

**ANALISIS SIFAT MEKANIS BETON MUTU TINGGI DENGAN MEMANFAATKAN
TEKNOLOGI *HIGH VOLUME FLY ASH CONCRETE***

Naskah Publikasi

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1 Teknik Sipil



diajukan oleh :

Teguh Fajar Prihantoro

NIM : D 100 110 088

kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2015**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS SIFAT MEKANIS BETON MUTU TINGGI DENGAN MEMANFAATKAN TEKNOLOGI *HIGH VOLUME FLY ASH CONCRETE*

Naskah Publikasi

Diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran
Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji
Pada tanggal 17 Oktober 2015 :

diajukan oleh :

TEGUH FAJAR PRIHANTORO

NIM : D 100 110 088

Susunan Dewan Penguji:

Pembimbing Utama



M. Solikin, S.T., M.T., Ph.D.

NIK : 792

Pembimbing Pendamping



Budi Setiawan, S.T., M.T.

NIK : 785

Anggota



Ir. Aliem Sudjatmiko, M.T

NIP : 195906281987031001

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil

Surakarta, 17 Oktober 2015

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK : 682

Ketua Program Studi Teknik Sipil



M. Solikin, S.T., M.T., Ph.D.

NIK : 792

ANALISIS SIFAT MEKANIS BETON MUTU TINGGI DENGAN MEMANFAATKAN TEKNOLOGI *HIGH VOLUME FLY ASH CONCRETE*

Teguh Fajar Prihantoro¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil FT Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1

Pabelan Kartasura Surakarta

e-mail : teguhfajarprihantoro@gmail.com

ABSTRAK

Teknologi beton dari waktu ke waktu semakin mengalami perkembangan, hal ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas beton yaitu agar diperoleh kekuatan dan durability yang tinggi. Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh beton mutu tinggi dengan memanfaatkan fly ash sebagai bahan untuk menggantikan semen sampai 50% (high volume fly ash concrete). Penelitian ini dilakukan dengan menguji perkembangan kuat tekan beton high volume fly ash pada umur 14 hari, 28 hari dan 56 hari, menguji kuat lentur beton high volume fly ash pada umur 56 hari, menguji nilai modulus elastisitas beton high volume fly ash pada umur 56 hari dan menguji nilai resapan air beton high volume fly ash pada umur 56 hari, serta sebagai pembanding yaitu pengujian beton tanpa campuran fly ash (beton normal). Kedua campuran tersebut menggunakan fas rendah sehingga digunakan superplasticizer sebanyak 1% untuk tercapai workability yang baik pada saat pencampuran. Mutu beton yang direncanakan adalah 45 Mpa menggunakan metode ACI dengan nilai slump ± 10 cm. Dari penelitian ini diperoleh bahwa kuat tekan untuk beton normal dan beton HVFA masing-masing adalah pada umur 14 hari sebesar: 37,9 Mpa dan 28,8 Mpa, pada umur 28 hari sebesar: 39,9 Mpa dan 39,4 Mpa, dan pada umur 56 hari sebesar: 41,6 Mpa dan 42,5 Mpa. Hasil pengujian kuat lentur untuk beton normal dan beton HVFA masing-masing adalah 8,8 MPa dan 8,6 MPa. Hasil pengujian modulus elastisitas beton untuk beton normal dan beton HVFA masing-masing adalah 34108 MPa dan 37726 MPa. Hasil pengujian resapan air beton untuk beton normal penyerapan air sampai 1,745% dan untuk beton HVFA penyerapan air sampai 1,431%. Dari data tersebut menunjukkan kuat tekan dan kuat lentur beton HVFA mempunyai nilai yang sebanding dengan beton normal, nilai modulus elastisitas beton HVFA lebih besar dibandingkan beton normal dan resapan air beton HVFA lebih kecil dibandingkan beton normal.

