



**PENGUJIAN PERBEDAAN ANGKA KONVERSI UMUR PADA
BETON NORMAL DENGAN BETON *FLY ASH* 10 %**

*The Distinctive Test Of Number Converts Age On Normal Concrete By Use Of
Concrete Fly Ash 10%*

LAPORAN PROYEK AKHIR

Oleh

RIZKA FEBRY PRIYO PAMUNGKAS

061 903 103 064

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2010**



**PENGUJIAN PERBEDAAN ANGKA KONVERSI UMUR PADA
BETON NORMAL DENGAN BETON *FLY ASH* 10 %**

*The Distinctive Test Of Number Converts Age On Normal Concrete By Use Of
Concrete Fly Ash 10%*

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Diploma III (D III) Teknik
dan mencapai gelar Diploma Teknik

Oleh

RIZKA FEBRY PRIYO PAMUNGKAS

061 903 103 064

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2010**

PERSEMBAHAN

Laporan proyek akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Ayahanda H.M Suyono dan Ibunda Hj. Pudji Lestari (alm) tercinta, yang telah memberikan kasih sayang, doa, kepercayaan, serta dukungan moral maupun materil sehingga ananda bisa seperti sekarang. Harapan kalian selama ini sudah terwujud, Ananda sekarang sudah menjadi seorang Diploma Teknik.
2. Spesial Buat Almarhum ibunda Hj. Pudji Lestari dukungan dan semangat dari Ibunda tetap bisa dirasakan walaupun Ibunda sudah tiada, semoga Ibunda disana bangga dan bisa menghadiri wisuda ananda, walaupun ananda tidak bisa melihat kehadiran Ibunda. *I Love U Mama Always is the Best.*
3. Kakakku sayang Kak Ida, Kak Ketut, Kak Iwan, Kak Dhika yang selalu memberikan semangat, cinta kasih, serta dukungan baik moral dan materil karena tanpa kalian adekmu ini tidak akan menjadi seorang Diploma. Terima kasih kakakku sayang.
4. Saudara Kembarku Rizky semoga mendapat pekerjaan yang terbaik buat kamu.
5. Buat adek keponakanku yang lucu – lucu Narend dan Nindi belajar yang rajin biar cita-citanya tercapai. Amin...
6. Seseorang yang selalu disampingku Triasih Pamungkas yang selalu menemani dan membantu selama pengerjaan Proyek Akhir dalam kondisi apapun.
7. Ubnu, Wawan, Rama, Linda, Vivi, Hengky, Candra, Teguh yang selalu membantu praktikum selama ini dan teman – temanku angkatan 2006. Thaks guys...
8. Guru-guruku sejak TK sampai PT terhormat, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran dan ketekunan.
9. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Tidak seorang pun mendapatkan garansi untuk sukses. Tepatnya, faktor-faktor seperti kesempatan, keberuntungan dan waktu adalah penting. Tetapi tulang punggung kesuksesan biasanya ditemukan dalam cerita lama, konsep dasar seperti kerja keras, determinasi, perencanaan yang baik dan ketekunan.

(Mia Hamm)

Kami selalu tidak dapat membangun masa depan bagi generasi muda kita, tetapi kita dapat membangun generasi muda kita untuk masa depan.

(Franklin D. Roosevelt)

Tak ada rahasia untuk menggapai sukses. Sukses itu dapat terjadi karena persiapan, kerja keras dan mau belajar dari kegagalan.

(Collin Powell)

Jalan untuk belajar melakukan sesuatu adalah dengan melakukannya. Jalan untuk belajar tentang suatu usaha adalah dengan bekerja di sana. Kesuksesan mengajarkan bagaimana caranya agar berhasil. Mulailah dengan determinasi untuk sukses, dan pekerjaan sudah terselesaikan setengahnya.

(Orang Bijak)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rizka Febry Priyo Pamungkas

NIM : 061903103064

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan proyek akhir ini yang berjudul :

” **Pengujian Perbedaan Angka Konversi Umur Pada Beton Normal dengan Beton *Fly Ash* 10 %**“ 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 akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan itu tidak benar.

Jember, 27 Oktober 2010

Yang menyatakan,

Rizka Febry Priyo Pamungkas

NIM. 061903103064

PROYEK AKHIR

**PENGUJIAN PERBEDAAN ANGKA KONVERSI UMUR PADA
BETON NORMAL DENGAN BETON *FLY ASH* 10 %**

*The Distinctive Test Of Number Converts Age On Normal Concrete By Use Of
Concrete Fly Ash 10%*

Oleh :

RIZKA FEBRY PRIYO PAMUNGKAS

061 903 103 064

Pembimbing

Dosen pembimbing utama : Ketut Aswatama, ST., MT.

Dosen pembimbing anggota : Erno Widayanto, ST., MT.

PENGESAHAN

Laporan proyek akhir berjudul "*Pengujian Perbedaan Angka Konversi Umur Pada Beton Normal dengan Beton Fly Ash 10 %*" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari, Tanggal : Rabu, 27 Oktober 2010

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui/Penguji :

DPU

DPA

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

Erno Widayanto, ST., MT.
NIP 19700419 199803 1 002

Penguji I,

Penguji II,

Ahmad Hasanuddin, ST., MT.
NIP 19710327 199803 1 003

Nunung Nuring H, ST., MT.
NIP 19760217 200112 2 002

Mengesahkan :
Fakultas Teknik
Universitas Jember
Ketua,

Ir. Widyono Hadi, MT
NIP 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

“Pengujian Perbedaan Angka Konversi Umur pada Beton Normal dengan Menggunakan Beton *Fly Ash* 10%” Rizka Febry Priyo Pamungkas, 061903103064, 2010, 81 halaman, Program Studi Diploma III Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Beton adalah campuran dari agregat halus dan kasar dengan semen yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu. Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah dengan spesifikasi tertentu yang merupakan hasil mesin pemecah batu (*Stone Crusher*). Agregat halus terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah yang memenuhi spesifikasi sebagai campuran pada beton. Bahan tambah yang ada diantaranya adalah abu terbang (*Fly Ash*) yang bisa diperoleh dari sisa hasil proses pembakaran batubara yang keluar dari tungku pembakaran. Penelitian ini menggunakan material pasir Lumajang dengan penambahan Abu Terbang (*Fly Ash*) dengan kadar 0% dan 10% dari berat total semen untuk meningkatkan kuat tekan beton. Tujuan penelitian dengan menggunakan bahan tambah *Fly Ash* dengan kadar 0% dan 10% yaitu untuk mendapatkan angka konversi yang baru sebagai perbandingan dengan angka konversi yang sudah ada dan untuk pembandingan konversi umur beton dari *Peraturan Beton Indonesia, 1971*. Manfaat dari pengujian ini diharapkan dapat menambahkan wacana untuk faktor konversi umur yang terdapat pada peraturan PBI' 1971 (*Peraturan Beton Indonesia 1971*) sebagai acuan pelaksanaan di lapangan.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Universitas Jember pada bulan Juli 2010 sampai bulan Agustus 2010. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, semen PPC, dan *Fly Ash* 10%. Penelitian menggunakan proporsi campuran untuk setiap perlakuan 12,95 kg semen, 24,56 kg agregat halus, 40,07 kg agregat kasar, 6,87 liter air, dan 1,29 kg *Fly Ash*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *Fly Ash* dengan kadar 10% lebih baik daripada beton dengan kadar *Fly Ash* 0% atau beton normal. Dari hasil analisa yang diperoleh, bahwa hasil uji angka konversi untuk beton dengan menggunakan *Fly Ash* adalah umur 3 hari 0,57, 7 hari 0,7, 14 hari 0,78, 21 hari 0,95, dan umur 28 hari 1. Dan hasil uji konversi Beton Normal yaitu 3 hari 0,6, 7 hari 0,73, 14 hari 0,86, 21 hari 0,96, dan 28 hari 1.

