

ANALISIS KEHALUSAN FLY ASH SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN DAN DURABILITAS BETON HIGH VOLUME FLY ASH MUTU NORMAL

Mochammad Solikin¹, Ibnu Nur Ihsan², Budi Setiawan³, Yenny Nurchasanah⁴

^{1,3,4}Dosen Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

²Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura Surakarta

*Email: msolikin@ums.ac.id; ibnu.nur.ihsan@gmail.com; Budi.Setiawan@ums.ac.id;

Yenny.Nurchasanah@ums.ac.id;

Abstrak

Beton merupakan bahan utama dalam pembuatan suatu konstruksi, baik untuk pembangunan gedung, jembatan, ataupun pembangunan infrastruktur lainnya. Beton high volume fly ash merupakan beton yang memiliki kandungan penggunaan fly ash sebesar 50% yang digunakan sebagai substitusi dari total semen dan sudah terbukti menghasilkan kekuatan yang setara dengan beton pada umumnya apabila digunakan metode pembuatan yang tepat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tingkat kehalusan fly ash terhadap kuat tekan dan durabilitas beton high volume fly ash dengan mutu kuat tekan normal. Tingkat kehalusan diperoleh dengan menyaring fly ash pada saringan nomor 200 dan 400. Pengujian yang dilakukan meliputi uji perkembangan kuat tekan pada umur 14 hari, 28 hari dan 56 hari serta uji durabilitas beton dengan metode rapid chloride penetration test (RCPT). Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton dimana pada umur 56 hari beton HVFA memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton normal berturut turut terjadi peningkatan sebesar 13% untuk fly ash yang lolos saringan 200 dan peningkatan sebesar 18% untuk fly ash yang lolos saringan 400. Hasil pengujian RCPT menunjukkan kehalusan fly ash meningkatkan ketahanan beton terhadap penetrasi ion klorida.

Kata kunci: beton high volume fly ash, durabilitas beton, ion klorida, kuat tekan, RCPT

PENDAHULUAN

Beton saat ini merupakan bahan utama dalam pembuatan suatu konstruksi. Hal ini ditunjukkan hampir semua pembuatan pembangunan konstruksi menggunakan beton sebagai material utamanya. Pembangunan gedung, pembangunan jembatan, pembangunan saluran drainase, ataupun pekerjaan pembangunan lain banyak menggunakan beton sebagai bahan utama konstruksinya.

Bahan penyusun beton meliputi air, semen portland, agregat kasar dan halus serta bahan tambah, dimana setiap bahan penyusun mempunyai fungsi ataupun pengaruh yang berbeda. Sifat yang penting pada beton adalah kuat tekan. Jika kuat tekan beton tinggi maka sifat beton yang lain umumnya baik juga. Adapun faktor yang mempengaruhi kuat beton adalah bahan penyusun beton itu sendiri, factor air semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat dan cara pembuatan beton (pencampuran, pengangkatan, pemadatan dan perawatan) serta umur beton (Tjokrodimuljo, 1996).

Penggunaan material beton sebagai bagian dari struktur bangunan telah banyak digunakan karena mempunyai kuat tekan tinggi. Sudah banyak upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kuat tekan beton, salah satunya dengan menambahkan bahan tambah berupa limbah ke dalam campuran beton. Sebagai contoh limbah yang dapat ditambahkan ke dalam campuran beton adalah *fly ash*.

Fly ash atau abu terbang adalah residu (ampas) dari pembakaran batu bara yang di alirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang telah di gunakan sebagai bahan campuran pada beton. Abu terbang dapat di bedakan menjadi 3 jenis yaitu kelas C (Abu terbang yang kandungan CaO lebih dari 10% yang di hasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batu bara), kelas F (Abu terbang yang kandungan CaO kurang dari 10% yang di hasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batu bara) dan kelas N (Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat di golongkan sebagai tanah diatomic, opaline chert dan shales, tuff dan abu vulkanik) (Simatuphang, 2016).

Fly ash apabila di buang secara terbuka bisa mengakibatkan pencemaran lingkungan karena *fly ash* mengandung beberapa elemen beracun seperti arsenic, vanadium, antimony, boron dan chromium. Maka salah satu cara agar *fly ash* tersebut tidak mencemari lingkungan adalah dengan memanfaatkan *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton (Sumajouw M.D.J dan Dapas S.O, 2013).