Kata kunci: beton mutu tinggi; high volume fly ash concrete; sifat mekanis beton; superplasticizer.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia terus menerus mengalami peningkatan. Hal ini tidak lepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang semakin maju, seperti jembatan dengan betang panjang dan lebar, bangunan gedung bertingkat tinggi (terutama untuk kolom dan beton pracetak), dan fasilitas lain. Perencanaan fasilitas-fasilitas tersebut mengarah kepada digunakannya beton mutu tinggi yang mencakup kekuatan, ketahanan (keawetan), masa layan dan efesiensi. Dengan beton mutu tinggi dimensi dari struktur dapat diperkecil sehingga berat struktur menjadi lebih ringan. Hal tersebut menyebabkan beban yang diterima pondasi secara keseluruhan menjadi lebih kecil pula. Jika ditinjau dari segi ekonomi hal tersebut tentu akan lebih menguntungkan.

Beton mutu tinggi dapat diartikan sebagai beton yang berorientasi ada kekuatan yang tinggi (*high strenght concrete*) yang mempertimbangkan keawetan (*durability*) beton serta kemudahan pengerjaan beton (*workability*). Berdasarkan SNI-PD-T-04-2004-C beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan yang disyaratkan $f'c$ 40 Mpa – 80 Mpa, dengan benda uji standar silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur 56 hari ataupun 90 hari atau tergantung waktu yang ditentukan.

Salah satu masalah yang sangat berpengaruh pada kuat tekan beton adalah adanya porositas. Porositas merupakan persentase pori-pori atau ruang kosong dalam beton terhadap volume benda (volume total beton). Semakin besar porositasnya maka kuat tekannya semakin kecil, sebaliknya semakin kecil porositas kuat tekannya semakin besar. Besar dan kecilnya porositas dipengaruhi besar dan kecilnya fas yang digunakan. Semakin besar fas-nya maka porositas semakin besar, sebaliknya semakin kecil maka fas-nya porositas semakin kecil. Untuk mendapatkan beton bermutu tinggi maka harus dipergunakan fas rendah, namun jika fas-nya terlalu kecil pengerjaan beton akan menjadi sangat sulit, sehingga pematatannya tidak bisa maksimal dan akan mengakibatkan beton menjadi keropos, hal tersebut berakibat menurunnya kuat tekan beton. (Mardiyono, 2010)

Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambah, dari beberapa bahan bahan tambah yang ada

diantaranya adalah abu terbang (*fly ash*) selain dapat meningkatkan mutu beton, juga dapat mempengaruhi tegangan dan regangan pada beton.

Fly ash merupakan hasil pembakaran dari pembangkit listrik tenaga batubara, diketahui sebagai bahan *pozzolan* yang dapat digunakan baik sebagai komponen campuran semen *portland* atau sebagai bahan tambahan adukan (mortar) beton semen untuk mendapatkan kualitas beton yang tinggi dan ekonomis. Sebagai bahan tambah beton, *fly ash* dinilai dapat meningkatkan kualitas beton dalam hal kekuatan, kekedapan air, dan ketahanan terhadap sulfat dan kemudahan dalam hal pengerjaan. *Fly ash* atau abu terbang mempunyai bentuk butiran partikel sangat halus sehingga dapat menjadi pengisi rongga-rongga (*filler*) dalam beton sehingga mampu meningkatkan kekuatan beton dan menambah kekedapan beton terhadap air serta mempunyai keunggulan dapat mencegah keretakan halus pada permukaan beton. Dari berbagai kandungan yang dimiliki *fly ash*, *fly ash* dibagi menjadi tiga kelas yaitu kelas F, C, dan N.

Berdasarkan perumusan masalah tersebut, maka penelitian ini mempunyai tujuan untuk merancang campuran beton mutu tinggi dengan teknologi *high volume fly ash concrete (HVFAC)* dengan bantuan bahan kimia *superplasticizer*, selanjutnya akan dilakukan pengujian kuat tekan, kuat lentur, modulus elastisitas dan resapan air beton, serta pengujian terhadap tiap-tiap kadar masing-masing bahan (agregat dan *fly ash*) dalam campuran. Dengan penambahan zat pemakaian zat *aditif* tersebut direncanakan $f'c$ 45 MPa.