SUMMARY

“The Distinctive Test Of Number Converts Age On Normal Concrete By Use Of Concrete *Fly Ash* 10%” “ Rizka Febrry Priyo Pamungkas, 061903103064, 2010, 81 Pages, Civil Engineering - DIII, Faculty of Engineering, University of Jember.

Concrete is mixed of ground and crude aggregate by cement that united by given compare deep liquid. The coarse aggregates used were crushed – stones of certain specifications which were resulted from the crushing process by stone crusher. The fine aggregates contain sand or very small crushed stones generated by sieving the coarse crushed stones, both of which are in accordance with the required specification of concrete. Aught plus material amongst those is *Fly Ash* that can be gotten from result rest processes secretory coal burn of burn stove. This research employed the sand material taken from Lumajang, added by *Fly Ash* with rate 0% and 10% of heavy total cements to increase the strength of concrete presses. To the effect research by use of plus material *Fly Ash* with rate 0% and 10% which is to get conversion number a new one as compare with numeral existing conversion and for contrasting concretes aged conversion of *Peraturan Beton Indonesia*, 1971. Benefit of this examination is expected to add discourse for age conversion factor that exists on PBI regulation 1971 (*Peraturan Beton Indonesia 1971*) as referenced as performing at the site.

This research was conducted at the structure labory, University of Jember, during the period of July – Augusts 2010. Material that is utilized on this research is crude aggregate, ground aggregate, PPC cement, and *Fly Ash* 10%. Research utilizes mixture proportion for each conduct 12,95 kg cements, 24,56 kg ground aggregates, 40,07 kg crude aggregates, 6,87 water liters, and 1,29 kg *Fly Ash*. So it can be concluded that *Fly Ash* with rate 10% betters than concretes by titrate *Fly Ash* 0% or normal concrete. Of acquired analysis result, that result tests conversion number for concrete by use of *Fly Ash* are age 3 days 0,57, 7 days 0,7, 14 days 0,78, 21 days 0,95, and age 28 days 1. And yielding quiz convert Normal Concrete which is 3 days 0,6, 7 days 0,73, 14 days 0,86, 21 days 0,96, and 28 days 1.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan YME yang telah melimpahkan rahmat serta hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir ini. Proyek Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Diploma III di Fakultas Teknik Universitas Jember. Proyek Akhir ini telah banyak mendapat bantuan, dorongan serta bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu di ucapkan terima kasih kepada :

1. Ir.Widiyono Hadi, MT selaku Ketua Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Erno Widayanto, ST.,MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil.
3. Indra Nurtjahjaningtyas, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Diploma III Teknik Sipil.
4. Ketut Aswatama, ST.,MT., selaku Dosen pembimbing I yang banyak memberikan bimbingan dan motivasi selama penyusunan Laporan Proyek Akhir ini.
5. Erno Widayanto, ST.,MT., selaku Dosen pembimbing II yang banyak memberikan bimbingan dan motivasi selama ini.
6. Ayah dan ibunda serta keluarga tercinta yang telah memberikan moril, materi, dan doanya.
7. Semua rekan - rekan Teknik Sipil DIII maupun S1 angkatan 2005, 2006, 2007
8. Semua pihak yang turut serta membantu dalam proses penyusunan Laporan Proyek Akhir ini.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih dapat disempurnakan oleh karena itu kritik dan saran selalu diharapkan untuk penyempurnaannya. Semoga Laporan Proyek Akhir ini bermanfaat bagi seluruh mahasiswa Program-program Studi Teknik Sipil. Amin.

Jember, 27 Oktober 2010

Penulis

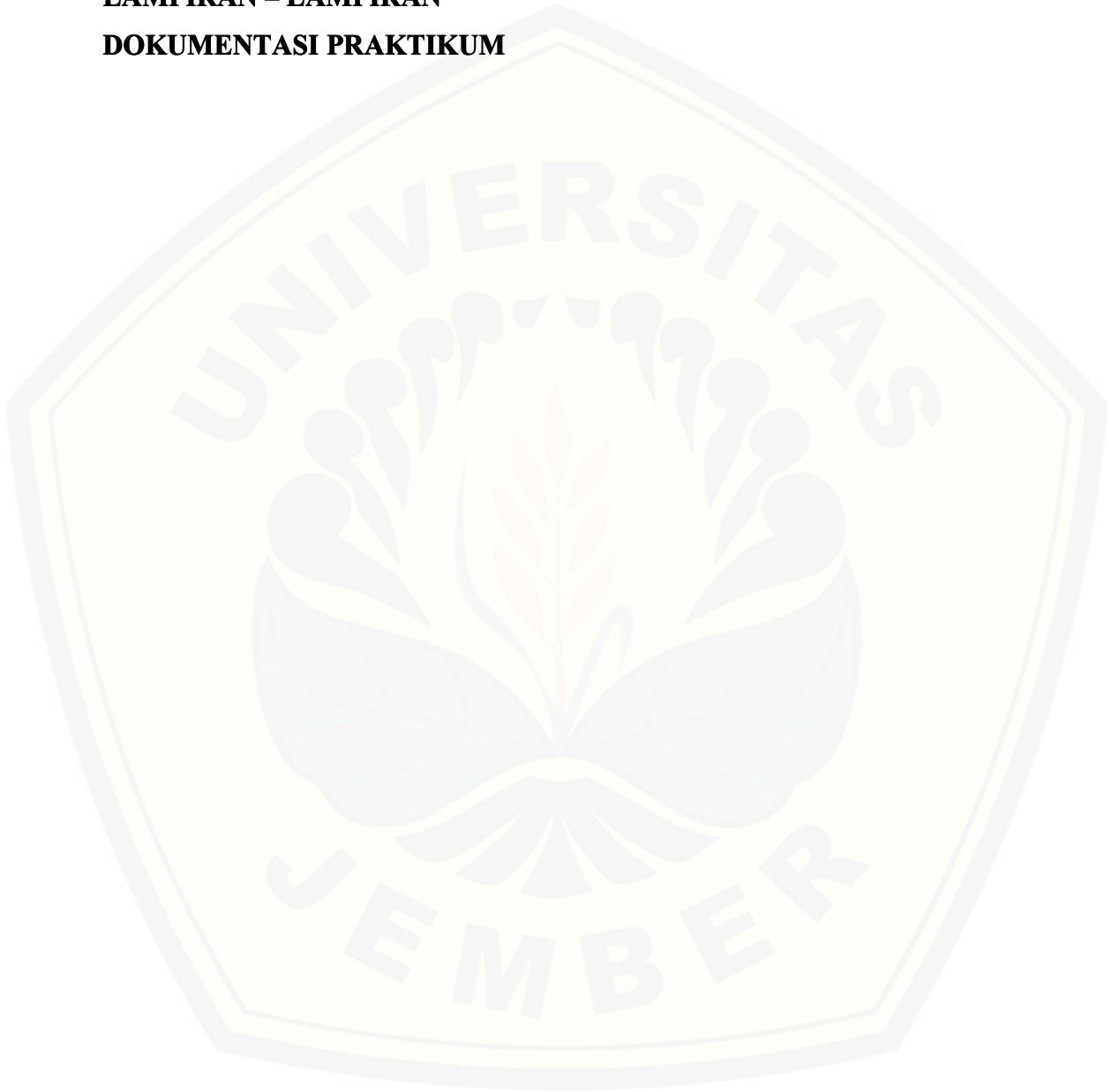
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Beton	4
2.2 Semen	4
2.3 Agregat	5
2.3.1 Agregat Kasar	6
2.3.2 Gradasi Agregat Kasar	6
2.3.2 Agregat Halus	7

