



**PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN  
MEMANFAATKAN LIMBAH BATUBARA  
(*BOTTOM ASH*) SEBAGAI BAHAN  
TAMBAHAN SEMEN PADA  
CAMPURAN BETON**

**SKRIPSI**

Oleh

**EKO PRABOWO  
NIM 071910301028**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2011**



**PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN  
MEMANFAATKAN LIMBAH BATUBARA  
(*BOTTOM ASH*) SEBAGAI BAHAN  
TAMBAHAN SEMEN PADA  
CAMPURAN BETON**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**EKO PRABOWO  
NIM 071910301028**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2011**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ayahanda Sumbito, SH dan Ibunda Endang Widowati yang telah mendoakan, memberikan dukungan, semangat dalam menyelesaikan skripsi ini dan memberi kasih sayang serta pengorbanan selama ini.
2. Adikku Rengga Dodi Prasetyo dan Kekasihku Bilvia Priscanita. Yang telah memberikan dukungan serta semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Kakek dan Nenek. Yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini
4. Semua Keluarga, Ponakanku, Tanteku, pak de, Adik-adikku yang sudah memberi dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Teman-teman Teknik sipil Universitas Jember angkatan 2007, yang telah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini.
6. Guru-guruku dari TK sampai Perguruan Tinggi, yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbing selama ini.
7. Almamater Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
8. Semuanya yang telah membantu dan mendukung dalam bentuk apapun dalam menyelesaikan skripsi ini.

**MOTTO :**

“Cintailah pekerjaanmu, maka pekerjaan akan mencintaimu”

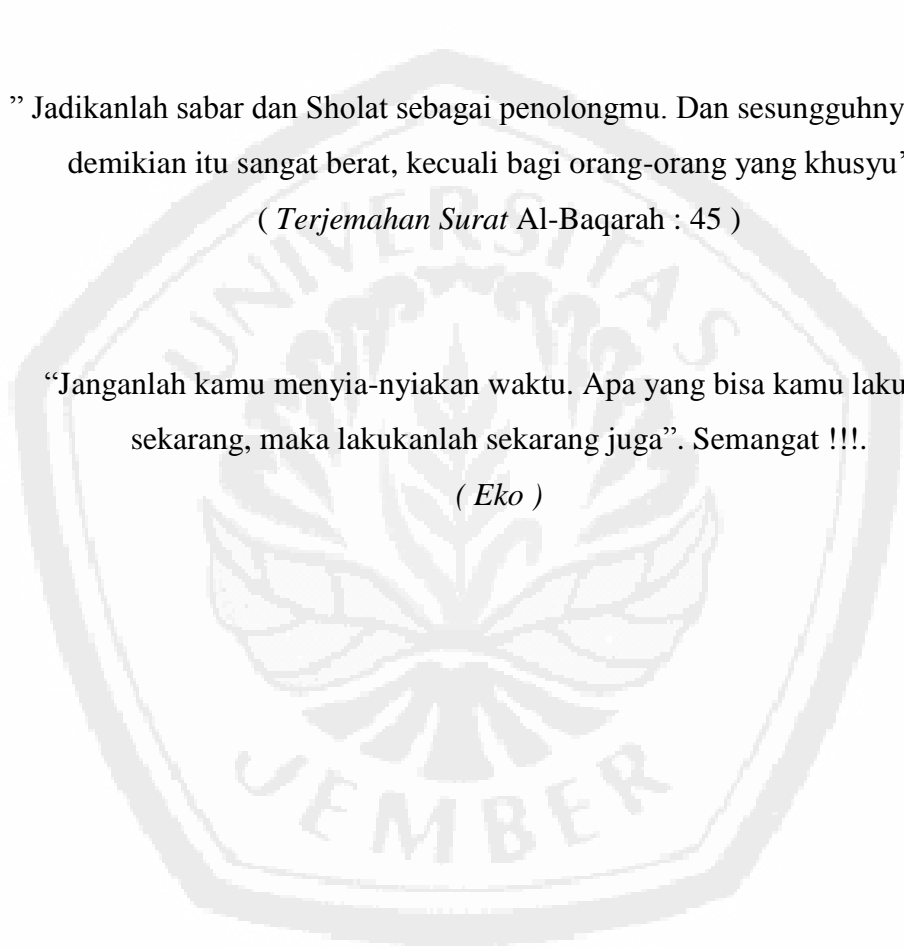
( *Eko* )

” Jadikanlah sabar dan Sholat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sangat berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyu’.”

