

**PERBANDINGAN PEMAKAIAN AIR KAPUR DAN AIR TAWAR SERTA  
PENGARUH PERENDAMAN AIR GARAM DAN AIR SULFAT  
TERHADAP DURABILITAS *HIGH VOLUME FLY ASH CONCRETE***

**Tugas Akhir**

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



diajukan oleh :

**Donny Putra Prasetyo**  
**NIM : D 100 100 073**

kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2014**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERBANDINGAN PEMAKAIAN AIR KAPUR DAN AIR TAWAR SERTA PENGARUH PERENDAMAN AIR GARAM DAN AIR SULFAT TERHADAP DURABILITAS *HIGH VOLUME FLY ASH CONCRETE*

#### Tugas Akhir

Diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran  
Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji  
Pada tanggal : 3 November 2014

diajukan oleh :

**DONNY PUTRA PRASETYO**  
**NIM : D 100 100 073**

Susunan Dewan Penguji:

Pembimbing Utama



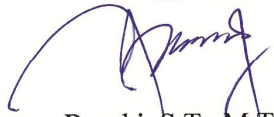
M. Solikin, S.T., M.T., Ph.D.  
NIK : 792

Pembimbing Pendamping



Budi Setiawan, S.T., M.T.  
NIK : 785

Anggota



Basuki, S.T., M.T.  
NIK : 783

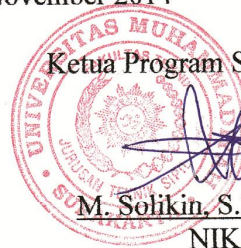
Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil  
Surakarta, 3 November 2014

Dekan Fakultas Teknik



I. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.  
NIK : 682

Ketua Program Studi Teknik Sipil



M. Solikin, S.T., M.T., Ph.D.  
NIK : 792

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Donny Putra Prasetyo

Nim : D100 100 073

Fakultas : Teknik

Jurusan : Teknik Sipil

Judul Skripsi : **PERBANDINGAN PEMAKAIAN AIR KAPUR DAN AIR TAWAR SERTA PENGARUH PERENDAMAN AIR GARAM DAN AIR SULFAT TERHADAP DURABILITAS *HIGH VOLUME FLY ASH CONCRETE***

Menyatakan bahwa Skripsi tersebut adalah karya saya sendiri dan bukan karya orang lain, baik sebagian maupun keseluruhan, kecuali dalam bentuk kutipan-kutipan dan ringkasan-ringkasan yang sudah saya jelaskan sumbernya. Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan apabila pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia mendapatkan sanksi apapun dari Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Surakarta, November 2014  
Yang membuat pernyataan,



Donny Putra Prasetyo

## MOTTO

“Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil, kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik”

(Evelyn Underhill)

Barang siapa bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhannya itu adalah untuk dirinya sendiri.

(QS Al-Ankabut [29]:6)

“Bukan tentang mana yang terbaik dan mana yang paling tepat tetapi tentang mana yang bisa kamu pertanggungjawabkan”

“*When you have never made a mistake, means you have not tried anything* (Ketika anda tidak pernah melakukan kesalahan, itu berarti anda tidak pernah mencoba hal apapun)”

## **PERSEMBAHAN**

Puji syukur alhamdulillahirobbil' alamin.

Atas segala rahmat dan karunia yang telah Allah SWT berikan, sehingga saya dapat melewati segala proses dalam menyelesaikan studi untuk mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil.

Tugas Akhir ini saya dedikasikan kepada :

- Bapak dan Ibu, terima kasih atas segala dukungan, bimbingan, do'a, dan nasehatnya yang tak pernah henti beliau berikan untuk aku anakmu.
- Kakak dan adik saya tercinta, terimakasih atas segala dukungan, bimbingan, do'a, dan nasehatnya selama ini.
- Seluruh keluarga besar Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Teman-teman sekelompok tugas akhir saya, Feby dan Kholis terima kasih atas bantuannya selama ini walaupun kadang kita saling berbeda pendapat.
- Teman-teman yang telah banyak membantu dalam penelitian tugas akhir ini : Toni, Fajar, Sapto, Mamik, Dede, Rintis, Lilik, Ahmad, Minti terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.
- Seluruh teman-teman di Progdip Teknik Sipil FT UMS tanpa terkecuali, teman-teman Assisten Dosen di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, Ibu kost serta para penghuni kost yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terima kasih banyak atas segala macam bentuk saran, kritik, dan bantuannya.