2.3.4 Syarat Umum Agregat Halus.....	7
2.3.5 Gradasi Agregat Halus	8
2.4 Air	8
2.5 Fly Ash	9
2.5.1 Karakteristik <i>Fly Ash</i>	11
2.5.2 Sifat Kimia <i>Fly Ash</i>	12
2.6 Hasil Penelitian Terdahulu	13
2.7 Standart Deviasi	14
2.8 Sifat Mekanik Beton	15
2.8.1 Kuat Tekan Beton.....	15
2.8.2 Kuat Tekan Rata-rata	16
2.8.2 Kuat Tekan Karakteristik	17
2.9 Pembuatan Benda Uji	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Studi Kepustakaan	24
3.2 Konsultasi	24
3.3 Rancangan Percobaan	24
3.4 Persiapan Bahan dan Material	25
3.5 Pengujian Material	26
3.5.1 Pengujian Agregat Kasar (kerikil).....	26
3.5.1.1 Analisa Saringan Kerikil.....	26
3.5.1.2 Kelembaban Kerikil.....	27
3.5.1.3 Berat Jenis Kerikil.....	27
3.5.1.4 Air Resapan Kerikil.....	28
3.5.1.5 Berat Volume Kerikil.....	28
3.5.1.6 Kebersihan Kerikil dengan cara Kering.....	29
3.5.2 Pengujian Agregat Halus (Pasir).....	29
3.5.2.1 Analisa Saringan Pasir.....	29
3.5.2.2 Kelembaban Pasir.....	30

3.5.2.3 Berat Jenis Pasir.....	30
3.5.2.4 Air Resapan Pasir.....	31
3.5.2.5 Berat Volume Pasir.....	31
3.5.3 Pengujian Agregat Semen.....	32
3.5.3.1 Konsistensi Normal.....	32
3.5.3.2 Berat Jenis Semen.....	33
3.5.2.3 Berat Volume Semen.....	33
3.5.2.3 Waktu Mengikat dan Mengeras Semen.....	34
3.6 Perencanaan Campuran Beton	35
3.7 Perawatan Beton.....	36
3.8 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	36
3.9 Analisa dan Pembahasan.....	36
3.10 Kesimpulan.....	37
3.11 Alur Penelitian.....	38
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Pengujian Semen	39
4.2 Hasil Pengujian Agregat.....	40
4.2.1 Agregat Halus (Pasir)	41
4.2.2 Agregat Kasar (Kerikil)	42
4.3 Hasil Pengujian <i>Fly Ash</i>	44
4.4 Pengujian Beton.....	46
4.4.1 Pengujian Slump	46
4.4.2 Perendaman Beton	47
4.4.3 Pengujian Kuat Tekan Beton	47
4.5 Perhitungan Angka Konversi.....	48
4.5.1 Perhitungan Angka Konversi Beton Normal	51
4.5.2 Perhitungan angka Konversi Beton <i>Fly ash</i>	53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan	58

5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN – LAMPIRAN	
DOKUMENTASI PRAKTIKUM	



DAFTAR TABEL

2.1	Presentase Tembus Kumulatif Agregat Kasar (Kerikil).....	6
2.2	Batas Gradasi Pasir.....	8
2.3	Komposisi Kimia Abu Batu Bara.....	11
2.4	Nilai Standart Deviasi Untuk Pengendalian Mutu Pekerjaan.....	14
2.5	Beberapa Jenis Beton Menurut kuat Tekannya.....	15
2.6	Perbandingan Kuat Tekan Beton pada berbagai Umur	16
2.7	Faktor Perkalian Standart Deviasi	18
2.8	Persyaratan faktor air semen maksimum	20
2.9	Penetapan Nilai Slump	20
2.10	Perkiraan Kebutuhan air per meter kubik beton.....	21
3.1	Persentase <i>Fly Ash</i> dan jumlah benda uji masing-masing perlakuan. .	37
4.1	Analisa Pengujian Semen PPC Type I.....	39
4.2	Analisa Pengujian Agregat Halus (Pasir).....	41
4.3	Analisa Pengujian Agregat Kasar (Kerikil)	43
4.4	Pengujian Berat Jenis <i>Fly Ash</i>	44
4.5	Mix Desain Campuran Beton	45
4.6	Konversi Berat Total Campuran Beton terhadap Kapasitas Molen ...	45
4.7	Hasil Pengujian Slump	46
4.8	Hasil Kuat Tekan Beton Normal (KN)	48
4.9	Hasil Kuat Tekan Beton <i>Fly Ash</i> (KN).....	49
4.10	Standart Deviasi Pada Beton Normal.....	52
4.11	Cara Perhitungan Angka Konversi Hasil Uji Beton Normal.....	53
4.12	Perbandingan Hasil Konversi Beton Normal Menurut PBI 1971 dengan Hasil Uji Beton Normal yang sudah dikonversi 28 hari	53
4.13	Standart Deviasi Pada Beton <i>Fly Ash</i>	54

4.14	Cara Perhitungan Angka Konversi Hasil Uji Beton <i>Fly Ash</i>	55
4.15	Perbandingan Hasil Konversi Beton <i>Fly Ash</i> Menurut PBI 1971 dengan Hasil Uji Beton <i>Fly Ash</i> yang sudah dikonversi 28 hari.....	55