Untuk membatasi lingkup pada penelitian ini maka batasan-batasan penelitian sebagai berikut; menganalisa perbandingan sifat mekanis beton *high volume fly ash concrete* dengan beton normal. Bahan yang digunakan; *superplasticizer* dengan jumlah masing-masing 1% untuk kedua jenis campuran, *fly ash* dari PLTU Jepara untuk menggantikan semen sebesar 50%, semen jenis PPC, pasir dari Kaliworo, krikil dari Ngaglik. $F'c$ rencana 45 MPa, nilai *slump* $\pm$ 10 cm. Pengujian meliputi kuat tekan beton , kuat lentur beton, modulus elastisitas beton dan resapan air beton.

Bahan dan Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen, yaitu dengan mengadakan percobaan dilaboratorium guna mendapatkan hasil yang menjelaskan bagian-bagian yang diteliti. Pengujian dilakukan melalui uji perkembangan kuat tekan beton, kuat lentur beton, modulus elastisitas beton dan resapan air beton.

Ada 5 tahapan pelaksanaan untuk melakukan penelitian ini:

Tahap 1: Persiapan alat dan penyediaan bahan,

Tahap ini meliputi persiapan alat dan penyediaan bahan penyusun beton.

Tahap 2: Pemeriksaan bahan

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap bahan penyusun beton seperti: agregat halus berasal dari kaliworo (pengujian berat jenis, kadar lumpur, kandungan organik, analisa saringan dan *absorption*), agregat kasar berasal dari ngaglik (pengujian analisa saringan, *absorption*, berat satuan volume dan keausan), pengujian kandungan *fly ash*. *Fly ash* berasal dari batu bara Jepara.

Tahap 3: Perencanaan benda uji dan pembuatan benda uji

Pada tahap ini dilakukan perencanaan campuran (*mix design*) untuk pembuatan adukan beton dan benda uji untuk pengujian kuat tekan beton, kuat lentur beton, modulus elastisitas beton dan resapan air beton. Metode yang digunakan untuk campuran beton adalah ACI dengan $f'c$ 45 Mpa. Karena fas yang digunakan rendah, maka digunakan *superplasticizer* sebanyak 1% dari jumlah semen. Semua bahan dicampur kemudian diaduk hingga rata menggunakan molen, setelah itu dilakukan pengujian *slump/ slump test*. Apabila nilai *slump* sesuai rencana (± 10 cm), maka adukan dicetak pada cetakan benda uji. Setelah 24 jam sampel dilepas dari begesting dan dilakukan perawatan/ *curing* dengan cara direndam didalam air. Perawatan dilakukan terhadap semua sampel agar sampel tetap dalam kondisi baik sampai pada waktunya dilakukan pengujian. Berikut ini adalah Proporsi campuran beton mutu tinggi yang akan diterapkan dalam penelitian,

Tabel 1. Proporsi campuran beton normal

Jenis	Jumlah	Semen	Fly Ash	Pasir	Krikil	Air	Sp
Benda Uji	Benda Uji					(Rencana)	
		Kg	Kg	Kg	Kg	Liter	Kg
Kubus	12,00	27,75	-	34,43	51,60	10,00	0,28
Balok	3,00	23,12	-	28,69	43,00	8,34	0,23
Resapan	3,00	1,61	-	2,00	3,00	0,58	0,02
Modulus Elastisitas	3,00	10,90	-	13,52	13,52	3,93	0,10
Jumlah	21,00	63,38	-	78,65	111,12	22,85	0,63

(sumber: hasil perhitungan)

Tabel 2. Proporsi campuran beton normal

Jenis	Jumlah	Semen	Fly Ash	Pasir	Krikil	Air	Sp
Benda Uji	Benda Uji					(Rencana)	
		Kg	Kg	Kg	Kg	Liter	Kg
Kubus	12,00	13,87	13,87	34,43	51,60	10,00	0,28
Balok	3,00	11,56	11,56	28,69	43,00	8,34	0,23
Resapan	3,00	0,81	0,81	2,00	3,00	0,58	0,02
Modulus Elastisitas	3,00	5,45	5,45	13,52	13,52	3,93	0,10
Jumlah	21,00	31,69	31,69	78,65	111,12	22,85	0,63

(sumber: hasil perhitungan)

Benda uji yang dilakukan dalam penelitian ini adalah kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm untuk benda uji kuat tekan beton, balok ukuran 50 cm x 15 cm x 15 cm untuk benda uji kuat lentur beton, silinder dengan ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm untuk benda uji modulus elastisitas beton.