( *Terjemahan Surat Al-Baqarah : 45* )

“Janganlah kamu menyia-nyiakan waktu. Apa yang bisa kamu lakukan sekarang, maka lakukanlah sekarang juga”. Semangat !!!.

( *Eko* )



## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Eko Prabowo

NIM : 071910301028

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul : ” *Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Memanfaatkan Limbah Batubara (Bottom Ash) Sebagai Bahan Tambahan Semen Pada Campuran Beton*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademis jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2011  
Yang Menyatakan,

Eko Prabowo  
NIM. 071910301028

**SKRIPSI**

**PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN  
MEMANFAATKAN LIMBAH BATUBARA  
(*BOTTOM ASH*) SEBAGAI BAHAN  
TAMBAHAN SEMEN PADA  
CAMPURAN BETON**

Oleh

Eko Prabowo  
NIM 071910301028

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ketut Aswatama W, ST., MT

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Hernu Suyoso, MT

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul ”*Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Memanfaatkan Limbah Batubara (Bottom Ash) Sebagai Bahan Tambahan Semen Pada Campuran Beton*” telah diuji dan disahkan oleh Program Studi Strata Satu (S1) Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Jumat  
Tanggal : 22 Juli 2011  
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

### Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Ketut Aswatama W, ST., MT  
NIP 19700713 200012 1 001

Ir. Hernu Suyoso, MT  
NIP 19551112 198702 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Jojok Widodo S.,ST.,MT  
NIP 19720527 200003 1 001

Yeny Dhokhikah, ST., MT  
NIP 19730127 199903 2 002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, MT.  
NIP. 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Memanfaatkan Limbah Batubara (*Bottom Ash*) Sebagai Bahan Tambahan Semen Pada Campuran Beton;** Eko Prabowo, 071910301028; 2011; 77 halaman; Jurusan S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Beton adalah batuan yang tersusun dari semen dan air yang membentuk suatu pasta sebagai bahan perekat, dengan campuran pasir dan kerikil sebagai bahan pengisi. Kerikil dapat diperoleh secara alami ataupun buatan dari hasil pemecahan batu, sedangkan pasir dapat diperoleh dari sungai.

Anggapan sebagian kalangan bahwa *bottom ash* tidak dapat digunakan untuk bahan tambah beton ternyata keliru. *Bottom ash* dengan dengan proporsi tertentu ternyata bisa dimanfaatkan untuk campuran beton, terutama untuk rancangan beton kedap air.

*Bottom ash* merupakan abu dasar yang berbentuk seperti bongkahan arang kecil yang kemudian akan terkumpul di tungku pembakaran dengan kandungan kimia seperti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , dan  $\text{SO}_3$ .

Dalam hal ini dilakukan penelitian dengan menggunakan *bottom ash* sebagai bahan tambahan semen dalam campuran beton dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai kuat tekan beton seiring dengan penambahan limbah batubara *bottom ash* sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat semen yang direncanakan. Karena untuk memanfaatkan limbah batubara *bottom ash* yang dinilai membahayakan bagi lingkungan, dan termasuk dalam kategori limbah B-3 yang tak terpakai dan dibuang sia-sia sebagai campuran beton yang bernilai ekonomis, memiliki kuat tekan yang tinggi dan ramah lingkungan.

Penelitian ini dilakukan pada awal bulan mei 2011 sampai bulan juni 2011 yang bertempat di laboratorium Struktur Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember. Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah semen PPC Type 1, pasir yang



digunakan adalah pasir Jember daerah Mayang, pemanfaatan *bottom ash* sebagai bahan tambahan semen dan agregat kasar yang digunakan adalah krikil dari daerah Jember. Benda uji menggunakan kubus dengan luas 225 cm<sup>2</sup>, dengan masing-masing perlakuan berjumlah 16 buah benda uji.