## PRAKATA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, puji dan syukur Penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga dapat terselesaikannya penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul **“PERBANDINGAN PEMAKAIAN AIR KAPUR DAN AIR TAWAR SERTA PENGARUH PERENDAMAN AIR GARAM DAN AIR SULFAT TERHADAP DURABILITAS *HIGH VOLUME FLY ASH CONCRETE*“**. Tugas Akhir ini disusun guna melengkapi sebagian persyaratan untuk mencapai derajat sarjana S-1 pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Bersama dengan selesainya Tugas Akhir ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

- 1). Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT. Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta .
- 2). Bapak Dr. Mochamad Solikin. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 3). Bapak Dr. Mochamad Solikin. selaku Pembimbing Utama sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, yang telah memberikan dorongan, arahan serta bimbingan.
- 4). Bapak Budi Setiawan, ST, MT., selaku Pembimbing Pendamping, yang telah memberikan dorongan, arahan serta bimbingan.
- 5). Bapak Basuki, ST, M.T., selaku Anggota Dewan Penguji sekaligus sebagai Pembimbing Akademik, yang telah memberikan dorongan, arahan serta bimbingan.
- 6). Ibu Qunik Wiqoyah, ST, MT., selaku Dosen Koordinator Tugas Akhir.
- 7). Bapak dan ibu dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.
- 8). Bapak, ibu, dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa dan dorongan baik material maupun spiritual.

- 9). Bapak dan ibu dari Balai Konservasi Borobudur, Magelang yang telah membantu dalam pengujian *fly ash*.
- 10). Teman – teman teknik sipil angkatan 2010, terima kasih atas kerjasamanya.
- 11). Semua pihak– pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penyusun, senantiasa mendapatkan pahala dari Allah SWT. *Amin*.

Penyusun menyadari bahwa penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, Oleh karena itu segala koreksi dan saran yang bersifat membangun Penyusun harapkan guna penyempurnaan Tugas Akhir ini. Besar harapan Penyusun semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi Penyusun dan Pembaca.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Surakarta, 3 November 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKIPSI</b> .....	iii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>PRAKATA</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xvii
<b>ABSTRAKSI</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	3
F. Keaslian Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
A. Pengertian Beton .....	5
B. Sifat-sifat Beton .....	5
1. Sifat kelebihan beton.....	5
2. Sifat kekurangan beton .....	6
C. Beberapa Hasil Penelitian Beton.....	6
D. Ketahanan (Durabilitas).....	8
E. Serangan Sulfat .....	9



F. Serangan Garam dan Ion Klorida.....	10
<b>BAB III LANDASAN TEORI .....</b>	<b>11</b>
A. Bahan Susun Beton .....	11
1. Semen <i>portland</i> .....	11
2. Agregat .....	12
<i>a. Agregat halus</i> .....	12
<i>b. Agregat kasar</i> .....	13
3. Air .....	14
B. Bahan Tambah Untuk Beton.....	15
1. <i>Fly Ash</i> .....	15
2. Air Kapur .....	17
C. Perencanaan Campuran Beton .....	18
D. Kuat Tekan Beton.....	24
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
A. Umum.....	26
B. Bahan Penelitian .....	26
1. Semen <i>Portland</i> .....	26
2. Agregat halus.....	26
3. Agregat kasar .....	27
4. Air .....	27
5. <i>Fly Ash</i> .....	27
6. Asam sulfat .....	28
7. Garam.....	28
C. Peralatan Penelitian .....	28
1. Ayakan standart .....	28
2. Penggetar ayakan ( <i>siever</i> ) .....	29
3. Timbangan.....	29
4. Gelas ukur .....	30
5. Kerucut <i>conus</i> .....	30