Tahap 4: Pengujian benda uji

Pada tahap ini dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 14 hari, 28 hari dan 56 hari, pengujian kuat lentur beton pada umur 56 hari, pengujian modulus elastisitas beton pada umur 56 hari dan pengujian resapan air beton pada umur 56 hari.

Tahap 5: Analisa dan pembahasan

Tahap ini adalah proses menganalisa data setelah dilakukan semua pengujian. Sehingga dari hasil analisa dan pembahasan dapat diambil sebuah kesimpulan dan saran dari penelitian tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dilakukan dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, merupakan suatu pencarian data yang mengacu pada perumusan

masalah, yaitu untuk mengetahui bahan-bahan material yang digunakan sudah memenuhi syarat atau tidak, dan untuk mengetahui pengaruh penambahan *high volume fly ash*.

Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat meliputi kandungan zat organik, kandungan lumpur, berat jenis, serapan air, dan gradasi, serta pengujian keausan untuk agregat kasar.

Tabel 3. Hasil pengujian agregat halus

Jenis pemeriksaan	Hasil pemeriksaan	Persyaratan	Standar SNI
Kandungan organik	No 2	1-5	SNI 03-2816-1992
SSD <i>Saturated Surface Dry</i>	2	< 3,8	-
1). Berat jenis bulk	2,68	-	SNI 03-1970-1990
2). Berat jenis SSD	2,72	-	SNI 03-1970-1991
3). Berat jenis semu	2,79	-	SNI 03-1970-1992
Absortion %	1,42%	< 5%	SNI 03-1970-1993
Kandungan Lumpur	2,35%	< 5%	
Gradasi Pasir	Daerah III	Daerah III	SNI 03-2384-1992
Modulus Halus butir	3,23	1,5-3,8	

(sumber: hasil pengujian)

Tabel 4. Hasil pengujian agregat kasar

Jenis pemeriksaan	Hasil pemeriksaan	Persyaratan	Standar SNI
Berat jenis :			
1). Berat jenis bulk	2,35	-	SNI 03-1970-1990
2). Berat jenis SSD	2,41	-	SNI 03-1970-1991
3). Berat jenis semu	2,50	-	SNI 03-1970-1992
Absortion %	2,63%	< 5%	SNI 03-1970-1993
Modulus Halus butir	6,23	5-8	
Keausan	36%	< 40%	SNI-2417-2008

(sumber: hasil pengujian)

Dari tabel pengujian agregat disimpulkan bahwa kandungan agregat yang digunakan dalam campuran beton mutu tinggi sudah memenuhi syarat.

Hasil Pengujian Fly Ash

Pengujian *fly ash* dilakukan untuk mengetahui bahan kimia yang terkandung didalam *fly ash*. *Fly ash* berasal dari sisa pembakaran batu bara.

Tabel 5. Hasil pengujian *fly ash*

No	Komposisi Kimia	Presentase %
1	SiO ₂	45,27
2	CaO	13,32
3	MgO	2,83
4	FeO ₃	10,59
5	Al ₂ O ₃	20,07
6	TiO ₂	0,82
7	K ₂ O	1,59
8	Na ₂ O	0,98
9	P ₂ O ₅	0,41
10	SO ₃	1,00
11	MnO ₂	0,07

(sumber : Hasil pengujian *fly ash* dari PT. Jaya Ready Mix Sukoharjo oleh Sucofindo)

Dari tabel 5, bahwa kadar (SiO₂ + Fe₂O₃ + Al₂O₃) didapat sebesar 75,93%, sedangkan batas (SiO₂ + Fe₂O₃ + Al₂O₃) untuk kelas C adalah minimal 50% dan batas (SiO₂ + Fe₂O₃ + Al₂O₃) untuk kelas F adalah 70%. Maka didapat kesimpulan bahwa *fly ash* dari PT. Jaya Ready Mx Sukoharjo masuk pada kategori kelas F (*ACI Manual Of Concrete Practice 1993. Part 1 226.3R-3*).