Metode perancangan pada penelitian ini adalah metode DOE, dimana terdapat 6 macam komposisi campuran dengan persentase penambahan *bottom ash* yang bervariasi yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% terhadap semen dengan menggunakan mutu beton  $f_c'$  22,5 Mpa .

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari dengan benda uji berbentuk kubus. Dari penelitian ini diketahui bahwa dengan prosentase penambahan *bottom ash*, beton akan memiliki nilai kuat tekan awal yang tinggi dibandingkan dengan beton normal. Dan nilai kuat tekan dari beton yang memanfaatkan limbah batubara *bottom ash* sebagai bahan tambahan semen ternyata cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal. Nilai kuat tekan beton yang paling tinggi didapat dari komposisi campuran 5% penambahan *bottom ash* terhadap semen yang mencapai nilai 32,94 Mpa dengan kuat tekan rencana sebesar 22,5 Mpa.

## SUMMARY

CONCRETE COMPRESSION STRENGTH TEST OF UTILIZING COAL WASTE (**BOTTOM ASH**) AS CEMENT ADDITIVE OF MIXED CONCRETE; Eko Prabowo; 071910301028; 2011; 77 pages; S1 Civil Engineering Department ,Faculty of Engineering, Jember University.

Concrete is a rock composed of cement and water forms a paste as the adhesive, with a mixture of sand and gravel as a filler. Gravel can be obtained naturally or made from the quarry, while the sand can be obtained from the rivers.

The assumption among some that the bottom ash cannot be used to add concrete material was erroneous. Bottom ash with a certain proportion of it can be used to mix concrete, especially for water-resistant design of concrete. Bottom ash is the ash base shaped like small chunks of charcoal, which will then collect in the furnace with the chemical content such as  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  and  $\text{SO}_3$ .

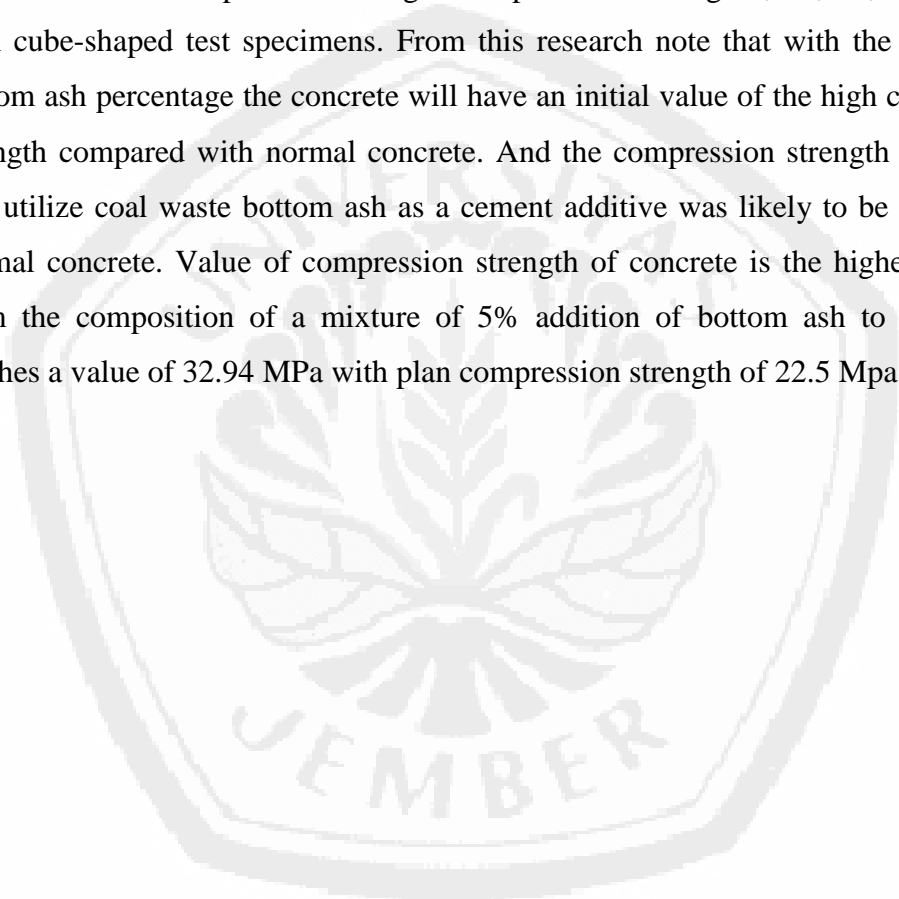
In this case research carried out by using bottom ash as a cement additive in the concrete mixture in order to find out how much the value of compression strength of concrete along with the addition of waste coal bottom ash at 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, and 25% of the weight of cement planned. Due to use of coal bottom ash waste is considered dangerous for the environment, and included in the waste category B-3 are unused and wasted as a mixture of concrete economic value, has a high compression strength and environmentally friendly.