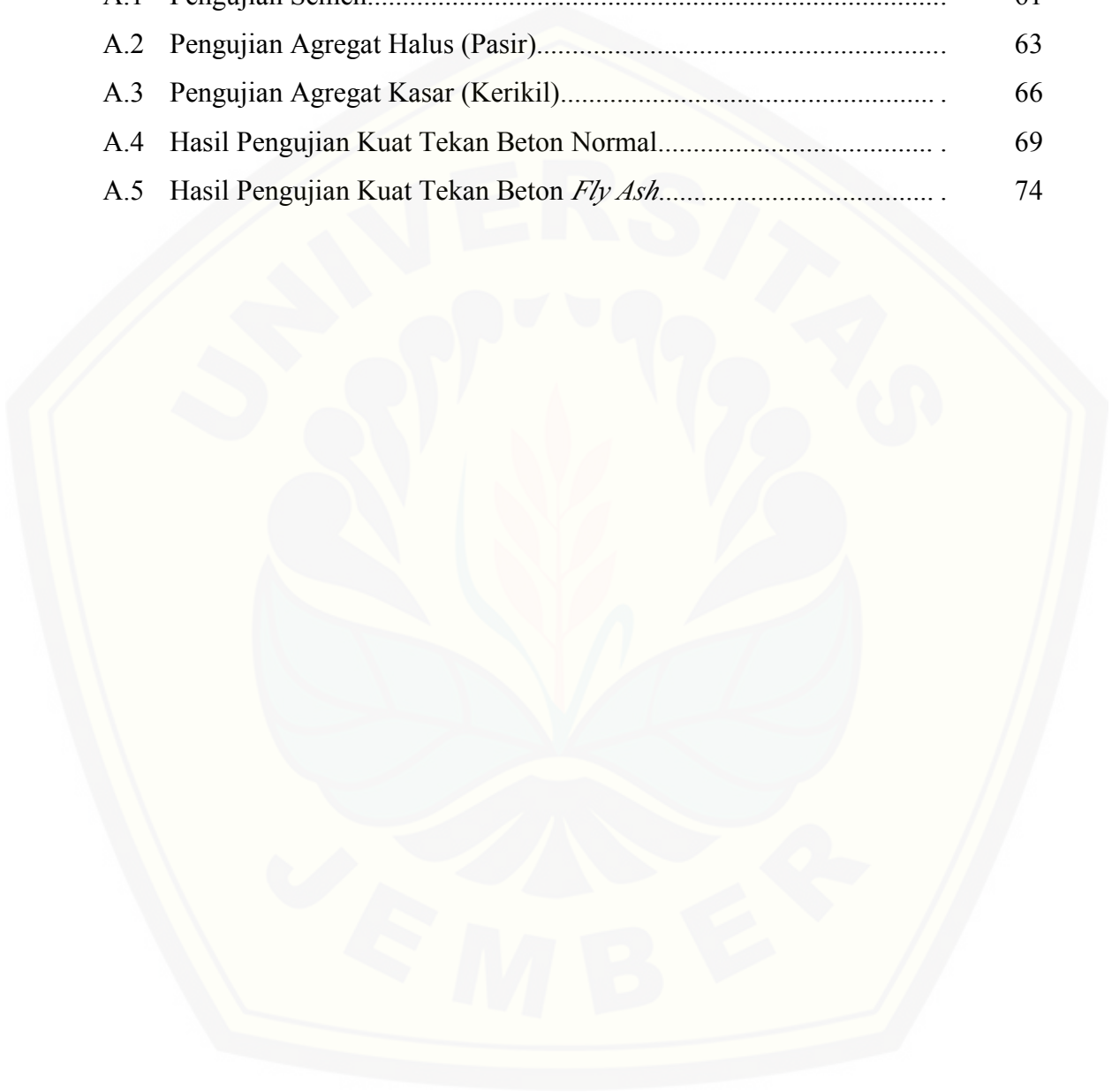


DAFTAR GAMBAR

3.1	Bagan Alir Penelitian.....	38
4.1	Kumulatif Analisa Saringan Pasir.....	40
4.2	Kumulatif Anlisa Saringan Kerikil.....	42
4.3	Pengujian Slump.....	47
4.4	P Maks Hancur pada Beton Normal.....	48
4.5	P Maks Hancur pada Beton <i>Fly Ash</i>	49
4.6	Hubungan Antara Kuat Tekan rata-rata dengan Umur beton.....	50
4.7	Perbandingan Kuat Tekan f_{cr} dengan f_c Beton Normal dan Beton <i>Fly Ash</i>	51
4.8	Perbandingan Kuat Tekan Beton (f_{ci}) Normal Menurut PBI 1971 dengan Hasil Uji Beton Normal yang sudah Dikonversi 28 hari.....	51
4.9	Perbandingan Kuat Tekan Beton (f_{ci}) <i>Fly Ash</i> Menurut PBI 1971 dengan Hasil Uji Beton <i>Fly Ash</i> yang sudah Dikonversi 28 hari.....	53
4.10	Hubungan Konversi menurut PBI 1971 dengan Hasil Uji Beton	55
4.11	Perbandingan Berat Beton Rata-rata Beton normal dengan <i>Beton Fly Ash</i>	56

DAFTAR LAMPIRAN

A.1 Pengujian Semen.....	61
A.2 Pengujian Agregat Halus (Pasir).....	63
A.3 Pengujian Agregat Kasar (Kerikil).....	66
A.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal.....	69
A.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton <i>Fly Ash</i>	74



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan di bidang struktur dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, yang berlangsung di berbagai bidang, misalnya gedung-gedung, jembatan, tower, dan sebagainya. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan. Dalam bangunan yang dimaksud dengan beton adalah campuran dari agregat halus dan kasar dengan semen yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu

Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan ganti atau bahan tambah, dari beberapa bahan pengganti dan bahan tambah yang ada diantaranya adalah abu terbang (*Fly Ash*). *Fly Ash* adalah sisa hasil proses pembakaran batubara yang keluar dari tungku pembakaran. Oleh sebab itu diupayakan agar *Fly Ash* dapat menjadikan bahan yang berguna, antara lain pemanfaatan *Fly Ash* salah satunya sebagai bahan campuran beton.

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Angka konversi umur terhadap beton sudah ditetapkan pada *Peraturan Beton Indonesia, 1971* yaitu umur 3 hari: 0,4, 7 hari: 0,65, 14 hari: 0,88, 21 hari: 0,95, 28 hari: 1. Sampai saat ini belum ada angka konversi yang baru, padahal kenyataan di lapangan menunjukkan beton diuji sebelum 28 hari dan masih menggunakan angka konversi dari PBI, 1971. Pengujian sebelumnya pernah dilakukan oleh (Eka Pertama, Aries Purijatmiko, Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA, Ir. Pantjawarni Prihati, ITS, 2006) disebutkan pada kadar *Fly Ash* 6 % / 100 kg semen dihasilkan kuat tekan beton umur 3 hari sebesar 32,50 Mpa, umur 7 hari sebesar 37,52 Mpa, umur 28 hari sebesar 44,10 Mpa. Apabila kuat tekan beton saat umur 3 hari sebesar 32,50 Mpa akan dikonversikan ke umur 28 hari menggunakan angka konversi umur 3 hari = 0,4 dari

PBI' 1971 maka konversi tersebut menghasilkan kuat tekan sebesar 81,25 Mpa, padahal beton yang sama bila diuji pada umur 28 hari sebesar 44,10 Mpa, terlihat bahwa hasil konversi umur 3 hari = 0,4 hasilnya menjadi terlalu tinggi.

Sehingga hal ini terjadi kesenjangan antara angka konversi umur beton menurut *Peraturan Beton Indonesia, 1971* dengan hasil pengujian yang telah dilakukan. Kuat tekan beton yang direncanakan ditentukan dengan kuat pada umur 28 hari. Perlunya pengujian selama 28 hari untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dengan air) berlangsung dengan sempurna.

Dari latar belakang diatas dicoba untuk melakukan penelitian lebih lanjut yang bertujuan untuk mendapatkan nilai konversi umur kuat tekan baru sebagai pembandingan terhadap nilai konversi umur kuat tekan beton yang sudah ditetapkan dengan pengujian ini digunakan bahan tambah *Fly Ash* sebesar 10 % agar mendapatkan kualitas kuat tekan beton yang optimum. Pengujian Kadar *Fly Ash* 10 % sudah pernah dilakukan oleh Bambang Subiyanto bahwa kadar *Fly Ash* lebih 10 % dapat menghasilkan kuat tekan beton rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, dapat dirumuskan untuk mencari angka konversi baru pada umur beton 3, 7, 14, 21, dan 28 hari sebagai pembandingan terhadap angka konversi yang sudah ada, apakah mempunyai perbedaan antara beton yang menggunakan *Fly Ash* dengan beton normal ?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan nilai dari angka konversi yang baru sebagai perbandingan angka konversi yang sudah ada untuk acuan dalam

pengujian selanjutnya dan untuk menambah pembanding konversi umur beton dari *Peraturan Beton Indonesia, 1971*.

1.3.2 Manfaat

Manfaat dari pengujian ini diharapkan dapat menambahkan wacana untuk faktor konversi umur yang terdapat pada peraturan PBI' 1971 (*Peraturan Beton Indonesia 1971*) sebagai acuan pelaksanaan di lapangan.