Hasil Pengujian Nilai Slump dan Workability

Pada penelitian ini nilai *slump* sudah ditentukan, untuk masing-masing campuran beton normal dan beton *high volume fly ash* (HVFA) penurunan nilai *slump* sebesar ± 10 cm.

Pada saat proses pengadukan, dengan penambahan *superplasticizer* sebanyak 1 % untuk mendapatkan nilai *slump* sebesar ± 10 cm, untuk beton normal dapat mengurangi air sebanyak 14,75 %, sedangkan untuk campuran

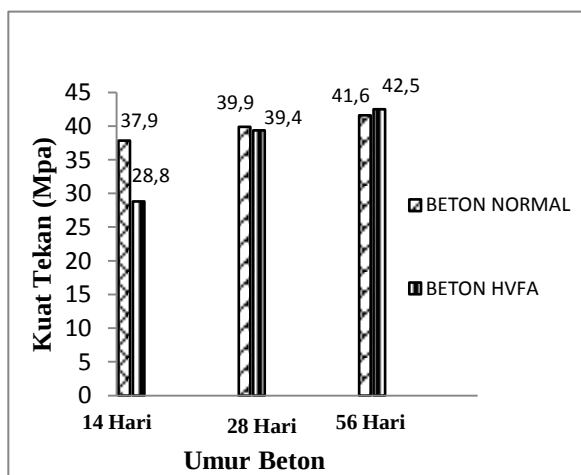
beton *HVFA* dapat mengurangi air sebanyak 24,5 %. Hal ini sesuai dengan buku teknologi beton yang ditulis oleh Paul Nugraha dan Antoni, dan jurnal yang ditulis oleh Stefanus dan Howard, 2010 yang menyatakan bahwa kehalusan dan bentuk partikel *fly ash* yang bulat dapat meningkatkan *workability*.

Hasil Pengamatan *Bleeding*

Bleeding adalah peristiwa naiknya air ke atas permukaan pada saat adukan beton telah mengalami konsolidasi, namun belum mengalami pengikatan. Pada penelitian ini, dengan pemakaian *fly ash* pada campuran beton dapat mengurangi terjadinya *bleeding*,

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian perkembangan kuat tekan beton dilakukan pada umur 14 hari, 28 hari dan 56 hari. Berikut ini adalah grafik perkembangan kuat tekan beton,



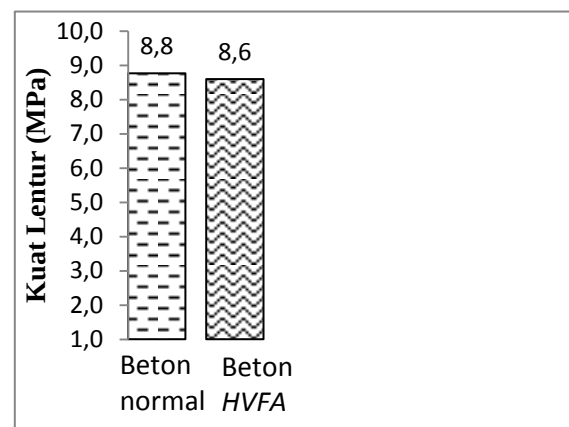
Gambar 1. Grafik hasil pengujian kuat tekan beton

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa kuat tekan beton pada umur 14 hari untuk beton *HVFA* baru mencapai 28,8 MPa sedangkan untuk beton normal mencapai 37,9 MPa. Pada umur 28 hari kuat tekan pada beton *HVFA* sebesar 39,4 MPa mendekati kuat tekan beton normal yaitu sebesar 39,9 MPa. Pada umur 56 hari kuat tekan beton *HVFA* sebesar 42,5 MPa lebih besar dari kuat tekan yang dihasilkan beton normal.