The research was conducted in early May 2011 to June 2011 which took place in Civil Engineering Structures Laboratory Faculty of Engineering, Jember University. Materials used for this study is the PPC cement Type 1, the sand used was sand from Mayang Jember area, utilization of bottom ash as an additional ingredient of cement and coarse aggregate used was gravel of Jember area. The specimen using

a cube with an area of 225 cm<sup>2</sup>, with each treatment amounted to 16 pieces of test objects.

Design method in this study is the DOE method, where there are six kinds of mixed composition with the addition of bottom ash percentage that varies is 0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25% of cement by using the quality of concrete K- 22, 5 Mpa.

Concrete compression strength test performed at age 7, 14, 21, and 28 days with cube-shaped test specimens. From this research note that with the addition of bottom ash percentage the concrete will have an initial value of the high compression strength compared with normal concrete. And the compression strength of concrete that utilize coal waste bottom ash as a cement additive was likely to be higher than normal concrete. Value of compression strength of concrete is the highest obtained from the composition of a mixture of 5% addition of bottom ash to the cement reaches a value of 32.94 MPa with plan compression strength of 22.5 Mpa.



## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul ” Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Memanfaatkan Limbah Batubara (*Bottom Ash*) Sebagai Bahan Tambahan Semen Pada Campuran Beton ”. Karya tulis ilmiah ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

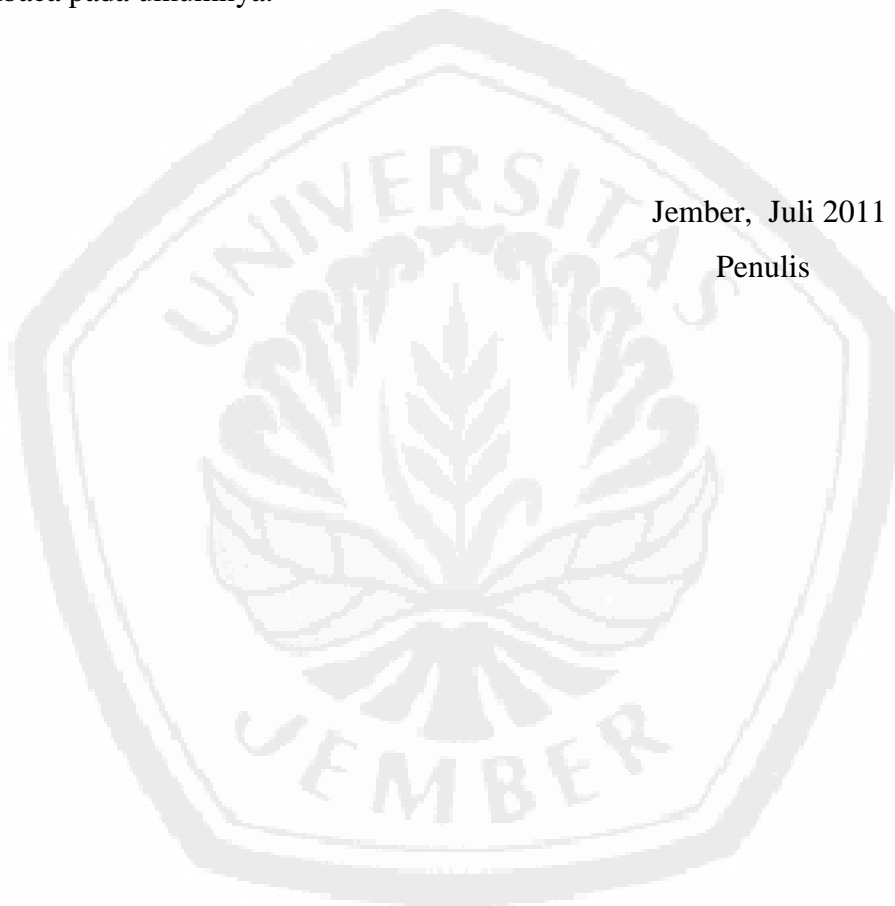
Penyusun Laporan Skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada :

1. Allah SWT.
2. Kedua orang tua saya ayahanda Sumbito, SH dan ibunda Endang Widowati yang telah memberikan dukungan baik materi dan spiritual.
3. Ir. Widyono Hadi, MT., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Jojok Widodo, ST., MT., Selaku Kepala Jurusan Teknik Sipil Program Studi Teknik Universitas Jember.
5. M. Farid Maaruf ST, MT. Phd., selaku Ketua Program Studi Strata 1 Teknik Sipil.
6. Ketut Aswatama, ST.,MT. Selaku dosen pembimbing utama.
7. Ir. Hernu Suyoso, MT. Selaku dosen pembimbing anggota.
8. Jojok Widodo S.,ST.,MT. Selaku penguji skripsi 1
9. Yeny Dhokhikah, ST., MT. Selaku penguji skripsi 2
10. Ahmad Hassanudin, ST.,MT. Selaku Pembimbing Akademik
11. Seluruh Dosen Teknik Sipil beserta Teknisi yang selama dibangku perkuliahan telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat.
12. Teman-teman seangkatan S 1 dan D III Teknik Sipil, Mesin, Elektro 2007, beserta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu baik secara langsung dan tidak langsung yang turut serta membantu dalam proses penyusunan laporan ini. Terima kasih untuk kalian semua.

Berbagai upaya telah penulis lakukan dalam penyusunan laporan ini, akan tetapi penulis menyadari bahwa laporan ini masih perlu disempurnakan. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan laporan ini. Akhirnya penulis berharap, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh Mahasiswa teknik Sipil pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Jember, Juli 2011

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xx
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan dan Manfaat</b> .....	4
1.4.1 Tujuan.....	4
1.4.2 Manfaat.....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
<b>2.1 Penelitian Terdahulu</b> .....	5
<b>2.2 Deskripsi Beton</b> .....	5
2.2.1 Sifat umum beton.....	5
2.2.2 Jenis-Jenis Beton.....	6
<b>2.3 Bahan Tambah</b> .....	7