Beton high volume *fly ash* adalah campuran beton yang menggunakan *fly ash* dimana persentase *fly ash* yang di gunakan lebih dari 50%. Penggunaan *fly ash* lebih dari 50% memungkinkan untuk menghasilkan workability yang tinggi serta meningkatkan durability dari serangan bahan kimia (Malhotra Metha, 2005).

Menurut penelitian Sari, (2016) dalam naskah publikasinya yang berjudul “Pemanfaatan Teknologi High Volume *Fly ash* Concrete Untuk Memproduksi Beton Kuat Tekan Normal” memberikan kesimpulan terjadi peningkatan nilai kuat tekan beton normal dengan bertambahnya umur beton yaitu 18,109 MPa pada umur beton 14 hari, 19,241 MPa pada umur beton 28 hari dan 19,618 MPa pada umur beton 56 hari.

Menurut penelitian Umbah, Sumajouw dan Windah, (2014) dalam jurnalnya yang berjudul “Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (*Fly ash*) Dari PLTU II Sulawesi Utara Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat tekan Beton” memberikan kesimpulan nilai kuat tekan beton dengan penggantian semen dengan *fly ash* sebesar 30% adalah 24,18 Mpa, 40% adalah 15,3 Mpa, 50% adalah 12,28 Mpa, 60% adalah 8,02 Mpa dan 70% adalah 4,79 Mpa untuk umur 28 hari.

Berdasarkan uraian diatas, akan dilakukan sebuah penelitian tentang pengaruh tingkat kehalusan *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen untuk mengetahui nilai kuat tekan dan durabilitas pada beton high volume *fly ash* mutu normal.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dimulai dari pengumpulan literature yang akan digunakan sebagai panduan dan acuan dalam penelitian, mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan, pembuatan benda uji berupa silinder beton, perawatan benda uji dengan perendaman selama 14 hari, 28 hari dan 56 hari, serta pengujian benda uji berupa kuat tekan dan durabilitas beton.

Persiapan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan campuran beton meliputi agregat halus, agregat kasar, semen, *fly ash*, air dan superplasticizer. Pengujian bahan campuran beton berupa pengujian visual untuk semen dan *fly ash* serta pengujian langsung untuk agregat halus dan agregat kasar. Setelah itu di lakukan perencanaan campuran beton dengan nilai fas 0,30 dan bahan tambah superplasticizer sebesar 1,25% dari pemakaian semen. Komposisi bahan campuran dapat di lihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi beton untuk 1 m³

Material	Beton Acun	<i>Fly ash</i> Lolos 200	<i>Fly ash</i> Lolos 400
Pasir (kg)	854	854	854
Kerikil (kg)	1014	1014	1014
<i>Fly ash</i> (kg)	-	158,5	158,5
Portland Cemen (PC)	317	158,5	158,5
Air (liter)	95	95	95
Total (kg)	2280	2280	2280

Setelah didapatkan komposisi campuran yang dibutuhkan, langkah selanjutnya menyiapkan peralatan yang mendukung untuk pekerjaan pencampuran semua bahan penyusun beton. Semua bahan dan peralatan apabila sudah dipersiapkan kemudian langkah berikutnya melakukan pencampuran bahan sesuai dengan komposisi yang sudah direncanakan menggunakan alat bantu mixer beton. Pencampuran dimulai dari memasukkan pasir dan kerikil kedalam mixer, setelah homogen, masukkan semen dan *fly ash* diikuti dengan penambahan air, setelah homogen masukkan bahan tambah Superplasticizer. Tunggu hingga semua bahan tercampur rata, setelah itu dituang dalam wadah yang disediakan dan dilakukan pengujian beton segar. Hasil untuk pengujian beton segar didapatkan nilai

slump sebesar 15 cm. Langkah selanjutnya adukan beton segar dimasukkan ke dalam cetakan dengan jumlah keseluruhan benda uji adalah 36 sampel.