6. <i>Oven</i> .....	30
7. <i>Desicator</i> .....	31
8. <i>Volumetric flash</i> .....	31
9. <i>Concrete mixer (Molen)</i> .....	31
10. Kerucut <i>Abram's</i> .....	32
11. Tongkat baja.....	32
12. Cetakan kubus .....	32
13. Bak tempat perendaman benda uji.....	32
14. Mesin uji tekan .....	33
15. Peralatan penunjang lain .....	33
D. Tahapan Penelitian .....	33
1. Tahap I : persiapan alat dan penyediaan bahan .....	33
2. Tahap II : pemeriksaan bahan.....	33
3. Tahap III : pembuatan rancangan beton.....	33
4. Tahap IV : pembuatan benda uji.....	33
5. Tahap V : pengujian benda uji.....	34
6. Tahap VI : analisa data dan kesimpulan.....	36
E. Pelaksanaan Penelitian .....	36
1. Pemeriksaan bahan.....	36
a. <i>Pemeriksaan kadar lumpur pasir</i> .....	36
b. <i>Pemeriksaan kandungan zat organik</i> .....	37
c. <i>Pemeriksaan SSD pasir</i> .....	37
d. <i>Pemeriksaan specific gravity dan absorbtion pasir</i> .....	38
e. <i>Pemeriksaan gradasi agregat halus</i> .....	39
f. <i>Pemeriksaan specific gravity dan absorbtion agregat kasar</i> ...39	
g. <i>Pemeriksaan gradasi agregat kasar</i> .....	40
2. Perencanaan campuran beton .....	41
3. Pengujian nilai <i>slump</i> .....	41
4. Pembuatan benda uji .....	42
5. Pembuatan larutan perendaman beton .....	42
6. Perendaman beton.....	43

7. Pengujian kuat tekan beton.....	43
------------------------------------	----

**BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....44**

A. Hasil Pemeriksaan Agregat.....	44
1. Hasil pengujian agregat halus.....	44
2. Hasil pengujian agregat kasar.....	46
B. Hasil Pemeriksaan <i>Fly Ash</i> .....	48
C. Perencanaan Campuran Adukan Beton.....	48
D. Pengujian <i>Slump</i> .....	49
E. Perawatan.....	50
F. Pembuatan Larutan.....	50
G. Pengukuran pH.....	51
H. Pengujian Kuat Tekan.....	52
1. Kuat tekan awal.....	52
2. Kuat tekan pada perendaman air garam.....	53
3. Kuat tekan pada perendaman air sulfat.....	55

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....57**

A. Kesimpulan.....	57
B. Saran.....	58

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar III.1. Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm .....	22
Gambar III.2. Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan .....	23
Gambar III.3. Sketsa uji kuat tekan beton.....	25
Gambar IV.1. Semen portland .....	26
Gambar IV.2. Agregat halus.....	26
Gambar IV.3. Agregat kasar.....	27
Gambar IV.4. Air tawat dan air kapur .....	27
Gambar IV.5. <i>Fly ash</i> .....	27
Gambar IV.6. Asam Sulfat .....	28
Gambar IV.7. Garam.....	28
Gambar IV.8. Ayakan standart .....	29
Gambar IV.9. Alat penggetar ( <i>siever</i> ).....	29
Gambar IV.10. Timbangan .....	29
Gambar IV.11. Gelas ukur .....	30
Gambar IV.12. Kerucut <i>conus</i> .....	30
Gambar IV.13. <i>Oven</i> .....	30
Gambar IV.14. <i>Desicator</i> .....	31
Gambar IV.15. <i>Volumetric flash</i> .....	31
Gambar IV.16. <i>Molen</i> .....	31
Gambar IV.17. Kerucut <i>Abram's</i> dan tongkat baja .....	32
Gambar IV.18. Cetakan kubus .....	32
Gambar IV.19. Bak tempat perendaman benda uji.....	32
Gambar IV.20. Mesin uji kuat tekan beton .....	33
Gambar IV.21. Bagan alir penelitian .....	35
Gambar IV.22. Kuat tekan benda uji kubus .....	43
Gambar V.1. Keadaan pasir dalam <i>volumetric flash</i> pada pengujian berat jenis.....	45