2.4	<b>Limbah Batu Bara</b> .....	7
2.5	<b>Bottom Ash</b> .....	8
2.6	<b>Semen</b> .....	10
2.7	<b>Air</b> .....	12
2.8	<b>Agregat</b> .....	13
2.9	<b>Kuat Tekan Beton</b> .....	14
2.10	<b>Analisa Statistik</b> .....	16
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1	<b>Studi Kepustakaan</b> .....	21
3.2	<b>Konsultasi</b> .....	21
3.3	<b>Persiapan Alat dan Bahan</b> .....	22
3.3.1	Persiapan Alat.....	24
3.3.2	Persiapan Bahan.....	24
3.4	<b>Penghalusan <i>Bottom Ash</i></b> .....	24
3.5	<b>Pengujian Material</b> .....	25
3.5.1	Pengujian Semen.....	25
3.5.2	Pengujian Agregat Halus.....	26
3.5.1	Pengujian Agregat Kasar.....	28
3.5.2	Pengujian Limbah Batu Bara <i>Bottom Ash</i> .....	30
3.6	<b><i>Desain Campuran Beton (Mix Design)</i></b> .....	31
3.7	<b>Rancangan Rencana Percobaan</b> .....	33
3.8	<b>Pembetonan/Pencetakan Benda Uji</b> .....	34
3.9	<b>Perawatan Benda Uji</b> .....	35
3.10	<b>Pengujian Kuat Tekan</b> .....	35
3.11	<b>Analisis dan Pembahasan</b> .....	36
3.12	<b>Kesimpulan</b> .....	37
<b>BAB 4. PEMBAHASAN</b>		
4.1	<b>Data Pengujian Material</b> .....	41
4.1.1	Semen.....	41

4.1.2	Limbah Batubara <i>Bottom Ash</i> .....	42
4.1.3	Agregat Halus.....	43
4.1.4	Agregat Kasar.....	44
<b>4.2</b>	<b>Rencana Mix Design Cara DOE</b> .....	<b>45</b>
4.2.1	Perencanaan Campuran Adukan Beton K 22.5 Mpa.....	45
<b>4.3</b>	<b>Pengujian Beton</b> .....	<b>59</b>
4.3.1	Pengujian Slump.....	59
4.3.2	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	59
4.3.3	Hubungan Kuat Tekan Beton Dengan Persentase Penambahan <i>Bottom Ash</i> .....	61
4.3.4	Hubungan Perkembangan Kuat Tekan Beton Dengan Umur Beton.....	62
4.3.5	Hubungan Berat Beton Dengan Prosentase Penambahan <i>Bottom Ash</i> .....	64
4.3.6	Perhitungan Standart Deviasi.....	66
<b>4.4</b>	<b>Analisa Statistik</b> .....	<b>66</b>
<b>BAB 5. PENUTUP</b>		
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan</b> .....	<b>75</b>
<b>5.2</b>	<b>Saran</b> .....	<b>75</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		<b>76</b>
<b>LAMPIRAN</b>		
	Lampiran A. Pengujian Semen.....	78
	Lampiran B. Pengujian <i>Bottom Ash</i> .....	79
	Lampiran C. Pengujian Agregat Halus.....	80
	Lampiran D. Pengujian Agregat Kasar.....	83
	Lampiran E. Mix Desain.....	86
	Lampiran F. Hasil Pengujian Slump.....	88
	Lampiran G. Pengujian Kuat Tekan Beton.....	89
	Lampiran H. Contoh Perhitungan Untuk Umur Beton 7 Hari.....	93



Lampiran I. Standart Deviasi.....	96
Lampiran J. Analisa Stasistik Pengujian Kuat Tekan Menggunakan Software Minitab 14.....	98
Lampiran K. Dokumentasi Penelitian.....	107



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Fisik Khas Dari <i>Bottom Ash</i> .....	9
Tabel 2.2 Sifat mekanis <i>bottom ash</i> .....	10
Tabel 3.1 Jumlah dan Komposisi benda uji.....	33
Tabel 4.1 Analisa Pengujian Semen (PPC).....	41
Tabel 4.2 Analisa Pengujian <i>Bottom Ash</i> .....	42
Tabel 4.3 Analisa Pengujian Agregat Halus.....	43
Tabel 4.4 Analisa Pengujian Agregat Kasar.....	44
Tabel 4. 5 Nilai standart deviasi (kg/cm <sup>2</sup> ).....	46
Tabel 4.6 Perkiraan Kuat Tekan Beton ( N/mm <sup>2</sup> ) dengan Faktor Air Semen 0,50 dan Jenis Semen Serta Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai di Indonesia.....	47
Tabel 4.7 Persyaratan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus.....	49
Tabel 4.8 Penetapan Nilai Slump.....	50
Tabel 4.9 Perkiraan Kebutuhan Air Per Meter Kubik Beton ( liter ).....	50
Tabel 4.10 Kebutuhan Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus.....	51
Tabel 4.11 Batas Gradasi Pasir.....	52
Tabel 4.12 Formulir Rancangan Campuran Beton.....	57
Tabel 4.13 Banyaknya Bahan-Bahan Teoritis.....	57
Tabel 4.14 Banyaknya Bahan yang Dikoreksi.....	57
Tabel 4.15 Perbandingan material yang digunakan untuk pengecoran.....	58
Tabel 4.16 Banyaknya bahan-bahan teoritis untuk benda uji kubus 15x15x15 cm.....	58
Tabel 4.17 Banyaknya bahan-bahan Aktual setelah koreksi air untuk benda uji kubus 15x15x15 cm.....	58