Hal ini sesuai yang diungkapkan (Nugraha dan Antoni, 2007:106), Yang menyatakan bahwa konstrubusi peningkatan kuat tekan beton dengan campuran *fly ash* pada umur setelah 52 hari.

Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada umur 56 hari. Berikut ini adalah grafik pengujian kuat lentur beton untuk kedua campuran,

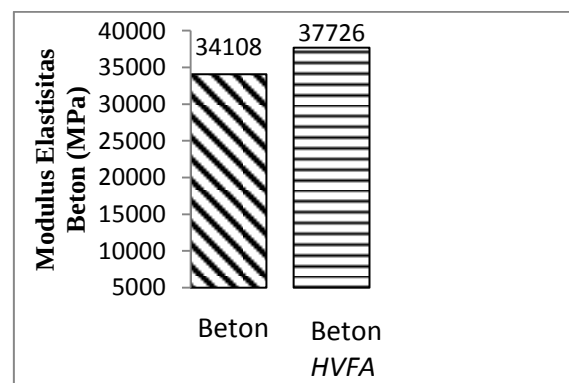


Gambar 2. Grafik hasil pengujian kuat tekan beton

Dari gambar 2 kita dapat ketahui bahwa kuat lentur beton *HVFA* mempunyai kuat lentur yang sebanding dengan beton normal yaitu sebesar 8,8 MPa dan 8,6 MPa.

Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan pada umur 56 hari. Hasil pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada gambar 3,



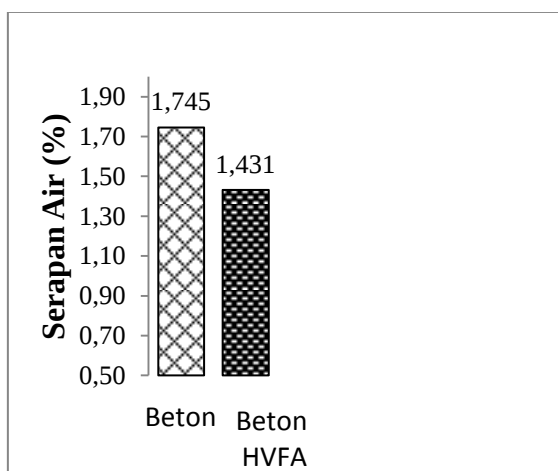
Gambar 3. Grafik hasil pengujian modulus elastisitas beton

Hal ini menunjukkan bahwa beton *HVFA* mempunyai nilai modulus elastisitas lebih besar dibandingkan beton normal.

Penelitian ini sesuai dengan (En-Hua Yang et al, 2007), Menyatakan bahwa beton *HVFA* memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan beton normal. Besarnya modulus elastisitas dipengaruhi oleh karakteristik beton tersebut. Beton dengan pemadatan kurang baik akan menimbulkan keropos, sehingga daya ikat antar agregat menjadi lemah. Selain itu untuk mendapatkan modulus elastisitas yang tinggi yang perlu diperhatikan dalam pengujian regangan-tegangan adalah kondisi permukaan pada benda uji, semakin rata permukaan benda maka semakin baik hasilnya, permukaan yang rata akan menghasilkan nilai modulus elastisitas yang cukup baik karena distribusi beton akan tersebar secara merata keseluruhan permukaan benda uji. Modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan menahan tegangan yang cukup besar dalam kondisi regangan yang masih kecil, artinya bahwa beton tersebut mempunyai kemampuan menahan tegangan (desak terutama) yang cukup besar akibat beban-beban yang terjadi pada suatu regangan (kemungkinan terjadi retak) yang kecil.

