuat Tekan Variasi 3

No	variasi	Nama Beton		Umur	Kuat Tekan
		Fly Ash	Beton	Hari	
1	3	70%	30%	7	10.28
2				14	16.96
3				28	22.36

kuat tekan rata-rata beton dengan presentase substitusi *fly ash* sebesar 70% mengalami kenaikan dengan umur beton 7 hari adalah 10,28 MPa, pada umur beton 14 hari adalah 16,96 MPa, dan pada umur beton 28 hari sebesar 22,36 MPa.



Gambar 1 Perbandingan Pertumbuhan Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan komposisi semen sebesar 30% dan fly ash sebesar 70%, diperoleh nilai kuat tekan yang relatif rendah pada umur awal dan mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur beton. Kuat tekan beton pada umur 7 hari tercatat sebesar 11,34 MPa, kemudian meningkat menjadi 17,6 MPa pada umur 14 hari, dan mencapai 22,37 MPa pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan yang relatif rendah tersebut disebabkan oleh tingginya proporsi fly ash yang menggantikan semen, sehingga jumlah senyawa hasil hidrasi semen yang berperan dalam pembentukan kalsium silikat hidrat (C-S-H) pada umur awal menjadi terbatas. Fly ash memiliki sifat pozzolanik yang memerlukan produk hidrasi semen, khususnya kalsium hidroksida, untuk membentuk C-S-H sekunder, sehingga proses pengembangan kuat tekan berlangsung lebih lambat. Meskipun demikian, peningkatan kuat tekan yang terjadi hingga umur 28 hari menunjukkan bahwa reaksi pozzolanik fly ash tetap berkontribusi terhadap densifikasi struktur mikro beton, namun membutuhkan waktu yang lebih panjang untuk mencapai kinerja mekanik yang optimal.

4. KESIMPULAN

Kuat tekan Self-Compacting Concrete dengan substitusi fly ash sebesar 70% menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya umur beton. Pada umur 7 hari, kuat tekan yang diperoleh sebesar 10,28 MPa, kemudian meningkat menjadi 16,96 MPa pada umur 14 hari dengan kenaikan sebesar 6,68 MPa. Selanjutnya, pada umur 28 hari kuat tekan kembali meningkat menjadi 22,36 MPa, yaitu bertambah sebesar 5,40 MPa dibandingkan umur 14 hari. Secara keseluruhan, kuat tekan beton mengalami peningkatan sebesar 12,08 MPa dari umur 7 hingga 28 hari. Peningkatan yang berlangsung secara bertahap ini menunjukkan bahwa reaksi pozzolanik fly ash berkontribusi terhadap pembentukan kalsium silikat hidrat (C-S-H) sekunder seiring waktu, meskipun perkembangan kuat tekan pada umur awal relatif lebih lambat akibat tingginya tingkat substitusi semen. Kenaikan kuat tekan yang relatif lambat di awal terutama disebabkan oleh berkurangnya semen yang tersedia untuk hidrasi awal, sementara reaksi pozzolanik dari fly ash—yang memerlukan kalsium hidroksida hasil hidrasi semen untuk membentuk C-S-H sekunder—berlangsung secara bertahap dan terus meningkat hingga umur 28 hari. Meskipun kuat tekan awal lebih rendah, beton tetap menunjukkan perkembangan yang signifikan seiring waktu, membuktikan bahwa High Volume Fly Ash SCC layak digunakan untuk aplikasi yang tidak memerlukan kekuatan instan, sekaligus memberikan manfaat lingkungan yang besar melalui pengurangan emisi CO₂ dari produksi semen.

DAFTAR RUJUKAN

- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Saptaji, A. (2014). Penerapan *Self Compacting Concrete* pada elemen struktur pracetak. *Jurnal Teknik Sipil ITENAS*, *2*(3), 34-42.
- Okamura, H., & Ozawa, K. (1997). *Mix design for Self-Compacting Concrete. Concrete Library of JSCE*.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 2460-2014. Spesifikasi Abu Terbang dan *Pozzolan* Alam untuk Beton. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Badan Standardisasi Nasional.