Gambar V.2.	Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus .....	46
Gambar V.3.	Hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar .....	47
Gambar V.4.	Hasil pemeriksaan pH menggunakan kertas lakmus .....	51
Gambar V.5.	Hubungan antar kuat tekan beton rata-rata dengan variasi beton umur 28 hari.....	53
Gambar V.6.	Hubungan antar kuat tekan beton rata-rata dengan variasi bahan tambah <i>fly ash</i> pada perendaman air garam .....	54
Gambar V.7.	Hubungan antar kuat tekan beton rata-rata dengan variasi bahan tambah <i>fly ash</i> pada perendaman air sulfat .....	55

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata silinder beton umur pengujian 7 hari, 14 hari, 21 hari, 28 hari dengan fas 0,45 (Maryanto, 2001).....	7
Tabel II.2. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata silinder beton dengan perendaman air laut pada umur 28 hari dan 45 hari (Ningrum, 2008).....	8
Tabel II.3. Hasil pengujian kuat tarik rata-rata silinder beton dengan perendaman air laut pada umur 28 hari dan 45 hari (Ningrum, 2008).....	8
Tabel III.1. Komposisi bahan utama semen (Mulyono, 2003).....	11
Tabel III.2. Jenis-jenis semen <i>portland</i> (Mulyono, 2003) .....	12
Tabel III.3. Gradasi agregat halus (SNI 03-2834-2000) .....	13
Tabel III.4. Gradasi agregat kasar (SNI 03-2834-2000) .....	14
Tabel III.5. Persyaratan jumlah semen minimum dan factor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834-2000).....	19
Tabel III.6. Penetapan nilai <i>slump</i> .....	19
Tabel III.7. Perkiraan kadar air bebas ( $\text{kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834-2000) .....	20
Tabel III.8. Persyaratan jumlah semen minimum dan factor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834-2000).....	21
Tabel III.9. Batas gradasi pasir (Tjokrodimuljo, 1996) .....	22
Tabel IV.1. Rincian jumlah pembuatan benda uji beton dengan perendaman air sulfat dan air garam dengan lama perendaman 28 hari. ....	34
Tabel IV.1. Rincian jumlah pembuatan benda uji beton dengan perendaman air sulfat dan air garam dengan lama perendaman 56 hari .....	34
Tabel V.1. Hasil pemeriksaan agregat halus .....	44

Tabel V.2. Hasil pemeriksaan agregat kasar .....	46
Tabel V.3. Hasil pemeriksaan kandungan kimia <i>fly ash</i> .....	48
Tabel V.4. Perencanaan campuran beton per m <sup>3</sup> .....	49
Tabel V.5. Perencanaan campuran beton per @kubus .....	49
Tabel V.6. Hasil pengujian <i>slump</i> .....	50
Tabel V.7. Hasil pengujian pH larutan sulfat .....	51
Tabel V.8. Hasil pengujian kuat tekan beton awal .....	52
Tabel V.9. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton pada perendaman air garam .....	53
Tabel V.10. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton pada perendaman air sulfat .....	55

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran IV.1. Pemeriksaan kadar lumpur pada pasir .....	L-1
Lampiran IV.2. Pemeriksaan kandungan zat organik pada pasir .....	L-2
Lampiran IV.3. Pemeriksaan <i>Saturated Surface Dry (SSD)</i> pasir.....	L-3
Lampiran IV.4. Pemeriksaan <i>Specific Gravity</i> dan <i>Absorbtion</i> pasir.....	L-4
Lampiran IV.5. Pemeriksaan gradasi pasir .....	L-5
Lampiran IV.6. Pemeriksaan <i>Specific Gravity</i> dan <i>Absorbtion</i> batu pecah....	L-6
Lampiran IV.7. Pemeriksaan gradasi batu pecah .....	L-7
Lampiran IV.8. Perhitungan rencana campuran per 1m <sup>3</sup> .....	L-8
Lampiran IV.9. Hasil pengujian kuat tekan beton.....	L-9
Lampiran IV.10. Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal (SNI 03-2834-2000).....	L-10
Lampiran IV.11. Metode pengujian kuat tekan beton (SNI 03-1974-1990)....	L-11