Hasil Pengujian Resapan Air Beton

Pengujian resapan air beton dilakukan pada umur 56 hari. Berikut ini adalah grafik pengujian resapan air beton,



Gambar 4. Grafik hasil pengujian resapan air beton

Dari data pengujian diatas dapat diketahui bahwa penyerapan air beton pada campuran beton normal mempunyai presentase sebesar 1,745% sedangkan untuk campuran beton *HVFA* penyerapan air beton mempunyai presentase sebesar 1,431%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan campuran beton yang menggunakan *fly ash* untuk menggantikan semen sebanyak 50% (*HVFA*) dapat mengurangi resapan air pada beton. (Yash Shrivastavab dan Ketan Bajaj, 2012) , menyatakan bahwa nilai permabilitas beton *HVFA* semakin mengecil dibandingkan beton normal/ konvensional, dikarenakan dengan semakin banyak air yang dapat menembus beton, beton lebih rentan terhadap kerusakan, pembekuan atau pencairan. Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa pengujian yang saya lakukan sesuai dengan Yash Shrivastavab dan Ketan Bajaj, bahwa beton *HVFA* lebih sedikit menyerap air.

KESIMPULAN

1. Beton *HVFA* dapat meningkatkan *workability* dibandingkan dengan beton normal.
2. Beton *HVFA* dapat mengurangi terjadinya *bleeding* dibandingkan dengan beton normal.
3. Kuat tekan *HVFA* dapat sebanding dengan beton normal pada saat umur 56 hari.
4. Nilai kuat lentur beton *HVFA* sebanding dengan beton normal.
5. Nilai modulus elastisitas beton *HVFA* lebih besar dari beton normal.
6. Beton *HVFA* lebih sedikit terjadinya resapan air beton dibandingkan dengan beton normal.

SARAN

1. Untuk mendapatkan pemadatan yang baik pada proses penuangan adukan dari molen ke cetakan perlu menggunakan alat perantara (tidak bisa dilakukan secara manual) karena beton segar pada saat dikeluarkan dari molen, campuran lebih cepat kaku atau pekat.
2. Pemakaian cetakan beton yang terbuat dari kayu setelah dipakai lebih dari satu kali harus dicek dimensinya sehingga tidak terjadi pergeseran cetakan yang dapat menghasilkan beton dengan bentuk

tidak sesuai dengan rancangan. Cetakan beton sebaiknya digunakan tidak lebih dari 3 kali pemakaian.

3. Perawatan sangat penting mengingat kandungan air didalam campuran sangat rendah. Selama tahap dini hidrasi, banyak jumlah air terpakai tetapi struktur masih relatif permeabel untuk air perawatan untuk mengisi kembali (*replenish*) air kombinasi secara kimia.
4. Untuk pengujian selanjutnya, untuk beton HVFA waktu pengujian dapat dilakukan pada saat umur 90 hari, hal ini karena pada umur 56 hari kuat tekan beton masih dapat meningkat.
5. Penumbukan beton segar pada saat adukan dimasukkan kedalam cetakan harus rata, khususnya untuk beton selindir yang tingginya 30 cm, agar campuran beton bisa rata padat memenuhi cetakan sehingga beton tidak keropos.

DAFTAR PUSTAKA

Antoni dan Nugraha, P, 2007. *Teknologi Beton*, C.V Andi Offset, Yogyakarta.

ASTM C 469. *Standar Test Method for Static Modulus of Elastisitas and Paission's Ratio of Concrete in Compression*

ASTM C 642 – 97. *Standart Test Method of Density, Absorption, and Void's in Hardened Concrete*

Hernando, F. 2009. *Perencanaan Campuran Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Superplasticizer dan Pengaruh Penggantian Semen Dengan Fly Ash*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Mardiono. 2010. *Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) dalam Beton Mutu Tinggi*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma Jakarta.

Pujianto. 2010. *Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah Superplastizer dan Fly Ash*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

SNI 1970:2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standardisasi Nasional (BSN).

SNI 03-1972-1990. *Metode Pengujian Slump Beton*. Departemen Pekerjaan Umum.

SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional (BSN).

SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Jakarta.

Tjokrodinuljo, K. 1992. *Teknologi Beton*, Biro Penerbit, Yogyakarta.

Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*, PT Naviri, Yogyakarta.