Tabel 2. Jumlah benda uji

Prosentase <i>Fly ash</i> Lolos Saringan 200 & 400 (%)	Kuat Tekan Silinder (Ø 15cm, Tinggi 30cm)			Durabilitas (Ø10cm, Tinggi 5cm)
	14 hari	28 hari	56 hari	56 hari
0%	3	3	3	3
50% lolos saringan 200	3	3	3	3
50% lolos saringan 400	3	3	3	3
Jumlah Total	36			

Setelah semua sampel selesai dimasukkan ke cetakan silinder, selanjutnya dibiarkan selama 2 x 24 jam, sebelum dilakukan pelepasan benda uji dari cetakan silinder. Setelah 2 x 24 jam dilakukan pelepasan benda uji dari cetakan silinder dan dilakukan perendaman di bak perendaman sebagai salah bentuk kegiatan perawatan beton. hingga waktu pengujian tiba yaitu: 14 hari, 28 hari dan 56 hari kalender

Dilakukan persiapan alat untuk pengujian kuat tekan beton silinder dan benda uji durabilitas beton. Alat uji untuk kuat tekan benda uji silinder yaitu Compressing Testing Machine (CTM) dan untuk benda uji durabilitas beton menggunakan alat Rapid Chloride Penetration Test (RCPT). Sebelum dilakukan pengujian durabilitas beton, benda uji harus di vacuum terlebih dahulu selama 3 jam agar benda uji berada pada kondisi kering udara. Setelah itu dilakukan perendaman benda uji selama 18 jam. Kemudian dilakukan pengujian menggunakan larutan NaOH untuk tegangan positif dan NaCl untuk tegangan negatif dimana tegangan listrik 60 Volt DC. Pengujian durabilitas beton ini dilakukan selama 6 jam serta pembacaan arus yang lewat setiap 30 menit.



Gambar 1. Pengujian vacuum beton

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian slump

Pengujian *slump* bertujuan mengetahui *workability* dan kekentalan adukan beton yang akan dituang ke dalam bekisting beton. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan campuran beton segar kedalam kerucut *abrams* dan mengukur penurunannya dari beton segar tersebut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Slump

Benda Uji	Penggunaan air per m ³ (Liter)		Slump (cm)
	Rencana	Aktual	
Beton Acuan	95	150	18
Lolos Saringan 200	95	105	15
Lolos saringan 400	95	105	15

Dari hasil tabel 3. Hasil pengujian *slump*, beton HVFA menunjukkan terjadi pengurangan jumlah air yang diperlukan dalam adukan beton untuk mencapai workabilitas yang direncanakan. Meskipun hasil pengujian *slump* terjadi penurunan nilai *slump* pada beton HVFA, namun besar penurunannya masih berada dalam rentang yang diijinkan yaitu 10-20 cm. Pengurangan jumlah air pada beton HVFA sangat mungkin disebabkan butiran fly ash yang bulat yang mengurangi gesekan antar partikel. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Rommel dan Rusdianto (2012) bahwa beton dengan penambahan fly ash membutuhkan air yg lebih sedikit dibandingkan beton normal. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kehalusan butiran fly ash tidak mempengaruhi nilai *slump* yang dihasilkan.

**Gambar 2. Hasil Pengukuran Slump**

Pengujian kuat tekan beton

Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan dengan benda uji silinder beton. Pengujian ini dilaksanakan setelah benda uji silinder beton berumur 14 hari, 28 hari dan 56 hari. Pengujian kuat tekan menggunakan alat tekan yang disebut Universal Tension Machine (UTM). Nilai kuat tekan silinder didapatkan dari beban maksimal (P maks) dibagi luas alas dari silinder.