Tabel 4.18 Hasil perhitungan pengujian kuat tekan beton dengan K 22.5 Mpa umur beton 7 hari.....	59
Tabel 4.19 Hasil perhitungan pengujian kuat tekan beton dengan K 22.5 Mpa umur beton 14 hari.....	60
Tabel 4.20 Hasil perhitungan pengujian kuat tekan beton dengan K 22.5 Mpa umur beton 21 hari.....	60
Tabel 4.21 Hasil perhitungan pengujian kuat tekan beton dengan K 22.5 Mpa umur beton 28 hari.....	61
Tabel 4.22 Hasil perhitungan kuat tekan beton rata-rata dengan umur beton....	63
Tabel 4.23 Hasil perhitungan pengaruh penambahan <i>bottom ash</i> terhadap perkembangan kuat tekan beton.....	63
Tabel 4.24 Hubungan Berat Beton Dengan Prosentase Penambahan <i>Bottom Ash</i> .....	64

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram Penyaringan <i>Bottom Ash</i> .....	38
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian Skripsi.....	39
Gambar 4.1. Grafik hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton..	48
Gambar 4.2 Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.....	53
Gambar 4.3 Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, Dan berat jenis beton basah yang dimampatkan secara penuh.....	54
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kuat tekan beton (K) dengan % tambahan <i>bottom ash</i> untuk umur beton 7,14,21, dan 28 hari.....	62
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara kuat tekan beton (K) dengan bertambahnya umur beton.....	63
Gambar 4.6 Diagram Hubungan Berat Beton dengan Prosentase Penambahan <i>Bottom Ash</i> .....	65
Gambar 4.7 Diagram Hubungan Berat Beton dengan Prosentase Penambahan <i>Bottom Ash</i> .....	65
Gambar 4.8 Grafik hubungan nilai kuat tekan beton rata-rata umur 7 hari pada masing-masing benda uji dengan prosentase penambahan <i>bottom ash</i> .....	68
Gambar 4.9 Grafik hubungan nilai kuat tekan beton rata-rata umur 7 hari pada tiap area benda uji dengan prosentase penambahan <i>bottom ash</i> .....	68
Gambar 4.10 Grafik hubungan nilai kuat tekan beton rata-rata umur 14 hari pada masing-masing benda uji dengan prosentase penambahan <i>bottom ash</i> .....	70

Gambar 4.11 Grafik hubungan nilai kuat tekan beton rata-rata umur 14 hari pada tiap area benda uji dengan prosentase penambahan <i>bottom ash</i> .....	70
Gambar 4.12 Grafik hubungan nilai kuat tekan beton rata-rata umur 21 hari pada masing-masing benda uji dengan prosentase penambahan <i>bottom ash</i> .....	72
Gambar 4.13 Grafik hubungan nilai kuat tekan beton rata-rata umur 21 hari pada tiap area benda uji dengan prosentase penambahan <i>bottom ash</i> .....	72
Gambar 4.14 Grafik hubungan nilai kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari pada masing-masing benda uji dengan prosentase penambahan <i>bottom ash</i> .....	74
Gambar 4.15 Grafik hubungan nilai kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari pada tiap area benda uji dengan prosentase penambahan <i>bottom ash</i> .....	74