1.4 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah di atas penelitian ini dibatasi dengan :

- a) Diasumsikan bahwa kuat tekan beton akan konsisten pada umur 28 hari, sehingga angka konversi umurnya = 1.
- b) Mutu beton rencana $f_c' 225 \text{ kg/cm}^2$
- c) Bahan tambah pembantu *Fly Ash* dengan presentase yang disarankan sebesar 10% dengan tidak mengurangi sebagian kadar semen.
- d) Perawatan beton dengan cara merendam beton di dalam air sampai umur 28 hari.
- e) Tidak mengkaji atau mempelajari reaksi, sifat dan kandungan kimia dari *Fly Ash* yang terjadi pada pembedonan.
- f) Mix Desain menggunakan metode DOE (*Departement Of Environment*)
- g) Standar perhitungan yang digunakan SNI – 03 – 2847 – 2002.
- h) Pengamatan kuat tekan beton dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari masing- masing 16 benda uji untuk setiap umur beton.

- i) Sampel benda uji menggunakan kubus dengan diameter 15 cm x 15 cm x 15 cm.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari medium campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. (Tjokrodimulyo,1992)

Agar hasil kuat tekan beton sesuai dengan rencana diperlukan mix design untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi.

Beton yang sudah mengeras mempunyai kekuatan yang sangat tinggi. Beberapa faktor yang mempengaruhi mutu beton antara lain Samekto, (2001:36) :

1. Umur beton
2. Faktor air semen (*water cement ratio*) merupakan perbandingan komposisi jumlah air dibagi dengan komposisi jumlah semen yang dalam satu campuran beton.
3. Proporsi campuran bahan penyusun dikerjakan .
4. Sifat mudah dikerjakan (*workability*).
5. Perawatan beton (*curing*).

2.2 Semen

Semen merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung *silika*, *aluminia*, dan *oxid besi*), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup.

Ketika semen dicampur dengan air, timbullah reaksi kimia antara campuran-campurannya dengan air. Pada tingkatan awal sejumlah kecil dan retarder (*gips*) cepat terlarut dan dapat berpengaruh terhadap reaksi-reaksi kimia lain. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan (*L.J. Murdock, 1997:67*)

Pemilihan semen portland untuk beton mutu tinggi sangat penting apabila kekuatan awal tinggi menjadi tujuan. Dengan tipe semen yang diberikan, perbedaan merek akan memeberikan karekteristik perkembangan kekuatan yang berbeda, karena variasi komposisi kandungan dan kehalusan.

2.3 Agregat

Agregat adalah material berbutir, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolik (SNI 03 – 2847 – 2002).

Karekteristik material bangunan, terutama dari jenis batu pecah (*crused stone*), cukup memegang peranan penting dalam penggunaannya sebagai agregat beton. Hampir 75% dari volume beton terdiri atas agregat, dengan demikian sifat dan perilaku agregat akan sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton. Kekuatan batu pecah untuk agregat beton pada umumnya berkisar antara 700 dan 3000 kg/m² (*A. Sadisun, 2006*). Penggunaan agregat dalam beton adalah untuk :

- a. Menghemat penggunaan semen.
- b. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton.
- c. Mengurangi susut pengerasan pada beton.

- d. Mencapai susunan yang dapat pada beton (dengan gradasi agregat yang baik maka akan didapatkan beton yang padat).
- e. Mengontrol *workability* dengan gradasi agregat yang baik maka akan didapatkan beton yang mudah dikerjakan atau memiliki *workability* yang baik.

2.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan butiran – butiran tertinggal diatas ayakan dengan lubang 4,8 mm tetapi lolos ayakan 40 mm. Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat diantara batang-batang tulangan. Terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh kerikil agar dapat digunakan sebagai agregat beton, diantaranya: penyerapan air dalam agregat, kadar air dalam agregat, ketahanan terhadap cuaca, susunan besar butir atau gradasi, dan kadar lumpur yang terdapat pada agregat.

Tabel 2.1 Presentase Tembus Kumulatif Agregat Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persentase Berat Tembus Kumulatif Ukuran Butir Nominal (mm)		
	38,1 - 4,76	19,0 - 4,76	9,6 - 4,76
76	100	-	-
38,1	95 - 100	96 - 100	-
19,0	30 - 70	97 - 100	100
9,52	10 - 35	25 - 55	50 - 85
4,76	0 - 5	0 - 10	0 - 10

Sumber : Samekto, (2001 : 29).

Pengaruh kekuatan agregat terhadap kekuatan beton sebenarnya tidak begitu besar karena pada umumnya kekuatan agregat lebih besar daripada kekuatannya. Namun demikian, jika dikehendaki kekuatan betonnya tinggi, diperlukan agregat

yang kuat agar kekuatan agregat tidak lebih rendah dari kekuatan pastanya. Permukaan agregat akan berpengaruh terhadap kekuatan beton, sebab agregat yang memiliki permukaan kasar akan berpengaruh pada lekatan dan besar regangan saat retak – retak beton mulai terbentuk.

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu, (*Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992*) :

- a) Pasir galian diperoleh langsung dari permukaan tanah atau menggali dari dalam tanah. Pasir ini umumnya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan.
- b) Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai. Pasir ini umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat karena akibat proses gesekan yang terjadi.
- c) Pasir laut diperoleh langsung dari pantai. Bentuk butirannya halus dan bulat serta banyak mengandung garam oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan.

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03 kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.

2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen. Jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.
5. Gradasinya harus memenuhi syarat seperti tabel berikut ini (lihat tabel 2.2):

Tabel 2.2 Batas Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Jenis agregat halus			
	Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
10	100	100	100	100
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	96 - 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	1 - 10	2 - 10	3 - 10

Sumber : *Kardiyono Tjokrodimulyo, (2004 : III-10)*

Didalam beton agregat kasar dan halus mengisi sebagian besar volume beton yaitu antara 50% sampai 80 %, sehingga sifat – sifat dan mutu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat – sifat dan mutu beton.

2.4 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga

berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi bleeding, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan yang lemah.

Air pada campuran beton akan berpengaruh pada :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut ini, (*Tjokrodimulyo, 2004 : IV-2*) :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.
5. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

2.5 Bahan Tambahan (admixture)

2.5.1 Abu Terbang (*Fly Ash*)

Fly Ash adalah terminology umum untuk abu terbang yang ringan dan abu relatif berat yang timbul dari suatu proses pembakaran suatu bahan yang lazimnya menghasilkan abu. *Fly Ash* dalam konteks ini adalah abu yang dihasilkan dari

pembakaran batubara. Abu terbang (*Fly Ash*) umumnya diperoleh dari sisa pembakaran Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) (*Sudjatmiko Nugroho, 2003*) atau sisa pembakaran dari Boiler kayu, yang mempergunakan batubara sebagai sumber energi. Sisa pembakaran berupa partikel halus dan berkisar 75%-90% limbah batubara akan keluar melalui cerobong asap, serta hanya sebagian kecil tersisa ditungku api. Limbah batubara sebelum keluar ditangkap dengan *Electrostatic Precipitator* sehingga limbah batubara masih berupa butiran padat.

Fly Ash yang dihasilkan oleh *fluidized bed system* berukuran 100-200 mesh (1 mesh = 1 lubang/inch²). Ukuran ini relatif kecil dan ringan. Secara umum ukuran *Fly Ash* dapat langsung dimanfaatkan di pabrik semen sebagai substitusi batuan trass dengan memasukkannya pada *cement mill* menggunakan udara tekan (*pneumatic system*). Disamping dimanfaatkan di industri semen, *Fly Ash* dapat juga dimanfaatkan menjadi campuran asphalt (*ready mix*), campuran beton (*concrete*) dan dicetak menjadi paving/batako.

Fluidized bed system adalah sistem dimana udara ditiup dari bawah menggunakan blower sehingga benda padat di atasnya berkelakuan mirip fluida. Teknik fluidasi dalam pembakaran batubara adalah teknik yang paling efisien dalam menghasilkan energi. Pasir atau corundum yang berlaku sebagai medium pemanas dipanaskan terlebih dahulu. Pemanasan biasanya dilakukan dengan minyak bakar. Setelah temperatur pasir mencapai temperature bakar batubara (300⁰) maka diumpankanlah batu bara. Sistem ini menghasilkan abu terbang dan abu yang turun di bawah alat. Abu-abu tersebut dengan *Fly Ash* dan *Bottom Ash*. Teknologi *fluidized bed* biasanya digunakan di PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap).