## DAFTAR NOTASI

A	= luas permukaan benda uji yang ditekan ( $\text{mm}^2$ )
Dj agg hls	= berat jenis agregat halus ( $\text{gram/cm}^3$ )
Dj agg ksr	= berat jenis agregat kasar ( $\text{gram/cm}^3$ )
Dj camp	= berat jenis agregat campuran ( $\text{gram/cm}^3$ )
$f'_c$	= kuat tekan beton (MPa)
M	= nilai tambah (MPa)
$p$	= penyerapan (%)
$P_{\text{maks}}$	= beban maksimum (N)
Sd	= standar deviasi (MPa)
W	= berat beton (gram)
Wh	= jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus
Wk	= jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya
$\gamma_c$	= berat jenis beton ( $\text{gram/cm}^3$ )

**PERBANDINGAN PEMAKAIAN AIR KAPUR DAN AIR TAWAR SERTA  
PENGARUH PERENDAMAN AIR GARAM DAN AIR SULFAT TERHADAP  
DURABILITAS HIGH VOLUME FLY ASH CONCRETE**

**ABSTRAKSI**

Penelitian ini mencoba menggunakan bahan tambah berupa *fly ash* yang bertujuan untuk meningkatkan durabilitas dan kepadatan beton. Selain itu, dalam usaha untuk menghasilkan mutu beton yang lebih baik digunakan air kapur sebagai air campuran adukan beton. Pada penelitian ini menggunakan *high volume fly ash concrete* dengan kadar *fly ash* 50%. Untuk membandingkan maka digunakan 2 jenis *fly ash* yaitu yang berasal dari PLTU dan yang dibeli di pasaran, sedangkan air kapur yang digunakan berasal dari perendaman kapur hidup. Dimensi benda uji kubus 15x15x15 cm. Rancangan campuran menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Setiap variasi dibuat 3 benda uji, sehingga jumlah keseluruhannya 60 buah. Perendaman 28 hari pada air tawar setelah itu direndam dalam air garam dan sulfat dengan lama perendaman 28 hari dan 56 hari. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kuat tekan beton. Selain *high volume fly ash concrete* pengujian terhadap beton normal juga dilakukan. Hasil kuat tekan awal optimum terjadi pada beton normal yang direndam dalam air yaitu 20,04 MPa. Setelah direndam dalam air garam hingga umur 56 hari perubahan kuat tekan yang terjadi relatif stabil sehingga tidak berpengaruh terhadap kuat tekan maupun durabilitas beton. Pada perendaman air sulfat umur 28 hari reaksi beton terhadap air sulfat masih lemah karena perubahan kuat tekan yang terjadi relatif tetap. Reaksi mulai terlihat pada lama perendaman 56 hari tetapi perubahan kuat tekan rata-rata yang terjadi masih relatif stabil sehingga terjadi keseimbangan antara pengembangan kekuatan beton dengan pengurangan luasan pada zona yang rusak oleh serangan asam sulfat. Namun, pada beton normal yang direndam dalam air sulfat nilai kuat tekan rata-rata lebih rendah daripada kuat tekan awal sehingga beton normal memiliki durabilitas yang lemah terhadap larutan asam sulfat dibandingkan beton dengan bahan tambah *fly ash*. Pada perendaman air garam dan air sulfat Penggunaan air kapur sebagai air campuran beton memiliki kuat tekan rata-rata yang lebih rendah daripada penggunaan air tawar sebagai air campuran beton.

**Kunci : *air garam, air kapur, air sulfat, beton, durabilitas, fly ash, kuat tekan***