$$f_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

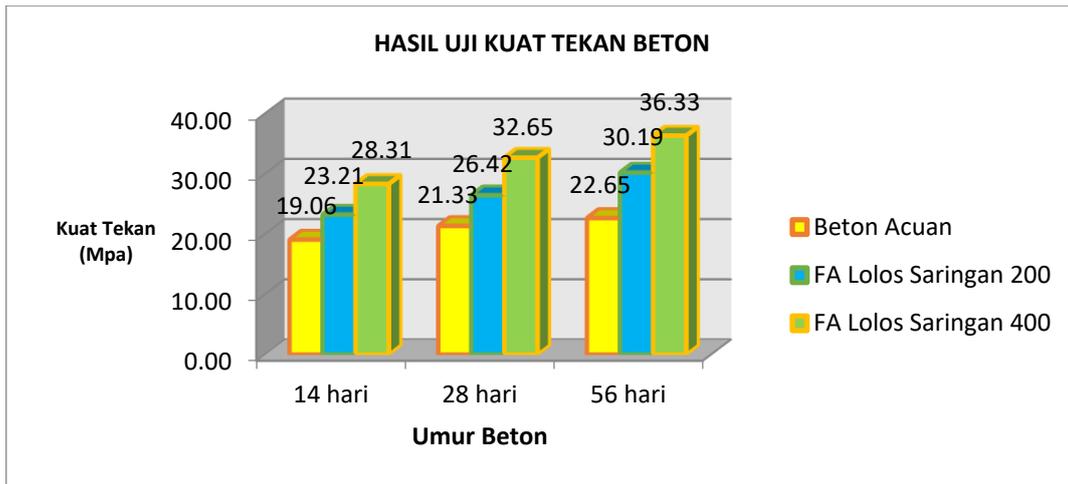
dengan :

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

f_c = kuat tekan beton (N/ mm²).

Berdasarkan Gambar 3 hasil pengujian perkembangan kuat tekan beton menunjukkan bahwa kuat tekan beton akan semakin meningkat sejalan dengan semakin lama umur perawatan beton. Pemakaian HVFA mampu menghasilkan kuat tekan beton yang lebih tinggi dibandingkan kuat tekan beton acuan. Hal ini dimungkinkan karena pemakaian air yang lebih sedikit dalam pembuatan beton sehingga beton yang dihasilkan lebih tinggi kerapatannya. Hal ini sesuai dengan penelitian Simatupang dkk (2016) bahwa terjadi kenaikan kuat tekan beton dari umur 7 hari sampai 56 hari.



Gambar 3. Hasil Pengujian Perkembangan Kuat Tekan Beton.

Kuat tekan beton tertinggi dicapai pada waktu umur beton 56 hari dimana semakin tinggi tingkat kehalusan fly ash maka semakin tinggi peningkatan kuat tekannya apabila dibandingkan dengan kuat tekan beton acuan. Pada *fly ash* yang lolos saringan 200 terjadi peningkatan sebesar 13% sedangkan pada *fly ash* yang lolos saringan 200 terjadi peningkatan sebesar 18%. Peningkatan kuat tekan ini sangat mungkin disebabkan semakin halus *fly ash* yang digunakan maka fly ash semakin reaktif sehingga jumlah binder yang mendukung terbentuknya kuat tekan beton semakin tinggi.

Pengujian durabilitas beton

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan beton terhadap bahan kimia berupa NaOH dan NaCl. Benda uji durabilitas beton berupa silinder berukuran diameter 100 mm dan tinggi 50 mm. Pengujian menggunakan larutan NaCl untuk tegangan negatif dan NaOH untuk tegangan positif dengan tegangan listrik 60 Volt DC pengujian dilakukan selama 6 jam dengan pembacaan ampere meter setiap 30 menit. Benda uji diapit kepingan dan dialiri listrik menggunakan alat RCPT (*Rapid Chloride Penetration Test*).



Gambar 4. Pengujian durabilitas beton

Hasil pembacaan arus yang lewat tersebut selanjutnya digunakan menghitung *charge passed* menggunakan rumus sebagaimana tertulis dalam ASTM C1202-94berikut ini:

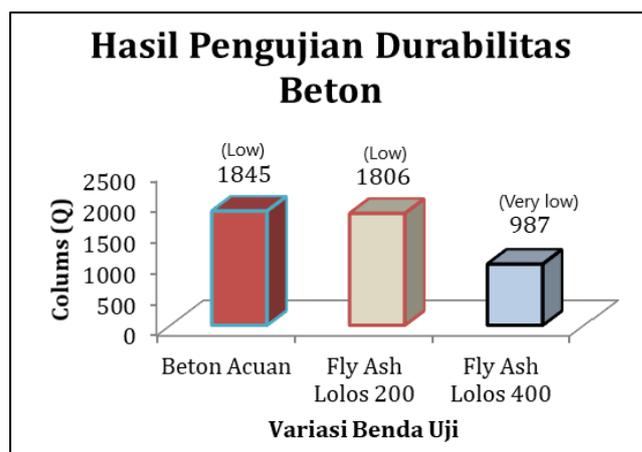
$$Q = 900 \times (I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \dots + I_{360}) \dots\dots\dots (2)$$

- dengan : Q = daya hantar beton/ *charge passed* (coulomb)
- I₀ = besarnya arus pada 0 menit
- I_{30 s/d 60} = besarnya arus setiap 30 menit selama 6 jam

Selanjutnya tabel berikut digunakan untuk mengevaluasi hasil yang diperoleh, yang menunjukkan secara kualitatif tingkat resistensi beton terhadap penetrasi klorida.

Tabel 2.3. Tingkat penetrasi klorida berdasarkan besarnya arus (Coulomb)

Charge passed (coulomb)	Tingkat penetrasi klorida
> 4.000	High
2.000 – 4.000	Medium
1.000 – 2.000	Low
100 – 1.000	Very low
< 100	Negligible



Gambar 5 Hasil Pengujian Durabilitas Beton

Dari gambar 5. Hasil pengujian durabilitas beton di dapatkan nilai rata-rata durabilitas beton acuan mutu normal sebesar 1.845 column. Sedangkan rata-rata durabilitas beton *fly ash* lolos saringan 200 sebesar 1.806 column. Sedangkan rata-rata durabilitas beton *fly ash* lolos saringan 400 sebesar 987 column. Hal ini berarti bahwa semakin halus *fly ash* yang digunakan maka semakin baik pula ketahanan beton terhadap ion clorida. Sebagai pembandingan telah di lakukan penelitian oleh Prabakar dan Neelamegam (2011) bahwa beton dengan penggunaan *fly ash* memiliki ketahanan terhadap ion clorida yang lebih baik di dibandingkan dengan beton biasa.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan di atas, dapat di ambil beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut :

1. Nilai *Slump* rata-rata pada campuran *HVFA* mutu normal dengan presentasi 50% *fly ash* lolos saringan 200 dan *fly ash* lolos saringan 400 sebesar 15 cm, hal ini menunjukkan bahwa nilai *slump* sudah memenuhi persyaratan.
2. Pengaruh kehalusan *fly ash* terhadap kuat tekan beton mengalami peningkatan yang cukup besar dimana peningkatan paling besar terjadi pada umur 56 hari sebesar 18%.
3. Kehalusan *fly ash* sangat mempengaruhi ketahanan beton terhadap ion clorida karena semakin halus butiran *fly ash* yang digunakan maka semakin rapat dan padat beton yang di hasilkan sehingga sulit untuk di tembus oleh aliran ion klorida.
4. Penelitian dapat di kembangkan lagi dengan mengganti bahan pozzolan yang digunakan

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan Penelitian ini tidak terlepas dari dukungan dan kerjasama dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini pula dengan penuh kerendahan hati dan ketulusan penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada laboratorium Prodi Teknik Sipil atas dukungan fasilitas yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C1202-97, 1997, Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration, Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02, PA, USA
- Erwin, R., & Yunan, R., 2012 Pemakaian Fly ash Sebagai Comenititious Pada Beton Mutu Tinggi Dengan Steam Curing, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- J. Prabakar., P. Devades. M., M. Neelamegam., 2011 Effect Of Fly ash On Durability And Performance Of Concrete . The Indian Concrete Jurnal, Indian.
- Malhotra, V.M., & Metha, P.K., 2005, High Performance High Volume Fly ash Concrete Material , Mixture Proportionong, Properties, Konstruktion Properties and Case Histories. Ottawa, Canada. Supplementary Cementing Material For Sustainable Development. Ottawa, Canada.
- Sari, N.A., 2016, Pemanfaatan Teknologi High Volume Fly ash Concrete Untuk Memproduksi Beton Kuat Tekan Normal, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Simatupang, P.H.,dkk., 2016, Pengaruh Subtitusi Persial Semen Dengan Abu Terbang Terhadap Karakteristik Tenis Beton,. Jurnal Teknik Sipil Vol V No 2 November 2016.
- Tjokrodinuljo, K., 1996, Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Umboh, A.H., Sumajouw, M.D.J., Windah, R.S., 201, Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly ash) Dari PLTU II Sulawesi Utara Sebagai Subtitusi Persial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton, Jurnal Sipil Statik Vol 2 No 7 November 2014 ISSN : 2337-6731.