Pada ilmu teknik *Fly Ash* dapat digunakan sebagai bahan baik untuk pembuatan agregat buatan dalam campuran beton. Agregat buatan ini biasanya digunakan sebagai agregat untuk pembuatan beton ringan tetapi juga dapat digunakan untuk campuran paving block dan secara umum biasanya agregat buatan mempunyai penyerapan air yang besar.

Abu terbang berbentuk partikel halus yang dapat dipandang sebagai lanau (*slit*) halus yang tidak plastis berdasarkan *unified Soil Classification system*, tidak porous dan memiliki sifat *pozzolanik*. Sifat *pozzolanik* yang dimiliki oleh abu terbang disebabkan abu terbang mengandung bahan pozzolan yaitu alumina, silica, dan calsium.

Sifat- sifat abu terbang yang telah diproduksi di berbagai tempat di dunia ini tidaklah seragam disebabkan komponen mineral pembentuk batu bara bervariasi dari tempat ke tempat lainnya. Selanjutnya ketidak seragaman tersebut dihasilkan karena proses pembakaran batu bara, kehalusan batu bara selama proses pembakaran dan tipe tungku pembakaran yang digunakan.

Karakteristik yang terdapat pada abu terbang antara lain :

1. Warna

Warna kelabu dari abu terbang dihasilkan dari pembakaran langsung batu bara pada kondisi kurang oksigen. Warna tersebut dapat bervariasi dari kelabu muda sampai hitam. Makin muda warnanya menunjukkan hasil pembakaran yang makin sempurna dan abu terbang yang dihasilkan makin baik mutunya.

2. Komposisi Kimia

Menurut ASTM C 618 komposisi kimia abu terbang mengandung minimum 70% oksida-oksida (SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 serta CaO) dan sulfat yang terkandung adalah maksimum 5 %.

Sifat-sifat kimia abu terbang yang dipakai dalam penelitian, yang berasal dari PLTU Paiton Probolinggo adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Abu Batu bara

Komposisi Kimia	Hasil (%)
Silica $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	52%
Ferric Oxida (Fe_2O_3)	31,86%
Alumina Al_2O_3	4,89%
Calcium Oxida (CaO)	2,68%
Magesium Oxida (MgO)	4,66%

Sumber : PJB Paiton

3. Sifat Pozzolan

Sifat Pozzolan abu terbang dapat diketahui dari seberapa jauh dan seberapa cepat senyawa silika bereaksi dengan senyawa kalsium hidroksida.

4. Hilang pijar

Abu terbang dengan kadar hilang pijar antara 10 – 20 % jarang dimanfaatkan karena efektifitas abu terbang sebagai bahan *pozzolan* akan berkurang, disebabkan berkurangnya oksida-oksida yang berfungsi sebagai pengikat dan pengerasan.

5. Sifat Kimia

a. Susunan besar butir

Susunan besar butir atau gradasi abu terbang sangat bervariasi. Gradasi abu terbang di didalam aliran gas pembakaran konstan dan besarnya dipengaruhi oleh operasi tungku serta sistem pengendapan yang digunakan

b. Kehalusan

Makin banyak abu terbang yang lewat ayakan 45 μm (325 mesh) makin besar pengaruhnya pada kekuatan beton bila abu terbang tersebut dipakai dalam campuran beton.

c. Bentuk partikel

Kebanyakan abu terbang mempunyai bentuk bulat. Abu terbang dan fraksi yang lebih besar dari 300 μm kebanyakan butiran porous dan berwarna hitam.

d. Berat jenis

Berat jenis abu terbang bervariasi tergantung pada besar butir dan besar hilang pijarnya. Berat jenis partikel abu terbang berkisar antara 1,9-2,5 dengan nilai rata-rata 2,25.

6. Sifat Teknis

Abu terbang adalah bahan yang tidak plastis, yang bila dalam keadaan kering akan menumpul dan secara umum bukan bahan kohesif. Ketika reaksi *pozzolan* terjadi kekuatan tekan bebas akan meningkat sesuai dengan pertambahan umurnya. Besarnya daya rembes abu terbang tergantung dari jenis asal batu baranya bila dipadatkan dengan kepadatan maksimum

Ada beberapa faktor yang sangat mempengaruhi sifat-sifat fisik kimia dan teknis pada abu terbang sebagai suatu bahan yang heterogen, antar lain :

1. Jenis batu bara dan kemurnian
2. Jenis ketel dan operasinya
3. Cara penangkapan dan metode penyimpanan abu terbang

Sedangkan aktifitas abu terbang tergantung dari kadar karbon, kehalusan dan distribusi ukuran butirnya. Jika abu terbang dicampur dengan bahan tanah akan terjadi proses lekatan sementasi antara lain akibat pengaruh *pozzolan* atau akibat pengerasan alami abu terbang karena kondisi pemadatan air yang ada. Demikian pula bila abu terbang yang bersifat *pozzolan* tersebut bereaksi dengan kapur akan membentuk suatu pengikat yang erat (sementasi gabungan), yang dapat meningkatkan kekuatan dengan bertambahnya waktu selama pengerasan.

2.6 Hasil Penelitian Terdahulu

Dari pengujian yang dilakukan oleh (Eka Pertama, Aries Purijatmiko, Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA, Ir. Pantjawarni Prihati, ITS, 2006) disebutkan pada kadar *Fly Ash* 6 % / 100 kg semen dihasilkan kuat tekan beton umur 3 hari sebesar 32,50 Mpa, umur

7 hari sebesar 37,52 Mpa, umur 28 hari sebesar 44,10 Mpa. Apabila kuat tekan beton saat umur 3 hari sebesar 32,50 Mpa akan dikonversikan ke umur 28 hari menggunakan angka konversi umur 3 hari = 0,4 dari PBI' 1971 maka konversi tersebut menghasilkan kuat tekan sebesar 81,25 Mpa, padahal beton yang sama bila diuji pada umur 28 hari sebesar 44,10 Mpa, terlihat bahwa hasil konversi umur 3 hari = 0,4 hasilnya menjadi terlalu tinggi.

(Yusa, 2008) menyampaikan hasil penelitian di laboratorium dengan menggunakan abu batu sebagai bahan tambah pada campuran beton bahwa nilai kuat tekan beton pada umur 3 hari diperoleh hasil 537,040 kg/cm², 7 hari 419,320 kg/cm², 14 hari 311,450 kg/cm², 21 hari 244, 830 kg/cm², dan umur 28 hari 343,700 kg/cm². Dari pengujian tersebut belum didapatkan hasil akhir yang diinginkan.

2.7 Standart Deviasi

Nilai deviasi standart dapat diperoleh jika fasilitas produksi beton mempunyai catatan hasil uji. Bila fasilitas produksi beton memiliki catatan 30 benda uji berurutan yang sesuai terhadap material serupa pada kondisi yang diperkirakan, deviasi standart dihitung dari hasil tersebut sesuai dengan persamaan berikut :

$$S = \sqrt{\frac{\sum(f'c - f'r)^2}{n-1}} \dots\dots\dots 2.1$$

Dengan : S = Standart Deviasi (Mpa)

fc' = Kuat beton yang disyaratkan (Mpa)

fc'r= Kuat tekan beton rata-rata dari n benda uji (Mpa)

n = Jumlah benda uji

Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan atau pengalaman hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut, maka nilai marginlangsung diambil sebesar 12 Mpa. Untuk memberikan gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton, berikut ini diberikan pedoman dengan menggunakan tabel sebagai berikut :

Tabel 2.4 Nilai Standart Deviasi untuk Pengendalian Mutu Pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Standart Deviasi (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber : L.J. Murdock (1999 : 35)

2.8 Sifat Mekanik Beton

Sifat mekanik beton perlu diketahui agar perhitungan dan penggunaannya lebih optimal dan efisien. Adapun sifat mekanik beton sebagai berikut :

2.8.1 Kuat Tekan beton

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen agregat kasar, agregat halus, dan air. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama dalam penentuan kekuatan beton.

Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi kekuatan tekan. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi di dalam proses pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pengerjaan akan tetapi mempengaruhi kekuatan. Suatu ukuran dari pengerjaan beton ini diperoleh dengan percobaan slump (*Samekto, 2001 : 36*). Dalam peraturan uji tekan beton dapat dilakukan untuk waktu 3,7,14,21, dan 28 hari.

Kuat tekan adalah kemampuan benda uji untuk menahan gaya tekan atau kemampuan maksimum benda uji dalam menahan gaya tersebut yang menyebabkan kehancuran. Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis (lihat tabel 2.5). pada dasarnya kuat tekan beton tergantung pada 3 hal, yaitu :

1. Kekuatan air dan semen.
2. Daya rekat antara pasta dan permukaan butir – butir agregat, dan

3. Kuat tekan agregat.

Tabel 2.5 beberapa jenis beton menurut kuat tekannya.

Jenis beton	Kuat Tekan (Mpa)
Beton sederhana (<i>plain concrete</i>)	Sampai 10 Mpa
Beton Normal	15 - 30 Mpa
Beton pra tegang	30 - 40 Mpa
Beton kuat tekan tinggi	40 - 80 Mpa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 Mpa

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, (2004 : VIII-1)

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

- Faktor Air Semen (FAS)
- Jenis semen
- Jumlah pasta semen
- Kekerasan agregat halus dan kasar atau sifat agregat
- Prosedur pengecoran, pengangkutan serta pemadatan di lapangan.
- Umur beton.

Tabel 2.6 perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Sumber : *Peraturan Beton bertulang Indonesia (1971: 34)*

Dimana kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$f_c' = \frac{\text{pembacaan dial} \times 100}{A \times \text{koreksi hari}} \times 0,83 \quad \dots\dots\dots 2.2$$

Dengan : f_c = Kuat beton yang disyaratkan (Mpa)

A = Luas Benda Uji

Kuat tekan rata-rata adalah nilai rata-rata kuat tekan beton dari sejumlah beton yang sama jenisnya. Dimana kuat tekan rata-rata dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$f_{c'r} = \frac{\sum f_{c'i}}{n} \dots\dots\dots 2.3$$

Dengan : $f_{c'r}$ = Kuat beton rata-rata (Mpa)

$\sum f_{c'i}$ = Jumlah nilai kuat tekan beton

n = Jumlah benda uji untuk satu jenis perlakuan.

Kuat tekan karakteristik beton adalah kuat tekan dimana dari sejumlah pemeriksaan ada kemungkinan kuat tekan yang kurang dari kuat tekan yang diisyaratkan terbatas sampai 5% (artinya 5% dari beton yang dibuat boleh mempunyai kuat tekan kurang dari kuat tekan karakteristik).

Kuat tekan karakteristik dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$f_{c'k} = f_{c'r} - 1,34 s \dots\dots\dots 2.4$$

Dengan : $f_{c'k}$ = Kuat tekan karakteristik (Mpa)

$f_{c'r}$ = Kuat tekan rata – rata (Mpa)

s = Standart deviasi (Mpa)

Persamaan untuk perhitungan standart deviasi (s) adalah sebagai berikut :

$$s = \frac{\sum_{i=1}^n (f_{c'i} - f_{c'r})^2}{n-1} \dots\dots\dots 2.5$$

Dengan : $f_{c'i}$ = Kuat tekan hancur (Mpa)

$f_{c'r}$ = Kuat tekan rata – rata (Mpa)

s = Standart deviasi (Mpa)

n = Jumlah benda uji

2.9 Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji menggunakan mix design dengan metode DOE (*Department of Environment*). Perencanaan dengan cara DOE ini dipakai sebagai standart perencanaan oleh *Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia*, dan dimuat standart SK.SNI.T-15-1990-03 dengan judul bukunya “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”. Langkah – langkah pembuatan mix design dengan metode DOE antara lain :

a. Penentuan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c') pada umur tertentu.

Kuat tekan yang diisyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat. Di indonesia, yang dimaksud dengan kuat tekan beton yang diisyartakan ialah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah dari nilai itu hanya sebesar 5 % saja.

b. Penetapan nilai deviasi standart (s)

Standart deviasi ditetapkan berdasarkan singkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai standart deviasinya. Jika jumlah data hasil pengujian kurang dari 30 benda uji, dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standart dengan suatu faktor perkalian, seperti tabel 2.7 berikut ini

Tabel 2.7 Faktor Perkalian Standart Deviasi

Jumlah data	30	25	20	15	<15
Faktor Perkalian	1,0	1,03	1,08	1,16	Tidak boleh

Sumber : *Kardiyono Tjokrodimulyo, (2004 : L-1-1)*

c. Perhitungan nilai tambah (*margin*)

Jika nilai tambah ini sudah ditetapkan sebesar 12 Mpa maka langsung ke langkah d. Nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standart, dengan menggunakan rumus :

$$M = k \cdot sd \quad \dots\dots\dots 2.6$$

Dengan : M = nilai tambah (Mpa)

k = 1,34

sd = standart deviasi (Mpa)

d. Menetapkan kuat tekan rata – rata yang direncanakan.

Kuat tekan beton rata – rata yang direncanakan diperoleh rumus :

$$f_c'r = f_c' + M \quad \dots\dots\dots 2.7$$

Dengan : $f_c'r$ = kuat tekan rata - rata (Mpa)

f_c' = kuat tekan yang diisyaratkan

M = nilai tambah (Mpa)

e. Menetapkan jenis semen yang akan digunakan untuk pengujian.

Menurut Pubi 1982 di Indonesia Semen Portland dibedakan menjadi 5 Jenis, yaitu Jenis I, II, III, IV, V. Jenis I merupakan jenis semen biasa, adapun jenis III merupakan jenis semen yang dipakai untuk struktur yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi, atau dengan kata lain sering disebut semen cepat mengeras.

f. Menetapkan jenis agregat kasar dan agregat halus

Jenis agregat yang akan digunakan ditetapkan apakah akan menggunakan pasir alam dan kerikil alam, atukah pasir alam dan batu pecah (*crushed agregate*).

g. Menetapkan Faktor Air Semen

1. menetapkan faktor air semen berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata – rata silinder atau kubus beton yang akan direncanakan pada umur tertentu.

h. Menetapkan faktor air semen maksimum

Penetapan nilai faktor air semen maksimum perlu dilakukan dengan tujuan, misalnya agar beton tidak cepat rusak. Penetapan nilai fas maksimum dilakukan dengan menggunakan tabel 2.8 sebagai berikut :

Tabel 2.8 Persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembeconan dan lingkungan khusus

Jenis Pembeconan	f.a.s maksimum
beton di dalam ruang bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0,6
b. Keadaan keliling non korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,5
Beton diluar bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
beton yang masuk kedalam rumah	
a. Mengalami keadaan kering dan basah berganti-ganti	0,6
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	0,5
beton selalu berhubungan dengan air tawar atau payau atau laut	0,52-0,75

Sumber : Samekto, (2001 - 59).

i. Penetapan nilai slump

Penetapan nilai slump dilakukan dengan memperhitungkan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Cara pengangkutan adukan beton dengan aliran dalam pipa yang dipompa dengan tekanan membutuhkan nilai slump yang besar. Penetapan nilai slump yang diinginkan dapat diperoleh dari tabel di bawah ini :

Tabel 2.9 Tabel penetapan nilai slump

Pemakaian beton	Max	Min
Dinding, Plat Pondasi, dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur dibawah	9,0	2,5
Pelat, balok, dinding	15,0	7,5
Pengerasan dalam	7,5	15,0
Pondasi telapak	7,5	2,5

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, (2004 : VII - 6)

j. Penetapan besar butir agregat maksimum (kerikil).

Untuk menetapkan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari ketentuan – ketentuan berikut :

1. Jarak bersih minimum antar baja tulangan atau berkas baja tulangan, atau tendon pra-tegang dikalikan perempat.
2. Seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan.

k. Menetapkan kebutuhan air yang diperlukan per meter kubik beton.

Apabila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan dapat diperbaiki dengan rumus :

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k \quad \dots\dots\dots 2.8$$

Dengan : A = Jumlah air yang dibutuhkan (liter/m³)

A_h = jumlah air yang dibutuhkan menurut agregat halusnya.

A_k = jumlah air yang dibutuhkan menurut agregat kasarnya.

2.10 Tabel perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton.

Besar ukuran maks. Kerikil (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	50	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Alami	35	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Alami	15	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

Sumber : Samekto, (2001 : 60)

l. Menghitung berat semen yang diperlukan

Untuk menentukan kadar semen yang diperlukan yaitu dengan membagi kadar air bebas yang telah ditentukan pada (j) dengan faktor air semen yang dipilih.

m. Kadar semen maksimum

Jika kadar semen maksimum tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

n. Kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus yang diakibatkan oleh adanya pengaruh lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau, air laut.

o. Berat jenis relatif agregat

Berat jenis relatif agregat adalah berat jenis agregat gabungan antara agregat halus dan agregat kasar. Untuk agregat – agregat yang sudah diketahui berat jenisnya, maka berat jenis relatif agregat dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Bj_{rel\ agr} = \frac{A}{100} \times BJ.AH + \frac{B}{100} \times BJ.AK$$

..... 2.9

Dengan :

$Bj_{rel\ agr}$ = berat jenis relatif (campuran) agregat

BJ.AH= berat jenis agregat halus

BJ.AK= berat jenis agregat kasar

A =Persentase agregat halus terhadap agregat relatif (campuran)

B = Persentase agregat kasar terhadap agregat campuran (relatif)

p. Berat jenis beton

Berat jenis beton dapat ditentukan berdasarkan data berat jenis agregat relatif (campuran) dari langkah (o) dan kebutuhan air pengaduk untuk setiap meter kubik beton yang telah ditetapkan pada langkah (k).

q. Menentukan kebutuhan agregat gabungan

Kebutuhan agregat gabungan ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$BA_g = B \cdot J_b - BS - BA \quad \dots\dots\dots 2.10$$

Dengan :

BA_g = berat jenis agregat gabungan

BA_b = berat jenis beton

BS = berat semen

BA = berat air

r. Menentukan kadar agregat halus

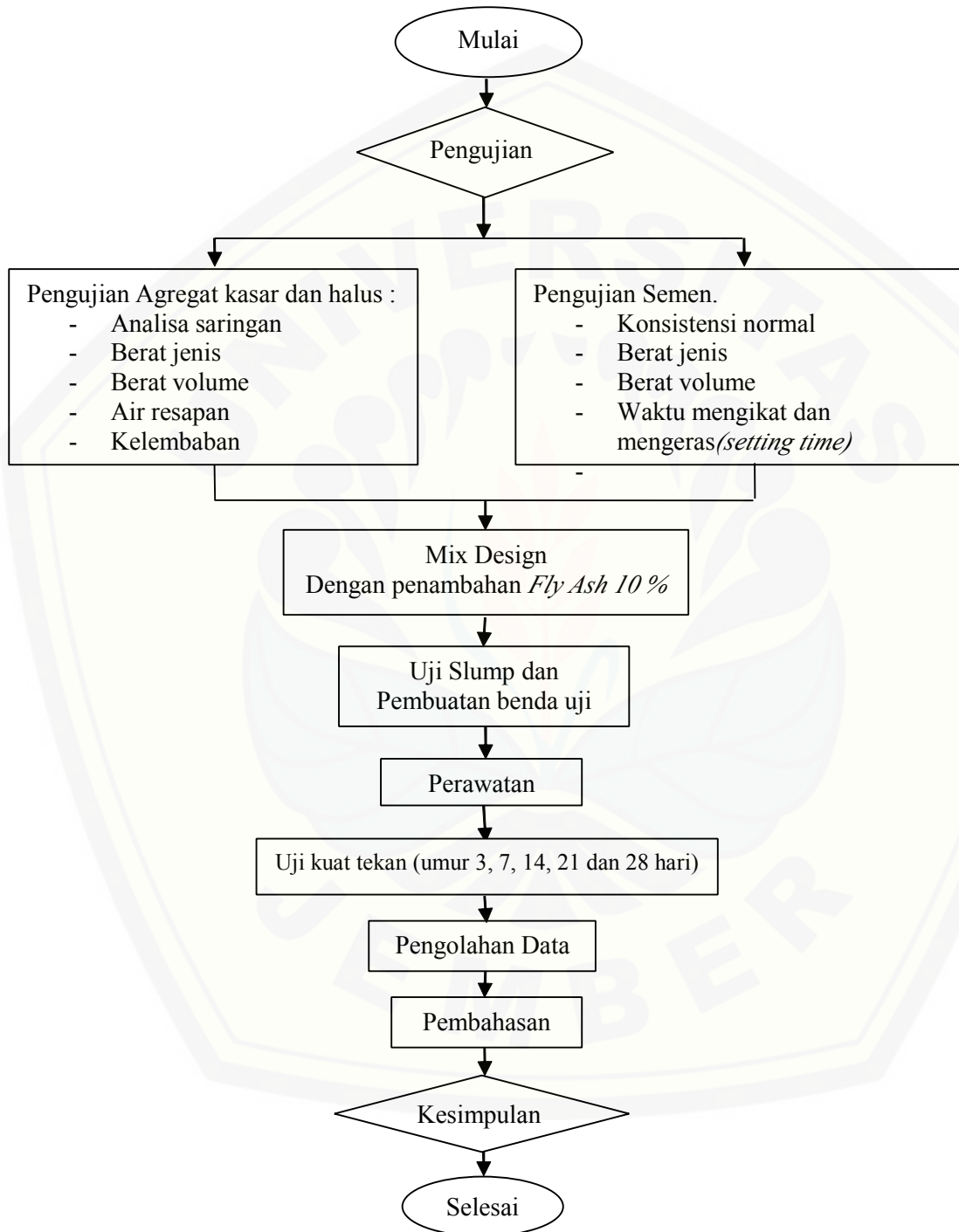
Agregat halus yang diperlukan untuk setiap meter kubik beton adalah hasil kali jumlah agregat gabungan yang didapat pada langkah (q) dengan persentase kadar pasir yang didapat setelah dikoreksi dengan fraksi halus yang terdapat dalam agregat kasar.

s. Kadar agregat kasar

Kadar agregat kasar dapat dihitung dengan cara mengurangi kadar agregat gabungan dengan kebutuhan agregat halus. Jadi, hasil langkah (o) dikurangi hasil langkah (q)



3.11 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian