



**PEMBUATAN BETON NORMAL DENGAN *FLY ASH*
MENGUNAKAN MIX DESAIN
YANG DIMODIFIKASI**

SKRIPSI

Oleh

**Dewi Rara Wiyati Syaka
NIM 091910301062**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**



**PEMBUATAN BETON NORMAL DENGAN *FLY ASH*
MENGUNAKAN MIX DESAIN
YANG DIMODIFIKASI**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Strata 1 (S1) Teknik Sipil
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Dewi Rara Wiyati Syaka
NIM 091910301062**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**

PERSEMBAHAN

Sebuah usaha kecil dari kewajiban dalam agama-Mu (menuntut ilmu), Alhamdulillah telah Engkau lapangkan jalanku. Ya Allah, terima kasih atas rahmat serta hidayahnya kepadaku. Akhirnya, kupersembahkan tugas akhir ini untuk :

1. Kedua Orangtuaku, Ayahanda Joko Wiyatno dan Ibunda Endang Purwati yang telah mendoakan dan memberi kasih sayang serta pengorbanannya yang begitu luar biasa selama ini;
2. Adikku, Pramudya Suto Argo terimakasih atas semangat dan do'anya;
3. Keluarga besar ku di Porong, Mbah Ikang, terimakasih untuk doanya;
4. Bapak Hernu Suyoso dan Bapak Ketut Aswatama W, terimakasih atas bimbingannya;
5. Teman-teman Batubara (Amel, Anggi, Nandika, Dora, Mifta, Iwan, Arie, Adit, Cahya) yang selalu bersama sejak awal semester;
6. Untuk sahabatku Amalia Andyni Almuttasim, terimakasih untuk persahabatan yang telah terjalin selama ini, suka duka kita lalui bersama selama di Jember;
7. Anak-anak kost Jawa VI (Desi, Nimas, Ita, Cici, Viki, Nisfa, Tiara, Oliv, Rafita) yang selalu menemani dalam menyelesaikan Tugas Akhir;
8. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2009: Winda, Novin, Lisa, Desy, Ujeng, Azzam, Rifky, Huda, Pepy, Fikri, Tacul, Tata, Sony, Sabil, Gesang, Kris dan lainnya. Terima kasih atas persahabatan yang tak akan pernah terlupakan, dukungan serta semangat yang tak henti kepada penulis;
9. Teman-teman KKN Ismapulon 58 Puger Kulon: Aru, Zahro, Novi, Gagan, Abram, Agung, Anggi terimakasih untuk kebersamaan, kekeluargaan dan pengalaman baru yang tak akan terlupakan;
10. Sahabat-sahabatku Stemapal : Hardi, Hadi, Galih, Ardy dan Hendrik terimakasih untuk persahabatan kita yang penuh suka duka;
11. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Kadang, masalah adalah satu-satunya cara untuk tahu siapa yang tulus peduli padamu
dan siapa yang berpura-pura jadi temanmu.
(*AidiMs*)

Suatu pekerjaan yang paling tak kunjung bisa terselesaikan
adalah pekerjaan yang tidak pernah dimulai.
(*JJR. Tolkien*)

Kenangan indah masa lalu hanya untuk dikenang,
bukan untuk diingat-ingat.
(*Mario Teguh*)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dewi Rara Wiyati Syaka

NIM : 091910301062

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "*Pembuatan Beton Normal dengan Fly Ash Menggunakan Mix Desain yang Dimodifikasi*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh 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 ini tidak benar.

Jember, 24 Juni 2013

Yang menyatakan,

Dewi Rara W. S
NIM 091910301062

SKRIPSI

PEMBUATAN BETON NORMAL DENGAN *FLY ASH* MENGUNAKAN MIX DESAIN YANG DIMODIFIKASI

Oleh

Dewi Rara Wiyati Syaka
NIM 091910301062

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Hernu Suyoso, M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : Ketut Aswatama W., S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pembuatan Beton Normal dengan Fly Ash Menggunakan Mix Desain yang Dimodifikasi” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

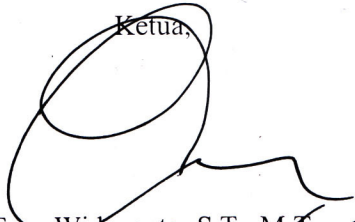
Hari : Senin

Tanggal : 24 Juni 2013

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

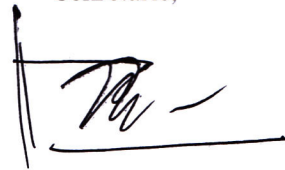
Tim Penguji

Ketua,



Erno Widayanto, S.T., M.T.
NIP 19700419 199803 1 002

Sekretaris,



Ir. Hernu Suyoso, M.T.
NIP 19551112 198702 1 001

Anggota I,



Ketut Aswatama W, S.T., M.T.
NIP 19700713 200012 1 001

Anggota II,



Syamsul Arifin, S.T., M.T.
NIP 19690709 199802 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember



Widyono Hadi, M.T.
NIP 19610414 198902 1 001

Dewi Rara Wiyati Syaka

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Beton merupakan material konstruksi yang paling sering di pakai dan diminati karena merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk dengan harga yang relatif murah dibandingkan dengan konstruksi lainnya. Pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan tambah pada campuran beton sangat bermanfaat ditinjau dari segi aspek wawasan lingkungan dapat mengurangi debu polusi di daerah di mana *fly ash* diproduksi dan selain itu dapat mengurangi pencemaran lingkungan karena *fly ash* merupakan bahan padat yang tidak mudah larut dan tidak mudah menguap sehingga akan lebih merepotkan dalam penanganannya. Penelitian ini dilakukan dengan mengadakan percobaan menggunakan mix desain yang dimodifikasi dengan *fly ash* dalam pembuatan betonnya. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari dengan benda uji berbentuk kubus. Dari penelitian ini diketahui bahwa dengan prosentase penambahan *fly ash*, beton akan memiliki nilai kuat tekan yang tinggi dibandingkan dengan beton normal. Nilai kuat tekan beton yang paling tinggi didapat dari komposisi campuran 5% penambahan *fly ash* yang mencapai nilai 27, 30 Mpa dengan kuat tekan rencana sebesar 20 Mpa.

Kata kunci: beton, *fly ash*, kuat tekan

Dewi Rara Wiyati Syaka

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRACT

Concrete is the construction material that most common in use and in demand because as a basic material that easily formed with the relatively cheap price compared with the other construction. The utilization of fly ash as an ingredient additional on the concrete mix is very beneficial if reviewed from In terms of environmental aspects can reduce dust pollution in the area where the fly ash is produced and in addition it can reduce environmental pollution due to fly ash is a solid material that is not easily soluble and evaporate so that will be more troublesome in handling. This study was done by conducting an experiment using a mix design that modified with fly ash in the manufacturing of concrete.

Keywords: : *concrete, fly ash, compressive strength*

RINGKASAN

PEMBUATAN BETON NORMAL DENGAN *FLY ASH* MENGGUNAKAN MIX DESAIN YANG DIMODIFIKASI; Dewi Rara W.S, 091910301062; 2013: 77 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember

Perkembangan rekayasa teknologi semakin maju di segala bidang, salah satunya di bidang konstruksi. Beton merupakan material konstruksi yang paling sering di pakai dan diminati karena merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk dengan harga yang relatif murah dibandingkan dengan konstruksi lainnya.

Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk campuran beton adalah dengan memanfaatkan ampas batubara yaitu *fly ash*. *Fly ash* adalah limbah industri yang dihasilkan dari pembakaran batubara dan terdiri dari partikel yang halus. Salah satu alternatif untuk memanfaatkan abu layang batubara adalah dengan mengubah abu layang tersebut menjadi campuran beton.

Dalam hal ini dilakukan penelitian dengan menggunakan *fly ash* sebagai bahan tambahan semen dalam campuran beton dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai kuat tekan beton seiring dengan penambahan *fly ash* sebesar 0%, 5%, 10% dan 15%. Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah semen PPC Puger Type 1, pasir yang digunakan adalah pasir Jember, agregat kasar yang digunakan adalah kerikil dari daerah Jember. Benda uji menggunakan kubus dengan luas 225 cm², dengan masing-masing perlakuan sebanyak 20 benda uji menggunakan mutu beton $f_c' 20$ Mpa.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari dengan benda uji berbentuk kubus. Dari penelitian ini diketahui bahwa dengan prosentase penambahan *fly ash*, beton akan memiliki nilai kuat tekan yang tinggi dibandingkan dengan beton normal. Nilai kuat tekan beton yang paling tinggi didapat dari komposisi campuran 5% penambahan *fly ash* yang mencapai nilai 27,30 Mpa dengan kuat tekan rencana sebesar 20 Mpa.

SUMMARY

Making Normal Concrete with Fly Ash using Mix Design that Modified; Dewi Rara W.S, 091910301062; 2013: 77 pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

The development of technology engineering more and more flourish in all fields, one of them in the construction field. Concrete is the construction material that most common in use and in demand because as a basic material that easily formed with the relatively cheap price compared with the other construction.

One of the materials that can be used for concrete mixture with utilizes the waste of coal that is, fly ash. Fly ash is an industrial waste produced from burning coal and consists of fine particles. One of the alternatives is to utilize the coal fly ash with change the fly ash into concrete mixture.

In this case the study is done by using fly ash as the additional cement material in concrete mixtures in order to know how much the value of the compressive strength of concrete due to the addition of fly ash at 0%, 5%, 10% and 15%. The materials that used for this study are PPC Puger Type 1 cement, sand that used is Jember sand, coarse aggregate that used is the gravel from Jember. Specimen which using a cube with an extensive 225 cm², with each treatment by 20 specimens using quality of the concrete is $f_c' 20$ Mpa.

The testing of compressive strength of concrete is done at 28 days with a cube-shaped specimen. From this study show that by percentage of the addition of fly ash, concrete will have a high compressive strength values compared with normal concrete. The highest of the compressive strength of concrete is obtained from the mixture composition of 5% the addition of fly ash that reached the value of 27, 30 Mpa with plan compressive strength of 20 Mpa.

PRAKATA

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Pembuatan Beton Normal dengan Fly Ash Menggunakan MIX Desain yang Dimodifikasi*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,
2. Jujuk Widodo Soetjipto, S.T, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember
3. Ir. Hernu Suyoso, M.T., selaku Dosen Pembimbing I,
4. Ketut Aswatama W., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II,
5. Erno Widayanto, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Utama,
6. Syamsul Arifin, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Anggota,
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 24 Juni 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUNG	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
RINGKASAN	x
SUMMARY	xi
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GRAFIK	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Deskripsi Beton	5

2.2.1	Sifat Umum Beton.....	5
2.2.2	Keunggulan Beton	6
2.3	Bahan Tambahan	7
	Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>).....	8
2.4	Air.....	13
2.5	Semen	13
2.6	Agregat	14
2.7	Kuat Tekan Beton.....	15
2.8	Mix Desain yang Dimodifikasi	17
 BAB 3. METODE PENELITIAN		
3.1	Studi Kepustakaan.....	19
3.2	Konsultasi	19
3.3	Persiapan Alat dan Bahan.....	19
	3.3.1 Persiapan Alat.....	20
	3.3.2 Persiapan Bahan.....	21
3.4	Penyaringan <i>Fly Ash</i>	22
3.5	Pengujian Material.....	22
	3.5.1 Pengujian Semen	22
	3.5.2 Pengujian Agregat Halus	24
	3.5.3 Pengujian Agregat Kasar	28
3.6	Desain Percobaan	31
3.7	Rancangan Rencana Percobaan.....	33
3.8	Pembetonan/ Pencetakan Benda Uji.....	34
3.9	Perawatan	35
3.10	Pengujian Kuat Tekan	35
3.11	Analisis dan Pembahasan	35
3.12	Kesimpulan.....	36
 BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Data Hasil Pengujian Material.....	40

4.1.1	Semen	40
4.1.2	Limbah Batubara <i>Fly Ash</i>	41
4.1.3	Agregat Halus	41
4.1.4	Agregat Kasar	43
4.2	Perencanaan Mix Desain yang Dimodifikasi	44
	Perencanaan Campuran Adukan Beton $f_c'20$ Mpa.....	44
4.3	Pengujian Beton.....	69
4.3.1	Pengujian Slump.....	69
4.3.2	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	69
4.3.3	Hubungan Prosentase Penambahan <i>Fly Ash</i> terhadap Kuat Tekan Beton.....	70
4.3.4	Hubungan Prosentase Penambahan <i>Fly Ash</i> terhadap Berat Beton.....	71
4.3.5	Hubungan Prosentase Penambahan <i>Fly Ash</i> terhadap Air yang Diperlukan	72
4.3.6	Hubungan Kuat Tekan terhadap Berat Beton.....	73
4.3.7	Hubungan Kuat Tekan Beton terhadap Jumlah Air....	74
4.3.8	Perhitungan Standart Deviasi	75
BAB 5. PENUTUP		
5.1	Kesimpulan.....	76
5.2	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA		77
LAMPIRAN-LAMPIRAN		78

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kandungan Mineral <i>Fly Ash</i>	12
3.1 Rencana Percobaan	34
3.2 Matrik Penelitian	37
4.1 Analisa Pengujian Semen <i>PPC</i> Puger	40
4.2 Analisa Pengujian <i>Fly Ash</i>	41
4.3 Analisa Pengujian Agregat Halus.....	42
4.4 Analisa Pengujian Agregat Kasar.....	43
4.5 Nilai Deviasi Standart untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu .	45
4.6 Perkiraan Kuat Tekan Beton (N/mm^2) dengan Faktor Air Semen 0,50 dan Jenis Semen serta Agregat Kasar yang Biasa Dipakai	49
4.7 Persyaratan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus	48
4.8 Perkiraan Kebutuhan Air Per Meter Kubik Beton (liter)	45
4.9 Kebutuhan Semen Minimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus.....	51
4.10 Batas Gradasi Pasir.....	53
4.11 Formulir Desain Beton Dengan Semen Portland/ <i>Fly Ash</i> (0%).....	64
4.12 Formulir Desain Beton Dengan Semen Portland/ <i>Fly Ash</i> (5%).....	65
4.13 Formulir Desain Beton Dengan Semen Portland/ <i>Fly Ash</i> (10%).....	66
4.14 Formulir Desain Beton Dengan Semen Portland/ <i>Fly Ash</i> (15%).....	67
4.15 Susunan Campuran Beton Setiap $1m^3$	68
4.16 Jumlah Bahan yang Telah Dikoreksi Terhadap Kadar Air Sesungguhnya ($volume/m^3$)	68

4.17	Jumlah Bahan yang Dibutuhkan Untuk 20 Kubus 15x15x15cm (volume/ m ³).....	68
4.18	Jumlah Bahan yang Dibutuhkan Untuk 8 Kubus 15x15x15cm (volume/ m ³).....	69
4.19	Hasil Perhitungan Pengujian Kuat Tekan Beton dengan $f_c'20$ Mpa Umur 28 Hari	70

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
4.1 Grafik Hubungan Antara Faktor Air Semen dengan Kuat Tekan Beton	47
4.2 Grafik Persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	54
4.3 Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Jenis Beton Basah yang Dimampatkan Secara Penuh	55
4.4 Grafik Hubungan Antara Prosentase Bahan Tambahan <i>Fly Ash</i> Terhadap Kuat Tekan Beton	70
4.5 Grafik Hubungan Antara Prosentase Bahan Tambahan <i>Fly Ash</i> Terhadap Berat Beton.....	71
4.6 Grafik Hubungan Antara Prosentase Bahan Tambahan <i>Fly Ash</i> Terhadap Jumlah Air.....	72
4.7 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton Terhadap Berat Beton .	73
4.8 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton Terhadap Jumlah Air...	74

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. PENGUJIAN SEMEN	
A.1 Berat Jenis Semen (PPC).....	78
A.2 Berat Volume Semen (PPC)	78
B. PENGUJIAN FLY ASH	
B.1 Berat Jenis Fly Ash.....	79
B.2 Berat Volume <i>Fly Ash</i>	79
C. PENGUJIAN AGREGAT HALUS	
C.1 Analisa Saringan Pasir.....	80
C.2 Berat Jenis Pasir.....	80
C.3 Berat Volume Pasir.....	81
C.4 Kelembaban Pasir	81
C.5 Air Resapan Pasir	81
C.6 Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur	82
D. PENGUJIAN AGREGAT KASAR	
D.1 Analisa Saringan Kerikil	83
D.2 Berat Jenis Kerikil	83
D.3 Berat Volume Kerikil	84
D.4 Kelembaban Kerikil.....	84
D.5 Air Resapan Kerikil.....	84
D.6 Kebersihan Kerikil terhadap Lumpur.....	85
E. DATA PENGAMATAN DAN PERHITUNGAN	
E.1 Susunan Campuran Beton Setiap 1m^3	86
E.2 Jumlah Bahan yang Telah Dikoreksi Terhadap Kadar Air Sesungguhnya (volume/ m^3).....	86

E.3 Jumlah Bahan yang Dibutuhkan untuk 20 Kubus 15x15x15cm (volume/ m ³).....	86
E.4 Jumlah Bahan yang Dibutuhkan untuk 8 Kubus 15x15x15cm (volume/ m ³).....	87
F. HASIL PENGUJIAN SLUMP	88
G. PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON	
G.1 Pengujian Kuat Tekan Beton Penambahan <i>Fly Ash</i> 0%	89
G.2 Pengujian Kuat Tekan Beton Penambahan <i>Fly Ash</i> 5%	90
G.3 Pengujian Kuat Tekan Beton Penambahan <i>Fly Ash</i> 10%	91
G.4 Pengujian Kuat Tekan Beton Penambahan <i>Fly Ash</i> 15%	92
H. CONTOH PERHITUNGAN UNTUK 28 HARI.....	93
I. LAPORAN DOKUMENTASI HASIL UJI LABORATORIUM.....	98

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan rekayasa teknologi semakin maju di segala bidang, salah satunya di bidang konstruksi. Beton merupakan material konstruksi yang paling sering di pakai dan diminati karena merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk dengan harga yang relatif murah dibandingkan dengan konstruksi lainnya. Beton adalah campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air yang kemudian mengeras membentuk benda padat.

Pemilihan bahan-bahan dalam pembuatan beton sangat penting untuk mendapatkan mutu beton yang diinginkan sesuai dengan kegunaan beton itu sendiri dan tentunya dengan biaya seekonomis mungkin. Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk campuran beton adalah dengan memanfaatkan ampas batubara yang sangat menumpuk yaitu *fly ash*. *Fly ash* adalah limbah industri yang dihasilkan dari pembakaran batubara dan terdiri dari partikel yang halus.

Penggunaan batubara sebagai sumber energi akan menghasilkan abu yaitu berupa abu layang (*fly ash*) maupun abu dasar (*bottom ash*). Kandungan abu layang sebesar 84 % dari total abu batubara. Produksi abu layang batubara dunia yang diperkirakan tidak kurang dari 500 juta ton per tahun dan ini diperkirakan akan bertambah. Hanya 15 % dari produksi abu layang yang digunakan. Sisa dari abu layang cenderung sebagai reklamasi (Tanaka dkk., 2002).

Indonesia merupakan Negara penghasil batubara terbesar ke-2 di dunia setelah China dengan jumlah cadangan batubara yang besar pula. Produksi batubara secara nasional sampai Agustus 2011 mencapai 235 juta ton dan diperkirakan akan terus meningkat setiap tahunnya yaitu sebesar 100 juta ton untuk 3 tahun mendatang (APBI,2011). Berdasarkan data statistik yang dikeluarkan oleh Badan Geologi, Kementerian ESDM tahun 2009, total sumberdaya batubara yang dimiliki Indonesia mencapai 104,94 Milyar ton dengan total cadangan sebesar 21,13 Milyar ton yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia.

Sehubungan dengan meningkatnya jumlah pembangunan PLTU berbahan bakar batubara di Indonesia, maka jumlah limbah abu terbang juga akan meningkat yaitu jumlah limbah PLTU pada tahun 2000 sebanyak 1,66 juta ton, sedangkan pada tahun 2006 diperkirakan akan mencapai sekitar 2 juta ton. Khusus untuk limbah abu dari PLTU Paiton, sejak tahun 2000 hingga tahun 2006, diperkirakan ada akumulasi jumlah abu sebanyak 219.000 ton/tahun.

Hal ini dapat menimbulkan pengaruh yang buruk terhadap lingkungan. Oleh karena itu masalah abu layang batubara harus segera diselesaikan agar tidak terjadi penumpukan dalam jumlah yang besar baik di Indonesia maupun di dunia.

Salah satu alternatif untuk memanfaatkan abu layang batubara adalah dengan mengubah abu layang tersebut menjadi campuran beton. Sehingga perlu dilakukan pengujian kuat tekan beton, yang dibuat dengan komposisi *fly ash* sebagai bahan tambahan. Dengan dilakukan variasi dari komposisi tersebut, maka dapat diketahui apakah dengan melakukan variabel komposisi bahan tambahan *fly ash* akan mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan beton yang dibuat.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat diambil permasalahan yaitu:

- a. Apakah penambahan limbah batubara *fly ash* sebagai campuran beton kuat tekannya lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal?
- b. Berapa nilai kuat tekan rata-rata tertinggi yang menggunakan penambahan limbah batubara *fly ash* sebagai campuran beton?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar nilai kuat beton dengan penambahan limbah batubara *fly ash* sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%, dan diharapkan dapat menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dari beton normal.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memanfaatkan limbah batubara *fly ash* sebagai campuran beton sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan, karena *fly ash* merupakan bahan padat yang tidak mudah larut dan tidak mudah menguap sehingga akan lebih merepotkan dalam penanganannya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil untuk penelitian ini antara lain:

- a. Limbah batubara *fly ash* kelas F diambil dari industri di daerah Jember yaitu PT. Merak Jaya Beton.
- b. Semen yang digunakan adalah semen PPC semen Puger.
- c. Tidak mempelajari reaksi, sifat dan kandungan kimia *fly ash* yang terjadi pada pembetonan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini menggunakan sistematika yang terdiri dari 5 (lima) bab dengan rincian sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka berisi tentang penelitian yang terkait dengan penelitian ini, dasar teori dan metode yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi berisi tentang tempat dan waktu penelitian, bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian, tahapan-tahapan penelitian, metode yang digunakan untuk menganalisa data, serta diagram alur penelitian.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab hasil dan pembahasan berisi tentang hasil dari perhitungan yang telah dilakukan baik berupa tabel atau gambar-gambar grafik serta pembahasan dari hasil perhitungan.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab kesimpulan dan saran berisi tentang pernyataan singkat yang dijabarkan dari hasil penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang analisis kuat tekan beton dengan penambahan abu terbang batubara (*fly ash*) sebagai beton pernah dilakukan sebelumnya. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa kuat tekan beton maksimal terjadi pada penambahan proporsi abu terbang batubara (*fly ash*) sebesar 5% dari berat semen (*Muhammad Shalahuddin, Pengaruh Penambahan Fly Ash Batubara Campur Kayu Pada Kuat Tekan Beton*).

2.2 Deskripsi Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 03-2847-2002). Beton dapat dibuat dengan mudah bahkan oleh mereka yang tidak punya pengertian sama sekali tentang beton teknologi, tetapi pengertian yang salah dari kesederhanaan ini sering menghasilkan persoalan pada produk, antara lain reputasi jelek dari beton sebagai materi bangunan. Beton mempunyai kuat tekan yang besar sementara kuat tariknya kecil. Oleh karena itu untuk struktur bangunan, beton selalu dikombinasikan dengan tulangan baja untuk memperoleh kinerja yang tinggi.

2.2.1 Sifat Umum Beton

Pada dasarnya, sifat umum beton sebagai berikut :

- a. Beton yang masih basah :
 1. Mudah dibentuk sesuai cetakan/ bekisting.
 2. Menimbulkan panas akibat reaksi kimia antara semen dan air (disebut panas hidrasi) sehingga mengakibatkan keretakan saat pengerasan.
 3. Kecepatan pengerasan tergantung pada tipe semen yang dipakai, kekentalan, cuaca dan bahan tambahan yang dipakai.
 4. Air semen yang menguap saat proses pengeringan akan menimbulkan pori-pori.

5. Mudah terjadi pemisahan agregat kasar dan halus apabila dijatuhkan dari ketinggian yang melebihi persyaratan.
- b. Beton yang sudah kering :
1. Berpori.
 2. Tidak kedap air.
 3. Tahan terhadap gaya tekan, tetapi tidak tahan tarikan.
 4. Keras dan kuat sesuai dengan desain yang direncanakan.
 5. Susah diperbaiki bila terjadi kesalahan bentuk maupun pengerjaan/ keropos.
 6. Keseragaman permukaan tergantung komposisi material yang dipakai, sumber material, cara pengerjaan dan permukaan papan bekistingnya.

2.2.2 Keunggulan Beton

Menurut Nugraha dan Antoni (2007:4), Dari pemakaiannya yang begitu luas maka dapat diduga sejak dini bahwa struktur beton mempunyai banyak keunggulan dibanding material struktur yang lain :

- a. Ketersediaan (*availability*) materi dasar.
1. Agregat dan air pada umumnya bisa didapat dari lokasi setempat. Semen pada umumnya juga dapat dibuat di daerah setempat, bila tersedia. Dengan demikian, biaya pembuatan relatif lebih murah karena semua bahan bisa didapat di dalam negeri, bahkan bisa setempat. Bahan termahal adalah semen, yang bisa diproduksi di dalam negeri.
 2. Tidak demikian halnya dengan struktur baja, karena harus dibuat di pabrik, apalagi kalau masih harus impor. Pengangkutan menjadi masalah tersendiri bila proyek berada di tempat yang sulit untuk dijangkau, sementara beton akan lebih mudah karena masing-masing material bisa diangkut sendiri.
 3. Ada masalah lain dengan struktur kayu. Meskipun problemnya tidak seberat struktur baja, namun penggunaannya secara massal akan menyebabkan masalah lingkungan, sebagai salah satu penyebab utama kerusakan hutan.

- b. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*).
 1. Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkut secara terpisah.
 2. Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, pondasi, jalan, landasan bandar udara, pipa, perlindungan radiasi, insulator panas. Beton ringan bisa dipakai untuk blok panel. Beton arsitektural bisa untuk keperluan dekoratif.
 3. Beton bertulang bisa dipakai untuk berbagai struktur yang lebih berat, seperti jembatan, gedung, tandon air, bangunan maritim, landasan pacu pesawat terbang, kapal dan sebagainya.
- c. Kemampuan beradaptasi (*adaptability*)
 1. Beton bersifat *monolit* sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja.
 2. Beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapun, misalnya pada struktur cangkang (*shell*) maupun bentuk-bentuk khusus 3 dimensi.
 3. Beton dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar. Dari cara sederhana yang tidak memerlukan ahli khusus (kecuali beberapa pengawas yang sudah mempelajari teknologi beton), sampai alat modern di pabrik yang serba otomatis dan terkomputerisasi. Metode produksi modern memungkinkan industri beton yang profesional.
 4. Konsumen energi minimal per kapasitas jauh lebih rendah dari baja, bahkan lebih rendah dari proses pembuatan batu bata.
- d. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal.

Secara umum ketahanan (*durability*) beton cukup tinggi, lebih tahan karat, sehingga tidak perlu dicat seperti struktur baja, dan lebih tahan terhadap bahaya kebakaran.

2.3 Bahan Tambahan

Bahan tambahan (*admixture*) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Admixture atau bahan tambahan yang didefinisikan dalam *Standard Definitions of terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C.125-1995:61) dan

dalam *Cement and Concrete terminology* (ACI SP-19) adalah sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, mempercepat pengerasan, menambah kuat tekan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi (Mulyono, 2003).

Bahan tambahan biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan harus dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton.

Di Indonesia bahan tambahan telah banyak dipergunakan. Manfaat dari penggunaan bahan tambahan ini perlu dibuktikan dengan menggunakan bahan agregat dan jenis semen yang sama dengan bahan yang akan dipakai di lapangan. Dalam hal ini bahan yang dipakai sebagai bahan tambah harus memenuhi ketentuan yang diberikan oleh SNI. Untuk bahan tambahan yang merupakan bahan tambah kimia harus memenuhi syarat yang diberikan dalam ASTM C.494, “ *Standard Specification for Chemical Admixture Concrete*”.

Abu Terbang (*fly ash*)

Menurut Nugraha dan Antoni (2007:104) “*Fly ash* (abu terbang) adalah material yang berasal dari sisa pembakaran batubara yang tidak terpakai. Pembakaran batubara kebanyakan digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap. Produk limbah dari PLTU tersebut mencapai 1 juta ton per tahun.

PLTU (pembangkit listrik tenaga uap) yang menghasilkan abu terbang ini misalnya PLTU Paiton. Abu terbang juga dihasilkan oleh pabrik kertas maupun pabrik kimia. Sekitar 75-90% abu yang keluar dari cerobong asap dapat ditangkap oleh sistem elektrostatik precipitator. Sisa yang lain didapat di dasar tungku (disebut *bottom ash*). Mutu *fly ash* tergantung pada kesempurnaan proses pembakarannya”.

Faktor-faktor utama yang mempengaruhi dalam kandungan mineral *fly ash* (*abu terbang*) dari batubara adalah:

- Komposisi kimia batubara

- Proses pembakaran batubara
- Bahan tambahan yang digunakan termasuk bahan tambahan minyak untuk stabilisasi nyala api dan bahan tambahan untuk pengendalian korosi.

Senyawa-senyawa penyusun abu terbang sebenarnya sangat ditentukan oleh mineral-mineral pengotor bawaan yang terdapat pada batubara itu sendiri yang disebut dengan inherent mineral matter. Mineral pengotor yang terdapat dalam batubara dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu :

1. Syngenetic atau disebut dengan mineral matter : pada dasarnya mineral-mineral ini terendapkan di tempat tersebut bersamaan dengan saat proses pembentukan peat.
2. Epigenetica juga disebut dengan extraneous mineral matter: pada prinsipnya mineral-mineral pengotor ini terakumulasi pada cekungan setelah proses pembentukan lapisan peat tersebut selesai.

Dari sejumlah abu yang dihasilkan dalam proses pembakaran batubara, maka sebanyak 55% - 85 % berupa abu terbang (*fly ash*) dan sisanya berupa abu dasar (*bottom ash*). Kedua jenis abu ini memiliki perbedaan karakteristik serta pemanfaatannya. Biasanya untuk *fly ash* (abu terbang) banyak dimanfaatkan dalam perusahaan industri karena abu terbang ini mempunyai sifat pozolanik, sedangkan untuk abu dasar sangat sedikit pemanfaatannya dan biasanya digunakan sebagai material pengisi (Aziz1, 2006).

a. Proses Pembentukan *Fly Ash* (Abu Terbang)

Sistem pembakaran batubara umumnya terbagi 2 yakni sistem unggun terfluidakan (*fluidized bed system*) dan unggun tetap (*fixed bed system* atau *grate system*). Disamping itu terdapat system ke-3 yakni *spouted bed system* atau yang dikenal dengan unggun pancar. *Fluidized bed system* adalah sistem dimana udara ditiup dari bawah menggunakan blower sehingga benda padat di atasnya berkelakuan mirip fluida. Teknik fluidisasi 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 (300°C)

maka diumpankanlah batubara. Sistem ini menghasilkan abu terbang dan abu yang turun di bawah alat. Abu-abu tersebut disebut dengan *fly ash* dan *bottom ash*. Teknologi *fluidized bed* biasanya digunakan di PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Komposisi *fly ash* dan *bottom ash* yang terbentuk dalam perbandingan berat adalah : (80-90%) berbanding (10-20%). *Fixed bed system* atau *Grate system* adalah teknik pembakaran dimana batubara berada di atas *conveyor* yang berjalan atau *grate*. Sistem ini kurang efisien karena batubara yang terbakar kurang sempurna atau dengan perkataan lain masih ada karbon yang tersisa. *Ash* yang terbentuk terutama *bottom ash* masih memiliki kandungan kalori sekitar 3000 kkal/kg. Di China, *bottom ash* digunakan sebagai bahan bakar untuk kerajinan besi (pandai besi). Teknologi *Fixed bed system* banyak digunakan pada industri tekstil sebagai pembangkit uap (*steam generator*). Komposisi *fly ash* dan *bottom ash* yang terbentuk dalam perbandingan berat adalah : (15-25%) berbanding (75-25%) (Koesnadi, 2008).

b. Sifat-sifat *Fly Ash* (Abu Terbang)

Abu terbang mempunyai sifat-sifat yang sangat menguntungkan di dalam menunjang pemanfaatannya yaitu :

1. Sifat Fisik

Abu terbang merupakan material yang di hasilkan dari proses pembakaran batubara pada alat pembangkit listrik, sehingga semua sifat-sifatnya juga ditentukan oleh komposisi dan sifat-sifat mineral-mineral pengotor dalam batubara serta proses pembakarannya. Dalam proses pembakaran batubara ini titik leleh abu batubara lebih tinggi dari temperatur pembakarannya. Dan kondisi ini menghasilkan abu yang memiliki tekstur butiran yang sangat halus. Abu terbang batubara terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075mm. Kerapatan abu terbang berkisar antara 2100 sampai 3000 kg/m³ dan luas area spesifiknya (diukur berdasarkan metode permeabilitas udara *Blaine*) antara 170 sampai 1000 m²/kg. Adapun sifat-sifat fisiknya antara lain :

a) Warna : abu-abu keputihan

b) Ukuran butir : sangat halus yaitu sekitar 88 %

2. Sifat Kimia

Komponen utama dari abu terbang batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silikat (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang.

Sifat kimia dari abu terbang batubara dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya. Pembakaran batubara lignit dan sub/bituminous menghasilkan abu terbang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada bituminous. Namun, memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit daripada bituminous. Abu terbang batubara terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm. Kerapatan abu terbang berkisar antara 2100-3000 kg/m^3 dan luas area spesifiknya antara 170-1000 m^2/kg .

Sebagian besar komposisi kimia dari abu terbang tergantung tipe batu bara. Menurut ASTM C618-86, terdapat dua jenis abu terbang, kelas F dan kelas C. Kelas F dihasilkan dari pembakaran batubara jenis antrasit dan bituminous, sedangkan kelas C dari batu bara jenis lignite dan subituminous. Kelas C memiliki kadar kapur tinggi. *Fly ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis (ACI Manual of Concrete Practice 1993 Parts 1 226.3R-3), yaitu :

a. Kelas C

Fly ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara (batubara muda).

1. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%.
2. Kadar CaO mencapai 10%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15%-35% dari total berat binder.

b. Kelas F

Fly ash yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batubara.

1. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%.
2. Kadar CaO < 5%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15%-25% dari total berat binder.

c. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chertz dan shales, tuff dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik. (Nugraha dan Antoni, 2007:105)

Campuran beton dengan menggunakan *fly ash* kelas F memiliki ikatan lebih baik dari pada menggunakan *fly ash* kelas C dikarenakan *fly ash* tipe C dihasilkan dari pembakaran batubara muda sedangkan *fly ash* tipe F dihasilkan dari pembakaran batubara antrasit dan *fly ash* tipe C memiliki karakteristik ringan dan berwarna lebih terang dari *fly ash* tipe F (Standart ASTM C618-686).

Tabel 2.1. Kandungan Mineral *Fly Ash*

Kandungan mineral <i>fly ash</i>	Kelas F	Kelas C
Silikon Dioksida (SiO_2) + Alumunium Oksida (Al_2O_3) + Besi Oksida (Fe_2O_3), minimal	70%	50%
Sulfur Trioksida (SO_3), maksimal	5%	5%
Kalsium Oksida (CaO)	1%-12%	30%-40%

Sumber : Annual Book of ASTM Standard Volume 04.02

Penggunaan abu terbang (*fly ash*) dalam campuran beton memiliki berbagai keunggulan, yaitu :

a. Pada beton segar

1. Kehalusan dan bentuk partikel *fly ash* yang bulat dapat meningkatkan workability.
2. Mengurangi terjadinya *bleeding* dan *segregasi*.

b. Pada beton keras

1. Kontribusi peningkatan kuat tekan beton pada umur setelah 52 hari,
2. Meningkatkan durabilitas beton
3. Meningkatkan kepadatan (*density*) beton,
4. Mengurangi terjadinya penyusutan beton.

2.4 Air

Air harus ada di dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi pasta sehingga betonnya lecah (*workable*). Jumlah air yang terikat dalam beton dengan faktor air semen 0,65 adalah sekitar 20% dari berat semen pada umur 4 minggu. Dihitung dari komposisi mineral semen, jumlah air yang diperlukan untuk hidrasi secara teoritis adalah 35-37% dari berat semen.

Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Kandungan kurang dari 1000 ppm (*parts per million*) masih diperbolehkan meskipun konsentrasi lebih dari 200 ppm sebaiknya dihindari. Kotoran secara umum bisa menyebabkan :

- a. Gangguan pada hidrasi dan pengikatan.
- b. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan.
- c. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan.
- d. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
- e. Bercak-bercak pada permukaan beton.

Tidak ada ketentuan syarat air dari ASTM. Pada BS 3148 terdapat dua metode untuk menilai kelayakan air untuk beton, yaitu dengan membandingkan waktu pengikatan dan kuat tekan dan benda uji yang dibuat dengan semen dan air yang dipertanyakan dengan air suling. Air dianggap memenuhi syarat jika tidak berubah waktu pengikatannya lebih dari 30 menit, atau berkurang kekuatan dengan lebih dari 20% dibandingkan dengan air suling.

2.5 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif (*adhesive*) dan kohesif (*cohesive*) yang memungkinkan melekatnya *fragmen-fragmen* mineral menjadi suatu masa yang padat. Semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air atau disebut juga semen hidraulis (*hidraulic cement*).

Walaupun terdapat sejumlah semen portland standart, kebanyakan beton untuk gedung-gedung terbuat dari semen standart atau semen biasa tipe I (untuk beton dimana

kekuatan kritis dibutuhkan dalam jangka waktu 28 hari) atau dari semen dengan kuat awal yang tinggi tipe III yaitu untuk beton dimana kekuatan diperlukan dalam jangka waktu beberapa hari saja. (Murdock,1999).

2.6 Agregat

Agregat adalah suatu batuan yang mengandung senyawa-senyawa kimia sehingga mempunyai suatu karakteristik kekuatan dan berat jenis yang berbeda-beda. Agregat menempati sekitar 75% dari isi total beton, sifat-sifat agregat mempunyai pengaruh yang besar terhadap perilaku dari beton yang sudah mengeras. Sifat agregat bukan hanya mempengaruhi sifat beton, akan tetapi juga mempengaruhi ketahanan (*durability*) yaitu daya tahan terhadap kemunduran mutu akibat siklus dari pembekuan pencairan. Walaupun fungsinya hanya sebagai bahan pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar agregat menjadi hal yang amat sangat penting. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan. Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

a. Agregat Kasar

Adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5mm sampai 40mm (SNI 03-2847-2002). Agregat kasar ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik.

Syarat mutu agregat kasar menurut ASTM C 33 adalah sebagai berikut :

1. Tidak boleh reaktif terhadap alkali jika dipakai untuk beton basah dengan lembab atau berhubungan dengan bahan yang reaktif terhadap alkali semen, dimana penggunaan semen yang mengandung natrium oksida tidak lebih dari 0,6 %.
2. Susunan gradasi harus memenuhi syarat.
3. Kadar bahan atau partikel yang berpengaruh buruk ppada beton.
4. Sifat fisika

Sifat fisika mencakup kekerasan butiran diuji dengan bejana los angles dan sifat kekal.

b. Agregat Halus

Agregat halus dalam beton adalah pasir alam sebagai salah satu agregat yang lolos dari ayakan no.4 (lebih kecil dari 3/16 inci) dimana besar butirannya berkisar antara 0,15 sampai 5 mm. Pasir dibedakan menjadi 3, yaitu :

1. Pasir galian yang diperoleh dari permukaan tanah.
2. Pasir sungai yang diambil dari sungai.
3. Pasir laut yang diperoleh dari pantai.

Ukuran agregat mempunyai pengaruh yang penting terhadap jumlah semen dan air yang diperlukan untuk membuat satu-satuan beton. Ukuran agregat juga sangat mempengaruhi (*bleeding*), penyelesaian akhir, susut dan sifat dapat tembus (*permeability*).

2.7 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*)

Kekuatan tekan beton didapatkan dari uji tekan beton yang disesuaikan dengan waktu mengerasnya beton. Dalam peraturan uji tekan beton dapat dilakukan untuk waktu 28 hari.

1. Kuat tekan hancur individu adalah kemampuan benda uji untuk menahan gaya tekan atau kemampuan maksimum benda uji dalam menahan gaya tersebut yang menyebabkan kehancuran. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:
 - a. Jenis semen dan kualitas
 - b. Jenis dan tekstur permukaan agregat
 - c. Perawatan
 - d. Suhu

Persamaan untuk perhitungan kuat tekan hancur individu (f_{ci})

$$F_{ci} = \frac{\text{pembacaan dial} \times 100}{A \times \text{koreksi hari}} \dots \dots \dots (1)$$

dimana :

f_{ci} = kuat tekan hancur individu

A = luas benda uji

Koreksi hari = 1 untuk umur 28 hari

2. Kuat tekan hancur rata-rata adalah nilai rata-rata kuat tekan beton dari sejumlah beton yang sama jenisnya:

Persamaan untuk perhitungan kuat tekan hancur rata-rata (f_{cr})

$$f_{cr} = \frac{\sum f_{ci}}{n} \dots \dots \dots (2)$$

dimana :

f_{cr} = kuat tekan hancur rata-rata

$\sum f_{ci}$ = jumlah nilai kuat tekan hancur individu

n = jumlah benda uji untuk satu jenis perlakuan

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

Persamaan untuk perhitungan kuat tekan karakteristik ($f_{c'k}$)

$$f_{c'k} = f_{cr} - (1,34s) \dots \dots \dots (3)$$

dimana :

$f_{c'k}$ = kuat tekan karakteristik

f_{cr} = nilai kuat tekan hancur rata-rata

4. Standart deviasi digunakan sebagai alat ukur tingkat kestabilan pada kerjaan. Notasi 's' merupakan simpangan rata-rata yang diperbaharui dan juga merupakan ukuran dispersi yang lebih umum dipergunakan. Dalam kenyataannya standart deviasi adalah demikian pentingnya sehingga menjadi standart ukuran dispersi . Kuadrat dari standart deviasi disebut varians s^2 .

Persamaan Untuk Perhitungan Standart Deviasi (s)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (fcr - fci)^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(4)$$

- dimana : s = standart deviasi
 fcr = kuat tekan hancur rata-rata
 fci = kuat tekan hancur individu
 n = jumlah benda uji

5. Slump adalah selisih perbedaan penurunan beton sebelum dan sesudah slump tes diangkat. Langkah langkah penentuan slum:
- a. Slump test diisi beton segar.
 - b. Perojokan sebanyak 25 kali sampai slump terisi penuh beton segar.
 - c. Pengangkatan slump test.
 - d. Catat penurunan yang terjadi.

2.8 Mix Desain yang dimodifikasi

Ada sejumlah metode perencanaan campuran (*mix design*). Tidak dapat dikatakan mana metode yang paling baik karena masing-masing mempunyai keunggulan, tergantung material yang dipakai dan tujuan struktur beton tersebut. Perlu pula dikaji apakah metode-metode dari luar negeri sesuai dengan material dan kondisi kerja di Indonesia.

Metode perencanaan campuran hanyalah memperkirakan proporsi campuran awal. Estimasi ini perlu dicek dengan membuat sedikitnya satu campuran percobaan (*trial mix*) dan sering masih harus dikoreksi.

Ada beberapa macam mix desain yang dapat digunakan, antara lain :

1. DOE (British Departement of Environment), yang disesuaikan dengan kondisi di Indonesia
2. ACI (American Concrete Institute)
3. Nisco Master (Jepang)
4. LJ Murdock (Inggris)

Dari metode di atas, metode DOE adalah yang paling sederhana, sedangkan Murdock adalah yang paling rumit. Kerumitan tidak selalu berarti hasil yang paling akurat. Prinsip-prinsip dasar umumnya sama, perbedaan hanya pada pemakaian rumus atau grafik.

Prosedur perencanaan campuran ini berlaku untuk beton dengan berat normal tidak mengandung *admixtures*, abu terbang, atau pozzolan. Untuk beton yang memerlukan sifat khusus atau tujuan khusus maka harus dibuat modifikasi dalam perencanaan campuran karena melibatkan prinsip-prinsip yang berbeda dan juga perlu dilakukan campuran percobaan (*trial mix*) sebelum membuat beton dalam jumlah besar.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Kepustakaan

Studi pustaka adalah kegiatan untuk memperoleh data-data dan informasi mengenai pengujian yang akan dilakukan, studi pustaka ini dilakukan supaya pengujian yang akan dilakukan benar-benar mempunyai dasar yang kuat dengan adanya data-data, teori-teori yang didapat dari buku-buku referensi, buku petunjuk praktikum, jurnal dan pencarian di internet serta penelitian terdahulu dan masih banyak lagi literatur lainnya yang berhubungan dengan penelitian skripsi ini. Studi kepustakaan akan dipakai sebagai landasan atau dasar penelitian.

3.2 Konsultasi

Konsultasi atau biasa disebut dengan bimbingan yang dilakukan kepada dua orang dosen yang sudah ditunjuk sebagai dosen pembimbing dalam penelitian yang akan dilaksanakan, konsultasi kepada dosen pembimbing skripsi bertujuan agar penelitian yang akan dilaksanakan mencapai hasil yang diharapkan sesuai dengan proses yang benar, selain bisa bertukar pikiran dengan dosen mengenai objek yang akan diteliti. Konsultasi ini tidak hanya dilakukan pada saat penelitian berlangsung, tetapi juga saat proses penyusunan laporan skripsi.

3.3 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan dari pengujian ini yaitu mempersiapkan bahan-bahan dan alat yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton yang akan dibuat. Persiapan alat yang digunakan merupakan alat dari Laboratorium Struktur Fakultas Teknik Universitas Jember.

3.3.1 Persiapan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Satu set saringan ASTM.
Satu set saringan ASTM digunakan untuk mengukur distribusi/ gradasi , kerikil dan penyaringan *fly ash*.
2. Timbangan analitis 2600 gr.
Digunakan untuk menentukan berat bahan (semen, agregat halus, agregat kasar) pada saat pengujian material.
3. Alat getar (*shieve shaker*).
Digunakan untuk menggetarkan agregat halus di dalam saringan ASTM. Alat ini memudahkan pekerjaan dibandingkan penggetaran secara manual.
4. Oven.
Digunakan untuk mengeringkan agregat halus dan agregat kasar yang digunakan pada pengujian material, sehingga diperoleh agregat halus dan agregat kasar yang sudah tidak mengandung air. Oven digunakan pada pengujian kelembaban, air resapan, dan kebersihan agregat terhadap lumpur dengan cara kering.
5. Picnometer 100 cc.
Digunakan sebagai tempat takaran agregat halus dan semen saat pengujian material. Picnometer 100 cc digunakan pada saat pengujian berat jenis pasir dan berat jenis semen.
6. Loyang.
Digunakan sebagai tempat agregat halus, agregat kasar, dan semen pada saat penimbangan dan pengovenan pada pengujian material.
7. Timbangan 10 kg dan 25 kg.
Digunakan untuk menentukan berat semen, pasir, dan *fly ash* sebagai bahan pengisi pembentuk beton. Menentukan berat benda uji.

8. Keranjang sample.
Digunakan sebagai wadah agregat kasar saat menentukan berat di dalam air pada pengujian berat jenis agregat kasar.
9. Mold volume 5 lt.
Digunakan sebagai takaran pengujian berat volume untuk agregat.
10. Perojok besi
Digunakan untuk memadatkan agregat pada pengujian berat volume dengan rojokan, pengujian slump, dan pencetakan benda uji.
11. Mesin molen kapasitas $\frac{1}{2}$ m³.
Digunakan untuk mengaduk campuran bahan pengisi beton.
12. Gerobak dorong.
Digunakan untuk mengangkat material pengisi beton, dan benda uji.
13. Satu set alat slump test
Mengukur nilai slump adukan beton.
14. Cetakan kubus (15 cm x 15 cm x 15 cm).
Digunakan untuk mencetak benda uji.
15. Mesin uji kuat tekan hancur (*compression strength*).
Digunakan untuk menentukan kuat tekan benda uji.
16. Scoop.
Digunakan sebagai alat untuk mengambil agregat halus dan agregat kasar.
17. Alat bantu lainnya.

3.3.2 Persiapan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Semen
Semen yang digunakan adalah type semen PPC jenis IP-U PPT. Semen Puger kemasan 40 kg.
2. Agregat halus (pasir)
Pasir yang digunakan dalam penelitian adalah pasir di daerah Jember.

3. Agregat kasar (kerikil)

Kerikil yang digunakan dalam penelitian adalah kerikil di daerah Jember.

4. Abu terbang batubara (*fly ash*)

Abu terbang batubara (*fly ash*) yang digunakan dalam penelitian diambil dari industri di daerah Jember yaitu di P.T Merak Jaya Beton, dengan tipe F.

5. Air

Air yang digunakan dalam penelitian diambil dari jaringan air bersih dari Laboratorium Srtuktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

3.4 Penyaringan *Fly Ash*

Penyaringan *fly ash* bertujuan untuk mendapatkan ukuran yang direncanakan yaitu *fly ash* yang lolos saringan #100. Tahap penyaringan *fly ash* adalah :

1. Pengumpulan *fly ash*.
2. Pengayakan/ penyaringan *fly ash* dengan memakai ayakan ASTM no #100.
3. *Fly ash* yang lolos di saringan no #100 digunakan sebagai bahan tambahan semen pada campuran beton.

3.5 Pengujian Material

Pengujian material bertujuan untuk mengetahui data-data bahan yang akan digunakan sebagai pembentuk beton. Pengujian material antara lain:

3.5.1 Pengujian Semen

Untuk mengetahui sifat fisik semen PC dilakukan pengujian karakteristik sebagai berikut :

- a. Berat jenis semen:

$$BjSemen = \frac{0,8xW_1}{(W_1 - W_2 + W_3)} \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana : $0,8 =$ berat jenis minyak tanah

$W_1 =$ berat semen (gr)

$W_2 =$ berat semen + minyak + picnometer (gr)

$W_3 =$ berat minyak + picnometer (gr)

Alat dan bahan yang digunakan di dalam pengujian berat jenis semen:

- a. Timbangan analitis 2600 gr.
- b. Picnometer 100 cc.
- c. Funnel dan pan.
- d. Semen.
- e. Minyak tanah.

Prosedur pengujian:

- a. Timbang semen sebanyak 250 gr.
 - b. Timbang picnometer 100 cc yang telah dibersihkan.
 - c. Masukkan semen menggunakan funnel ke dalam picnometer dan beratnya ditimbang.
 - d. Isi picnometer yang terisi semen dengan minyak tanah sampai batas picnometer kemudian beratnya ditimbang.
 - e. Semen dan minyak dikeluarkan untuk dibersihkan.
 - f. Picnometer dalam keadaan kosong diisi minyak tanah hingga batas picnometer kemudian beratnya ditimbang.
 - g. Dilakukan tiga percobaan.
- b. Berat Volume

Pengujian berat volume bertujuan mengukur berat volume/ isi semen, yaitu perbandingan berat semen dengan volume cetakan. Cara pengujian berat volume ada dua yaitu tanpa rojokan dan dengan rojokan

Persamaan untuk menghitung berat volume:

$$\text{BeratVolume} = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana : W_1 = berat silinder (gr)

W_2 = berat silinder + semen (gr)

V = volume silinder (cm³)

Alat dan bahan yang digunakan di dalam pengujian berat volume:

- a. Timbangan analitis 25 kg.
- b. Silinder untuk takaran.
- c. Alat perojok dari besi
- d. semen dalam keadaan kering asli.
- e. Bak.

Prosedur pengujian:

- a. Tanpa rojokan.
 1. Timbang silinder dalam keadaan kering.
 2. Silinder diisi dengan semen.
 3. Timbang silinder yang terisi oleh semen.
- b. Dengan rojokan.
 1. Timbang silinder dalam keadaan kering.
 2. Isi silinder 1/3 dengan semen kemudian rojok sebanyak 25 kali. Isi silinder sampai penuh, rojokan sebanyak 25 kali terus dilakukan setiap 1/3 bagian silinder terisi semen.
 3. Timbang semen yang terisi oleh agregat.

3.5.2 Pengujian Agregat Halus

Dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat karakteristik dari agregat halus yang nantinya akan dibutuhkan untuk mix design. Pengujiannya antara lain :

1. Analisis saringan pasir

Analisis saringan pasir bertujuan untuk mengukur distribusi ukuran pasir/gradasi pasir. Menurut SNI 03-2847-2002 kekasaran pasir dapat dibagi menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar.

Alat dan bahan yang digunakan di dalam pengujian analisis saringan pasir:

- a. Timbangan analitis 2600 gr.
- b. Oven dan pan.
- c. Agregat dalam keadaan kering oven.
- d. Alat penggetar (shieve shaker).
- e. Satu set saringan ASTM #4, #8, #16, #30, #50, #100, pan.

Prosedur pengujian:

- a. Timbang pasir sebanyak 1000 gr.
- b. Masukkan pasir dalam saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan di atas.
- c. Pasir dalam saringan digetarkan dengan sieve shaker selama 10 menit.
- d. Pasir yang tertinggal dalam saringan ditimbang.
- e. Kontrol berat pasir 1000 gr.

2. Kelembaban pasir

Kelembaban pasir bertujuan untuk mengukur kelembaban/ kadar air pasir dengan cara kering.

Persamaan untuk menghitung kelembaban:

$$\text{Kelembaban} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana :

W_1 = Berat agregat asli (gr)

W_2 = Berat agregat oven (gr)

Alat dan bahan yang digunakan di dalam pengujian kelembaban:

- a. Timbangan analitis 2600 gr.
- b. Oven.
- c. Pan.
- d. Pasir dalam keadaan asli.

Prosedur pengujian:

- a. Pasir dalam keadaan asli ditimbang.
 - b. Pasir yang sudah ditimbang dimasukkan dalam oven 24 jam
 - c. Keluarkan pasir dalam oven, setelah dingin ditimbang beratnya.
3. Berat jenis pasir

Berat jenis pasir bertujuan untuk mengukur berat jenis pasir dalam kondisi SSD (kering permukaan).

Persamaan untuk menghitung berat jenis pasir :

$$B_{jpasir} = \frac{W_1}{(W_1 - W_2 + W_3)} \dots\dots\dots(3.4)$$

dimana :

W_1 = berat pasir SSD (gr)

W_2 = berat picnometer + pasir + air (gr)

W_3 = berat picnometer + air (gr)

4. Air resapan

Proses penyerapan air dalam beton sangat berpengaruh terhadap waktu untuk beton mengeras. Masing-masing bahan campuran beton mempunyai tingkat resapan berbeda tergantung jumlah rongga udara yang terjadi.

Persamaan untuk menghitung air resapan:

$$Air\ Re\ sapan = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

dimana : W_1 = berat agregat SSD (gr)

W_2 = berat agregat oven (gr)

Alat dan bahan yang digunakan di dalam pengujian air resapan:

- a. Timbangan analitis 2600 gr.
- b. Oven.
- c. Pan.
- d. Agregat dalam kondisi *SSD*.

Prosedur pengujian:

- a. Agregat dalam kondisi *SSD* ditimbang.
 - b. Agregat yang sudah ditimbang dimasukkan dalam oven 24 jam.
 - c. Keluarkan agregat dalam oven, setelah dingin ditimbang beratnya.
5. Berat volume pasir

Pengujian berat volume bertujuan mengukur berat volume/ isi pasir, yaitu perbandingan berat pasir dengan volume cetakan. Cara pengujian berat volume ada dua yaitu tanpa rojokan dan dengan rojokan

Persamaan untuk menghitung berat volume:

$$\text{BeratVolume} = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana : W_1 = berat silinder (gr)

W_2 = berat silinder + semen (gr)

V = volume silinder (cm³)

6. Kebersihan pasir terhadap lumpur

Bertujuan untuk mengukur kadar lumpur pasir

Prinsip pengujian :

- a. Cara kering : pasir dicuci bersih sampai air cucian tampak bening, kemudian di oven dan ditimbang beratnya.
- b. Cara basah : masukkan pasir ke dalam gelas ukur setinggi ± 6 cm, isikan air hingga penuh dan tutup lalu kocok. Diamkan selama 24 jm dan ukur tinggi masing-masing endapan lumpur dan pasir.

$$\text{Cara kering : kadar lumpur} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots (3.7)$$

dimana : W_1 = berat pasir kering oven(gr)

W_2 = berat pasir bersih kering oven(gr)

$$\text{Cara basah : kadar lumpur} = \frac{h}{H} \dots\dots\dots (3.8)$$

dimana : h = tinggi lumpur

H = tinggi pasir

3.5.3 Pengujian Agregat Kasar

Dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat karakteristik dari agregat yang dibutuhkan untuk mix design.

1. Analisis saringan kerikil

Analisis saringan kerikil bertujuan untuk mengukur distribusi ukuran kerikil/gradasi kerikil.

Alat dan bahan yang digunakan di dalam pengujian analisis saringan kerikil:

- a. Timbangan analitis 2600 gr.
- b. Oven dan pan.
- c. Agregat dalam keadaan kering oven.
- d. Alat penggetar (shieve shaker).
- e. Satu set saringan ASTM #4, #8, #16, #30, #50, #100, pan.

Prosedur pengujian:

- a. Timbang kerikil sebanyak 1000 gr.
- b. Masukkan kerikil dalam saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan di atas.
- c. kerikil dalam saringan digetarkan dengan sieve shaker selama 10 menit.
- d. kerikil yang tertinggal dalam saringan ditimbang.

e. Kontrol berat kerikil 1000 gr.

2. Kelembaban kerikil

Kelembaban kerikil bertujuan untuk mengukur kelembaban/ kadar air kerikil dengan cara kering.

Persamaan untuk menghitung kelembaban:

$$Kelembaban = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots(3.9)$$

dimana :

W_1 = Berat agregat asli (gr)

W_2 = Berat agregat oven (gr)

Alat dan bahan yang digunakan di dalam pengujian kelembaban:

- a. Timbangan analitis 2600 gr.
- b. Oven.
- c. Pan.
- d. Kerikil dalam keadaan asli.

Prosedur pengujian:

- a. Kerikil dalam keadaan asli ditimbang.
- b. Kerikil yang sudah ditimbang dimasukkan dalam oven 24 jam
- c. Keluarkan kerikil dalam oven, setelah dingin ditimbang beratnya.

3. Berat jenis kerikil

Berat jenis kerikil bertujuan untuk mengukur berat jenis kerikil dalam kondisi SSD (kering permukaan).

Persamaan untuk menghitung berat jenis kerikil :

$$Bj\ ker\ ikil = \frac{W_1}{(W_1 - W_2 + W_3)} \dots\dots\dots(4.0)$$

dimana :

W_1 = berat kerikil SSD (gr)

$$W_2 = \text{berat picnometer} + \text{kerikil} + \text{air (gr)}$$

$$W_3 = \text{berat picnometer} + \text{air (gr)}$$

4. Air resapan

Proses penyerapan air dalam beton sangat berpengaruh terhadap waktu untuk beton mengeras. Masing-masing bahan campuran beton mempunyai tingkat resapan berbeda tergantung jumlah rongga udara yang terjadi.

Persamaan untuk menghitung air resapan:

$$\text{Air Resapan} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots(4.1)$$

dimana : W_1 = berat agregat SSD (gr)

W_2 = berat agregat oven (gr)

Alat dan bahan yang digunakan di dalam pengujian air resapan:

- e. Timbangan analitis 2600 gr.
- f. Oven.
- g. Pan.
- h. Agregat dalam kondisi SSD.

Prosedur pengujian:

- d. Agregat dalam kondisi SSD ditimbang.
- e. Agregat yang sudah ditimbang dimasukkan dalam oven 24 jam.
- f. Keluarkan agregat dalam oven, setelah dingin ditimbang beratnya.

5. Berat volume kerikil

Pengujian berat volume bertujuan mengukur berat volume/ isi kerikil, yaitu perbandingan berat kerikil dengan volume cetakan. Cara pengujian berat volume ada dua yaitu tanpa rojokan dan dengan rojokan

Persamaan untuk menghitung berat volume:

$$\text{BeratVolume} = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \dots\dots\dots(4.2)$$

dimana : W_1 = berat silinder (gr)

$$W_2 = \text{berat silinder} + \text{kerikil (gr)}$$

$$V = \text{volume silinder (cm}^3\text{)}$$

6. Kebersihan kerikil terhadap lumpur

Bertujuan untuk mengukur kadar lumpur kerikil

Prinsip pengujian :

- c. Cara kering : kerikil dicuci bersih sampai air cucian tampak bening, kemudian di oven dan ditimbang beratnya.
- d. Cara basah : masukkan kerikil ke dalam gelas ukur setinggi ± 6 cm, isikan air hingga penuh dan tutup lalu kocok. Diamkan selama 24 jm dan ukur tinggi masing-masing endapan lumpur dan kerikil.

$$\text{Cara kering : kadar lumpur} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots (4.3)$$

dimana : W_1 = berat kerikil kering oven(gr)

W_2 = berat kerikil bersih kering oven(gr)

$$\text{Cara basah : kadar lumpur} = \frac{h}{H} \dots\dots\dots (4.4)$$

dimana : h = tinggi lumpur

H = tinggi kerikil

3.6 Desain Percobaan

Mix design dilakukan untuk mengetahui proporsi kebutuhan material (kerikil, pasir, semen dan air) dalam campuran beton. Metode rancangan adukan beton yang dipakai adalah metode yang biasa dipakai oleh Departemen Pekerjaan Umum yaitu metode DOE (*Departemen of Environment*) yang merupakan pengembangan dari metode rancangan adukan beton cara Inggris (*The British Mix Design Method*).

Adapun langkah-langkah pembuatan *Mix Design* DOE sebagai berikut :

1. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur yang direncanakan ($f_c = 20 \text{ Mpa}$)
2. Menetapkan nilai standart deviasi (Sd)
3. Menghitung nilai tambah margin (M)

$$M = K \times Sd$$

dimana : M = nilai tambah $M = K \times Sd$

$$K = 1,64$$

Sd = standart deviasi

4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan.

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

dengan : f'_{cr} = kuat tekan rata-rata

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan

M = nilai tambah

5. Menetapkan jenis semen
6. Menetapkan jenis agregat (pasir dan kerikil)
7. Menetapkan faktor air semen (antara 0,4-0,6)
8. Menetapkan faktor air semen maksimum
9. Menetapkan nilai slump
10. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum (kerikil)
11. Menetapkan kebutuhan air
12. Jika agregat halus dan agregat kasar yang dipakai memiliki jenis yang berbeda (alami dan batu pecah), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus :

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k$$

dimana : A = jumlah air yang dibutuhkan, liter/ m^3

A_h = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya

A_k = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

13. Menetapkan kebutuhan semen
14. Menetapkan kebutuhan semen minimum
15. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai
16. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen
17. Menentukan golongan pasir
18. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil
19. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

$$B_j \text{ campuran} = \left(\frac{P}{100} \times BJ P\right) + \left(\frac{K}{100} \times BJ K\right)$$

dimana : K = persentase kerikil terhadap agregat campuran

P = persentase pasir terhadap agregat campuran

20. Menentukan berat beton
21. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil
 $\text{berat pasir} + \text{berat kerikil} = \text{berat beton} - \text{kebutuhan air-kebutuhan semen}$
22. Menentukan kebutuhan pasir
 $\text{kebutuhan pasir} = \text{kebutuhan pasir dan kerikil} \times \text{persentasr berat pasir} = \text{langkah 21} \times \text{langkah 18}$
23. Menentukan kebutuhan kerikil
 $\text{kebutuhan kerikil} = \text{kebutuhan pasir dan kerikil} - \text{kebutuhan pasir} = \text{langkah 21} - \text{langkah 22}$

3.7 Rancangan Rencana Percobaan

Rancangan percobaan merupakan rencana penelitian terhadap pembuatan benda uji yang menggunakan perbandingan antara berat semen dengan *fly ash* yang didapat dari hasil mix design. Adapun penelitian ini membuat beton normal dengan

beton dengan campuran *fly ash* sebagai bahan campuran beton dengan persentase *fly ash* sebesar 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat semen.

Adapun rencana percobaan ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Rencana Percobaan

Perlakuan	Prosentase penambahan <i>fly ash</i>	jumlah benda uji pada hari ke-28	Keterangan
I	0%	20	Beton normal
II	5%	20	Beton dengan penambahan <i>fly ash</i> 5% dari semen
III	10%	20	Beton dengan penambahan <i>fly ash</i> 10% dari semen
IV	15%	20	Beton dengan penambahan <i>fly ash</i> 15% dari semen
Jumlah benda uji		80 buah	

3.8 Pembetonan/Pencetakan Benda Uji

Langkah-langkah pencetakan benda uji:

- a. Menyiapkan peralatan (timbangan analitis 25 kg, molen, kerucut abrais, cetakan kubus, bak wadah material, gerobak dorong, dan alat bantu lainnya)
- b. Menyiapkan bahan pengisi beton (semen, *fly ash*, pasir, kerikil dan air) sesuai dengan volume yang direncanakan.
- c. Masukkan pasir dan kerikil ke dalam molen.
- d. Masukkan semen + *fly ash* dan diberi air sedikit demi sedikit.
- e. Pemutaran molen sampai adukan beton merata secara homogen untuk menghindari terjadinya segregasi.
- f. Melakukan pengujian slump dengan menggunakan kerucut abrams.
- g. Mencetak benda uji.

3.9 Perawatan

Perawatan benda uji yaitu dengan melakukan perendaman terhadap beton yang baru dikeluarkan dari cetakan dalam jangka waktu sesuai dengan umur beton yang akan diuji yaitu 28 hari. Perendaman ini dilakukan untuk menghindari pengaruh cuaca terhadap proses pengerasan beton yang dapat mempengaruhi kekuatan beton.

3.10 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dihentikan setelah dial pembacaan pada alat *compression test* berhenti. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tekan dari benda uji tersebut sudah maksimal. Tekanan dikerjakan pada bidang-bidang sisi yang rata.

Pengujian ini bertujuan untuk menguji dan mengetahui kuat tekan beton dengan *fly ash* sebagai campuran semen. Langkah-langkah dalam pengujian benda uji adalah:

- a. Menyiapkan benda uji dan peralatan.
- b. Menimbang benda uji untuk mendapatkan data berat volume.
- c. Meratakan permukaan beton dengan alat yang tersedia apabila permukaan beton tidak rata.
- d. Menempatkan benda uji ke dalam mesin kuat tekan.
- e. Menyalakan mesin kuat tekan supaya benda uji mendapatkan beban. Pengujian kuat tekan dihentikan setelah dial pembacaan pada alat *compression test* berhenti (beton tidak kuat lagi menahan beban).
- f. Mencatat beban maximum yang dapat diterima benda uji.
- g. Mengeluarkan benda uji.

3.11 Analisis dan Pembahasan

Analisis dan pembahasannya di dalam penelitian ini adalah:

- a. Analisis dan pembahasan hasil pengujian pasir sebagai agregat halus.
- b. Analisis dan pembahasan hasil pengujian kerikil sebagai agregat kasar.
- c. Analisis dan pembahasan hasil pengujian semen.

- d. Analisis dan pembahasan hasil pengujian *fly ash* sebagai bahan tambahan.
- e. Analisis terhadap perencanaan pengadukan beton (mix design).
- f. Analisis dan pembahasan hasil penimbangan berat volume beton.
- g. Analisis dan pembahasan hasil pengujian kuat tekan beton yang dengan tambahan *fly ash*.
- h. Analisis dan pembahasan hasil pengujian kuat tekan beton yang menggunakan tambahan *fly ash* dengan beton normal.

3.12 Kesimpulan

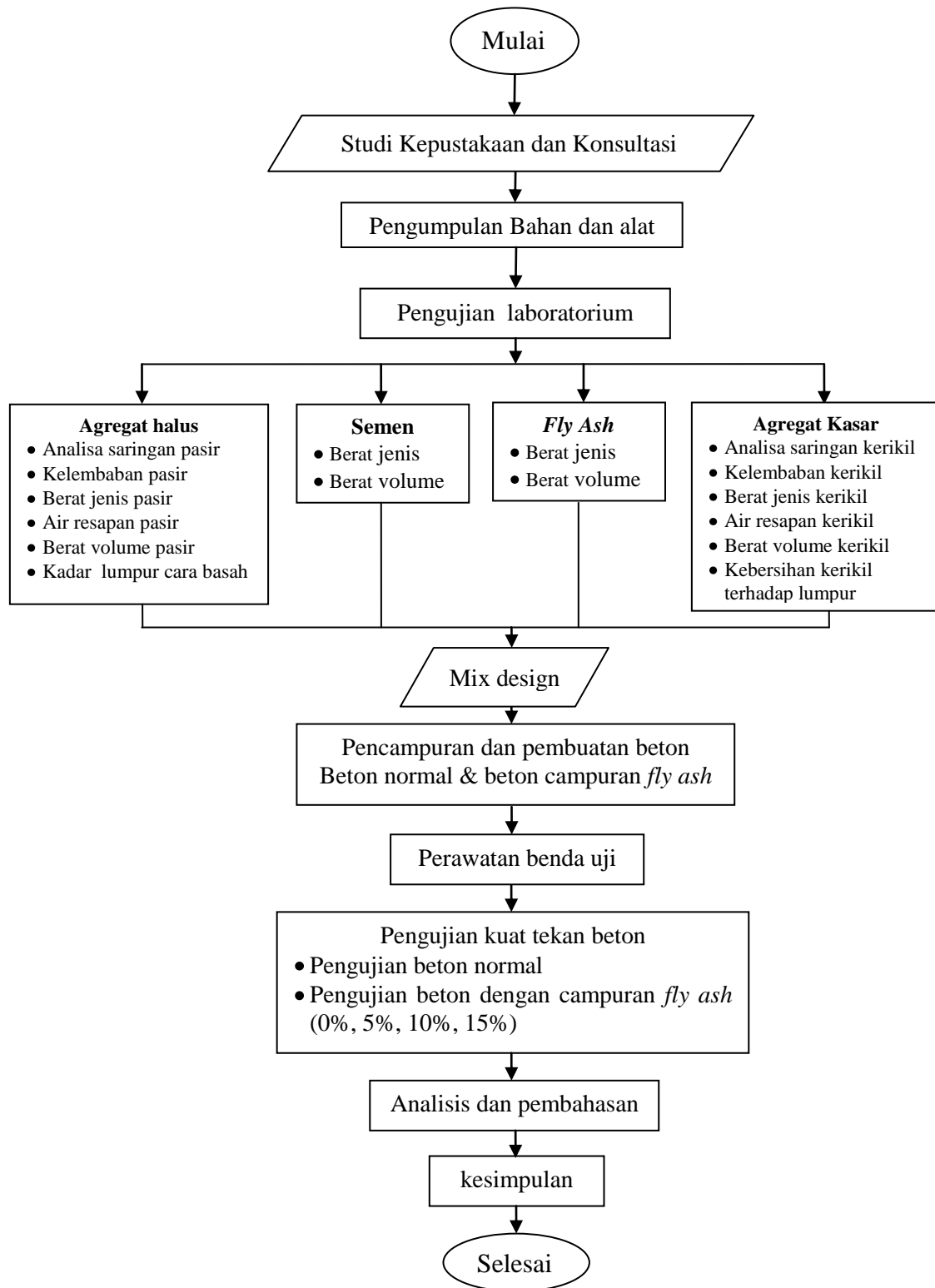
Kesimpulan diambil dari hasil analisis dan pembahasan terhadap data yang diperoleh di laboratorium, sehingga mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* sebagai campuran semen pada pembentuk beton yang dilakukan pada empat perlakuan.

Matrik Penelitian

Tabel 3.2 Matrik Penelitian

Judul	Permasalahan	Variabel	Sumber Data	Metode Penelitian	Pengklasifikasian
Pembuatan Beton Normal dengan <i>Fly Ash</i> Menggunakan Mix Desain yang Dimodifikasi	<p>1. Apakah penambahan limbah batubara <i>fly ash</i> sebagai campuran beton kuat tekannya lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal?</p> <p>2. Berapa nilai kuat tekan rata-rata tertinggi yang menggunakan penambahan limbah batubara <i>fly ash</i> sebagai campuran beton?</p>	<p>1. Variabel Bebas: Limbah batubara (<i>fly ash</i>) sebagai campuran semen</p> <p>2. Variabel Terikat : -kuat tekan campuran beton dengan <i>fly ash</i>, dengan umur 28 hari</p>	<p>Pengujian material :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Semen Berat jenis, berat volume - <i>Fly ash</i> Berat jenis, berat volume - Agregat halus : analisa saringan, kelembaban, berat jenis, air resapan, berat volume, kadar lumpur cara basah - Agregat kasar : analisa saringan, kelembaban, berat jenis, air resapan, berat volume, kadar lumpur cara basah. <p>Perhitungan mix desain campuran</p> <ul style="list-style-type: none"> - menggunakan Mix Design DOE (<i>British Departement of</i> 	<p>Tempat penelitian: Laboratorium Struktur Teknik Sipil</p> <p>Langkah-langkah: -persiapan alat dan bahan -pembuatan campuran benda uji -pembetonan/ pencetakan benda uji -perawatan -pengujian kuat tekan</p> <p>Analisis data:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analisis dan pembahasan hasil pengujian pasir sebagai agregat halus. - Analisis dan pembahasan hasil pengujian kerikil sebagai agregat kasar. - Analisis dan pembahasan hasil pengujian semen. - Analisis dan pembahasan hasil pengujian <i>fly ash</i> 	<p>Pengujian material menurut :</p> <ul style="list-style-type: none"> - SII 0052-80 (modulus kehalusan) - SNI PB-0204-76 (berat volume) - SNI PB-0210-76 ((kelembaban pasir) - SNI PB-0203-76 (penyerapan agregat) <p>Pengklasifian beton :</p> <ul style="list-style-type: none"> -beton dengan penambahan <i>fly ash</i> sebesar 0% -beton dengan penambahan <i>fly ash</i> sebesar 5% -beton dengan penambahan <i>fly ash</i> sebesar 10% -beton dengan penambahan <i>fly ash</i> sebesar 15%

			<p><i>Environment</i>), yang disesuaikan dengan kondisi di Indonesia</p> <ul style="list-style-type: none"> – perencanaan campuran adukan beton menggunakan $f_c'_{20}$ Mpa <p>Kuat tekan yang ditunjukkan oleh <i>compression test</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – umur beton 28 hari – Kuat tekan hancur individu (f_{ci}) $f_{ci} = \frac{P \times 100}{A \times umurhari}$ <ul style="list-style-type: none"> – Kuat tekan hancur rata-rata: $F_{cr} = \frac{\sum f_{ci}}{n}$ <ul style="list-style-type: none"> – Standart deviasi (sd) $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} (f_{cr} - f_{ci})^2}{n - 1}}$ <ul style="list-style-type: none"> – Kuat tekan karakteristik $f_c'k = f_{cr} - (1,34 \times sd)$	<p>sebagai bahan tambahan.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Analisis terhadap perencanaan pengadukan beton (mix design). – Analisis dan pembahasan hasil penimbangan berat volume beton. – Analisis dan pembahasan hasil pengujian kuat tekan beton yang dengan tambahan <i>fly ash</i>. – Analisis dan pembahasan hasil pengujian kuat tekan beton yang menggunakan tambahan <i>fly ash</i> dengan beton normal. 	
--	--	--	--	---	--



Gambar Diagram Flowchart Alur Penelitian

BAB 4. PEMBAHASAN

Data yang didapat pada penelitian ini berasal dari hasil pengujian dan pengolahan data. Data tersebut digunakan untuk menganalisa hasil pengujian yang telah dilakukan untuk membuat kesimpulan yang dapat diambil dari serangkaian penelitian yang telah dilakukan.

4.1 Data Hasil Pengujian Material

Setelah dilakukan pengujian material, maka dapat diperoleh data material yang nantinya akan diperlukan dalam rancangan adukan beton. Data-data tersebut sebagai berikut :

4.1.1 Semen

Hasil Pengujian Semen

Tabel 4.1 Analisis Pengujian Semen *PPC* Puger

Jenis pengujian	Rata-rata
a. Berat jenis	3,19
b. Berat volume	
tanpa rojokan (gr/cm ³)	1,08 gr/cm ³ .
dengan rojokan (gr/cm ³)	1,19 gr/cm ³ .

Sumber : Hasil Penelitian 2013

Pembahasan

1. Berat jenis semen

Hasil pengujian didapatkan berat jenis semen *PPC* yaitu 3,19. Berat jenis semen *PPC* berkisar antara 3,10 – 3,30, jadi semen ini memenuhi persyaratan untuk digunakan.

2. Berat volume semen

- a. Berat volume tanpa rojokan 1,08 gr/cm³.
- b. Berat volume dengan rojokan 1,19 gr/cm³.

Data pengujian laboratorium untuk pengujian berat jenis dan berat volume semen dapat dilihat pada lampiran A.

4.1.2 Limbah Batubara *Fly Ash*

Hasil Pengujian *Fly Ash*

Tabel 4.2 Analisis Pengujian *Fly Ash*

Jenis pengujian	Rata-rata
a. Berat jenis	3,15
b. Berat volume	
tanpa rojokan (gr/cm ³)	1,15 gr/cm ³
dengan rojokan (gr/cm ³)	1,28 gr/cm ³

Sumber : Hasil Penelitian 2013

Pembahasan

1. Berat jenis *fly ash*

Hasil pengujian didapatkan berat jenis *fly ash* yaitu 3,15.

2. Berat volume *fly ash*

a. Berat volume tanpa rojokan 1,15 gr/cm³.

b. Berat volume dengan rojokan 1,28 gr/cm³.

Data pengujian laboratorium untuk pengujian berat jenis dan berat volume *fly ash* dapat dilihat pada lampiran B.

4.1.3 Agregat Halus

Pengujian Agregat halus dilakukan untuk mendapatkan data-data yang nantinya dipakai untuk perhitungan *mix design*. Berikut ini adalah hasil pengujian laboratorium pasir dapat dilihat pada lampiran C.

Tabel 4.3 Analisa Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Rata-rata
a. Modulus kehalusan	2,98
b. Berat Jenis	2,57
c. Berat Volume	1,204 gr/cm ³
d. Kelembaban	9,87 %
e. Air resapan	10,229 %
f. Kadar Lumpur	3,599%

Sumber : Hasil Penelitian 2013

Pengujian agregat halus meliputi pengujian modulus kehalusan, berat jenis, berat volume, kelembaban, air resapan dan kadar lumpur.

Modulus kehalusan adalah jumlah prosentase kumulatif pasir yang tertinggal pada tiap-tiap saringan dibagi dengan 100. Modulus kehalusan pasir berkisar antara 1,5-3,8 (SII 0052-80), jika modulus kehalusan semakin besar, maka semakin kasar pula pasir tersebut. Dari penelitian didapatkan modulus kehalusan sebesar 2,98. Pasir termasuk gradasi (zona 2) yang artinya pasir agak kasar. Sedangkan berat jenis pasirmya sebesar 2,57.

Bahaya akibat kurangnya pemadatan lebih banyak terjadi dibandingkan dengan kelebihan pemadatan (SNI PB-0204-76). Dari hasil pengujian di dapatkan berat volume rata-rata sebesar 1,204 gr/cm³.

Kelembaban agregat sangat dipengaruhi oleh kondisi agregat, besar pori, daya hisap, gradasi dan jenis agregat (SNI PB-0210-76). Pengaruh kelembaban agregat pada komponen beton sangat besar, karena sangat berpengaruh pada kekuatan beton itu sendiri dan tingkat pengerasannya. Dari hasil pengujian, kelembaban pasir yang di dapat adalah 9,87%.

Besarnya penyerapan agregat tergantung dari pori-pori yang ada dalam butir agregat itu sendiri (SNI PB – 0203 – 76). Dari hasil pengujian didapatkan sebesar 10,229 %.

Besarnya kadar lumpur dalam agregat halus menurut (SII 0052 – 80) maksimum sebesar 5%. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, kadar lumpur yang didapat sebesar 3,599%, jadi pasir memenuhi standart yang sudah ada.

4.1.4 Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar dilakukan untuk mendapatkan data yang nantinya dipakai untuk perhitungan *mix design*. Berikut ini adalah hasil dari pengujian agregat kasar yang dapat dilihat pada tabel 4.4. Sedangkan data pengujian laboratorium agregat kasar dapat dilihat pada lampiran D.

Tabel 4.4 Analisa Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Rata-rata
a. Modulus kehalusan	5,918
b. Berat Jenis	2,58
c. Berat Volume	1,436 gr/cm ³
d. Kelembaban	0,33 %
e. Air resapan	1,70%
f. Kadar Lumpur	0,85%

Sumber : Hasil Penelitian 2013

Dari tabel di atas pengujian agregat kasar meliputi modulus kehalusan, berat jenis, berat volume, kelembaban, air resapan dan kadar lumpur.

Modulus kehalusan agregat kasar diperoleh dengan menjumlahkan persen kumulatif agregat yang tertinggal dibagi dengan 100. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan modulus kehalusannya berkisar antara 5-8 (SII 0052-80). Dari pengujian yang telah dilakukan modulus kehalusan kerikil didapat sebesar 5,918.

Dari pengujian yang telah dilakukan berat jenis kerikil didapat sebesar 2,58, jadi kerikil ini memenuhi standart yang sudah ada.

Bahaya akibat kurangnya pemadatan lebih banyak terjadi dibandingkan dengan kelebihan pemadatan (SNI PB-0204-76). Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan berat volume kerikiil rata-rata 1,436 gr/cm³.

Kelembaban agregat dipengaruhi oleh kondisi agregat, besar pori, daya hisap, gradasi dan jenis agregat (SNI PB-0210-76). Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan kelembaban kerikil sebesar 0,33%.

Besarnya penyerapan air tergantung dari pori-pori yang ada dalam butir agregat itu (SNI PB-0203-76). Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan sebesar 1,70%.

Besarnya kadar lumpur dalam agregat kasar menurut (SII 0052-80) maksimum sebesar 1%. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan kadar lumpur yang didapatkan sebesar 0,85%, jadi kerikil memenuhi standart yang sudah ada.

4.2 Rencana Mix Desain yang Dimodifikasi

Perencanaan Campuran Adukan Beton $f_c' 20$ Mpa

1. Berhubungan dengan strength dan rasio.

1.1 Strength karakteristik

Penetapan strength karakteristik (kuat tekan beton) disyaratkan $f_c' 20$ pada umur tertentu. Kuat tekan beton yang disyaratkan atau direncanakan ditentukan dengan kuat tekan pada beton umur 28 hari, kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat. Di Indonesia, yang dimaksudkan dengan kuat tekan beton yang disyaratkan ialah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah dari nilai itu hanya sebesar 5% saja (artinya beton yang akan dibuat boleh mempunyai kuat tekan kurang dari kuat tekan karakteristik). Kuat tekan karakteristik ditetapkan $f_c' 20$ Mpa.

1.2 Standar Deviasi.

Nilai deviasi standar ditetapkan dengan melihat volume beton yang dibuat, yang dibedakan antara volume kecil, sedang dan besar dan atas dasar mutu pelaksanaannya yang dibedakan atau mutu baik sekali, baik dan cukup

Tabel 4.5. Nilai deviasi standart untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu Pengerjaan	SD (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa kendali	8,4

Sumber : SNI. 03-2834-2000

1.3 Margin.

Jika pelaksana tidak mempunyai catatan/ pengalaman hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil uji kurang dari 15 buah), maka nilai margin, langsung diambil sebesar 12 Mpa.

1.4 Target strength rata-rata

Kuat tekan rata-rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

dengan : f'_{cr} = kuat tekan rata-rata (Mpa)

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan (Mpa)

M = nilai tambah (Mpa)

Maka kuat tekan rata-rata yang direncanakan adalah :

$$f'_{cr} = 20 + 12 = 32 \text{ Mpa}$$

1.5 Tipe semen.

Menurut PUBLI 1982 di Indonesia Semen Portland dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu jenis I, II, III, IV, dan V. Jenis I merupakan jenis semen untuk struktur yang menurut persyaratan kekuatan awal tinggi. Pada langkah ini ditetapkan memakai semen Puger PPC.

1.6 Tipe agregat.

Jenis agregat yang akan digunakan yaitu, batu pecah dan pasir alami.

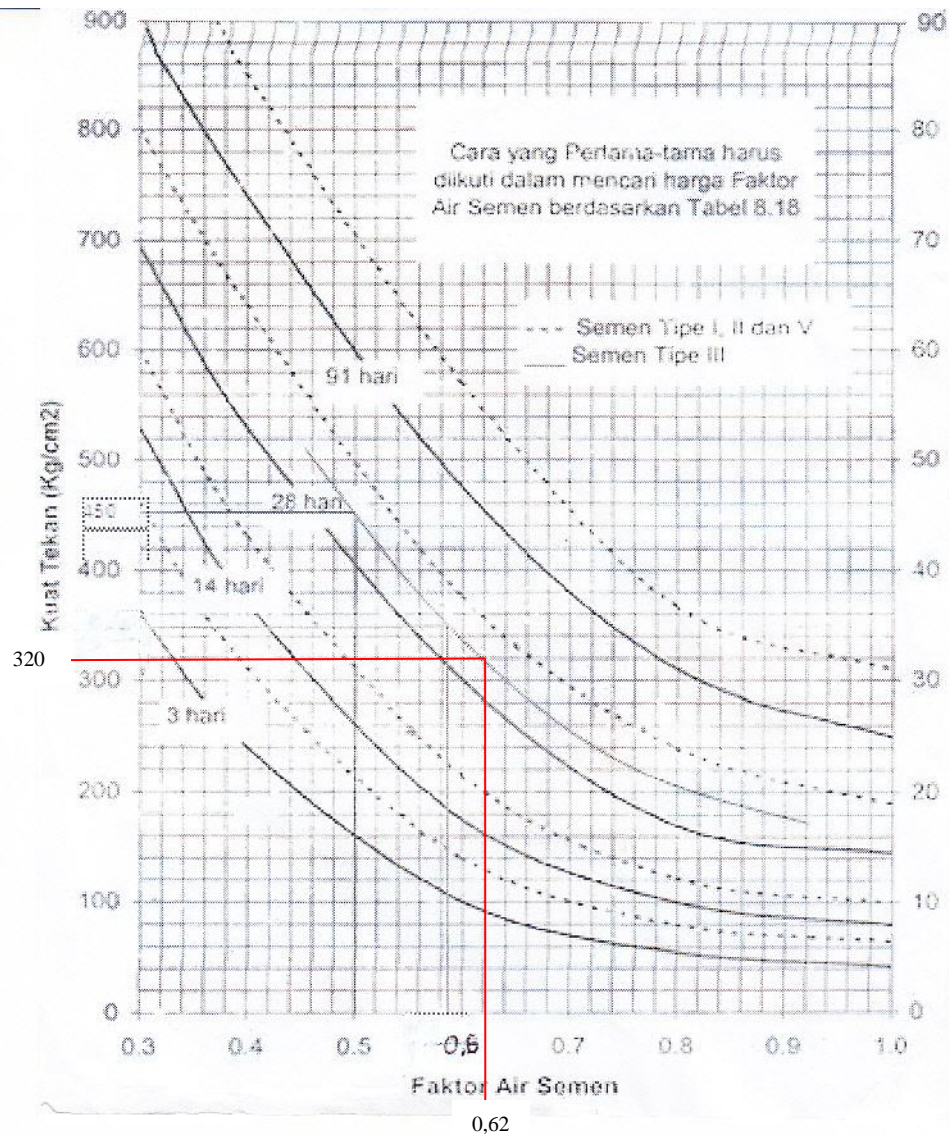
1.7 FAS (Faktor Air Semen).

Dengan mengetahui jenis semen portland dan agregat yang akan digunakan batu pecah, maka dengan melihat tabel 4.6 dapat ditentukan harga beton umur 28 hari dan f.a.s 0,50 didapat kuat tekan 45 Mpa. Tarik tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,50 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada tabel 4.6 dan buatlah kurva sejajar dengan kurva-kurva yang ada melalui titik potong tadi. Tarik garis mendatar melalui kuat tekan beton yang ditargetkan ($f_c = 32$ Mpa) sampai memotong kurva yang telah dibuat tadi. Dari titik potong tadi tarik garis tegak lurus ke bawah, maka di dapat harga fas yang dicari = 0,62

Tabel 4.6 Perkiraan Kuat Tekan Beton (N/mm^2) dengan Faktor Air Semen 0,50 dan Jenis Semen serta Agregat Kasar yang Biasa Dipakai .

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (N/mm^2)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe 1 atau	Batu Tak Dipecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu Tak Dipecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	23	2	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu Tak Dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu Tak Dipecah	25	31	46	53	Kubus
Batu Pecah	30	40	53	60		

Sumber : SNI. 03-2834-200



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Faktor Air Semen dengan Kuat Tekan Beton

1.8 Maksimum FAS

Penetapan nilai fas maksimum dilakukan dengan tabel 4.7.

Jika nilai fas maksimum ini lebih rendah dari langkah 1.7, maka nilai fas maksimum ini yang dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 4.7 Persyaratan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Pementonan dan Lingkungan Khusus.

Jenis pementonan	f.a.s maks
Beton didalam ruang bangunan	
a. keadaan keliling non korosif	0,60
b. keadaan keliling non korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton diluar ruang bangunan	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah	
a. mengalami keadaan kering dan basah berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	0,52
Beton selalu berhubungan dengan air tawar atau payau atau laut	0,52 – 0,75

Sumber : SNI. 03-2834-2000

Untuk beton dengan keadaan keliling non korosif, ditentukan fas maksimum 0,60. Faktor air semen diambil nilai yang lebih rendah dari langkah 1.7 dan 1.8 maka dipakai faktor air semen maksimum 0,60.

2. Berhubungan dengan workabilitas dan rasio.

2.1 Slump.

Nilai slump yang digunakan antara 6,0-12,0 cm.

2.2 Ukuran agregat maksimum.

Ukuran agregat maksimum ditentukan 20mm.

Proporsi dari *fly ash* terdiri dari 0%, 5%,10% dan 15%.

2.3 Kandungan air bebas.

Berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat dan slump yang diinginkan, lihat tabel 4.8

Tabel 4.8 Perkiraan Kebutuhan Air Per Meter Kubik Beton (liter)

Besarnya ukuran maks. kerikil (mm)	Jenis batuan	Slump			
		0 – 10	10 – 30	30 - 60	60 – 180
10	Batu Tak Dipecah (Pasir)	150	180	205	225
	Batu Pecah (Kerikil)	180	205	230	250
20	Batu Tak Dipecah (Pasir)	135	160	180	195
	Batu Pecah (Kerikil)	170	190	210	225
40	Batu Tak Dipecah (Pasir)	115	140	160	175
	Batu Pecah (Kerikil)	155	175	190	205
Proporsi dari fly ash terhadap (semen+fly ash) dalam %		Reduksi kadar air (kg/m ³)			
10		5	5	5	10
20		10	10	10	15
30		15	15	20	20
40		20	20	25	25
50		25	25	30	30

Sumber : Mixed Desain Beton Normal

Dalam tabel 4.8 apabila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan pecahan) maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus :

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k$$

dengan :

A = jumlah air yang dibutuhkan (kg/m³)

A_h = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus (kg/m³)

A_k = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya (kg/m³)

$$\text{Jadi } A = (0,67 \times 195 + 0,33 \times 225) \text{ kg/m}^3 = 205 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga kandungan air bebas masing-masing perlakuan :

$$w = A - A_r$$

dengan :

w = kandungan air bebas (kg/m^3)

A = jumlah air yang dibutuhkan (kg/m^3)

Ar = Reduksi kadar air (kg/m^3)

$$w (0\%) = 205 - 0 = 205 \text{ kg/m}^3$$

$$w (5\%) = 205 - 5 = 200 \text{ kg/m}^3$$

$$w (10\%) = 205 - 10 = 195 \text{ kg/m}^3$$

$$w (15\%) = 205 - 12,5 = 192,5 \text{ kg/m}^3$$

3. Kombinasi dari Tahap 1 dan 2 untuk memberikan kadar semen

3.1 Kadar Semen

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan :

$$c = \frac{(100 - p) \times w}{(100 - 0,7 \times p) \times \left\{ \frac{w}{(c + 0,3 \times F)} \right\}}$$

dimana : c = kadar semen (kg/m^3)

p = proporsi dari *fly ash* (%)

w = kandungan air bebas (kg/m^3)

$$\frac{w}{(c + 0,3 \times F)} = 0,62 \text{ (di dapat dari gambar 4.1)}$$

$$c (0\%) = \frac{w}{(f.a.s)} = \frac{205}{0,62} = 330,64 \text{ kg/m}^3$$

$$c (5\%) = \frac{(100 - 5) \times 200}{(100 - 0,7 \times 5) \times 0,62} = 317,57 \text{ kg/m}^3$$

$$c (10\%) = \frac{(100 - 10) \times 195}{(100 - 0,7 \times 10) \times 0,62} = 304,37 \text{ kg/m}^3$$

$$c (15\%) = \frac{(100 - 15) \times 192,5}{(100 - 0,7 \times 15) \times 0,62} = 294,87 \text{ kg/m}^3$$

3.2 Kadar *Fly Ash*

Kadar *Fly Ash* ditentukan dari perhitungan :

$$F = \frac{p \times C}{(100 - p)}$$

dengan : F = kadar *fly ash* (kg/m^3)

p = proporsi dari *fly ash* (%)

C =kadar semen (kg/m^3)

$$F(0\%) = \frac{0 \times 330,64}{(100 - 0)} = 0 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$F(5\%) = \frac{5 \times 317,57}{(100 - 5)} = 16,71 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$F(10\%) = \frac{10 \times 304,37}{(100 - 10)} = 33,82 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$F(15\%) = \frac{15 \times 294,87}{(100 - 15)} = 52,03 \text{ kg} / \text{m}^3$$

3.3 Total

Yaitu dengan menjumlahkan kadar semen (3.1) dan kadar *fly ash* (3.2)

$$\text{total (0\%)} = 330,64 + 0 = 330,64 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\text{total (5\%)} = 317,57 + 16,71 = 334,28 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\text{total (10\%)} = 304,37 + 33,82 = 338,19 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\text{total (15\%)} = 294,87 + 52,03 = 349,90 \text{ kg}/\text{m}^3$$

3.4 Kadar Semen Maksimum

Karena tidak ditetapkan dapat diabaikan.

3.5 Kadar Semen Minimum

Kebutuhan semen minimum ditetapkan untuk beton di dalam ruang bangunan dengan keadaan keliling non korosif.

Tabel 4.9 Kebutuhan Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus.

Jenis pembetonan	Semen minimum(kg/m^3 beton)
Beton didalam ruang bangunan	
c. keadaan keliling non korosif	275
d. keadaan keliling non korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	325
Beton di luar ruang bangunan	
c. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325

d. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk ke dalam tanah	
c. mengalami keadaan kering dan basah berganti-ganti	325
d. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	375
Beton selalu berhubungan dengan air	
a. air tawar	275
b. air payau dan laut	375

Sumber : SNI. 03-2834-2000

Jadi ditetapkan kebutuhan semen minimum = 275 kg

3.6 Modifikasi FAS

3.7 W/(C+F)

dengan : W = kandungan air bebas (kg/m³)

C = kadar semen (kg/m³)

F = kadar *fly ash* (kg/m³)

$$Rasio(0\%) = \frac{205}{(330,64 + 0)} = 0,62$$

$$Rasio(5\%) = \frac{200}{(317,57 + 16,71)} = 0,60$$

$$Rasio(10\%) = \frac{195}{(304,37 + 33,82)} = 0,58$$

$$Rasio(15\%) = \frac{192,5}{(294,87 + 52,03)} = 0,55$$

3.8 Rasio FAS maksimum

Karena semen minimum sudah terpenuhi, maka rasio FAS maksimum adalah 0,6.

4. Berhubungan dengan penentuan total kandungan agregat

4.1 Kelembaban relatif agregat

Kelembaban pasir = 9,87%

Kelembaban kerikil = 0,33%

4.2 Kepadatan beton

a. Penentuan gradasi agregat halus.

Berdasarkan gradasinya (hasil analisis ayakan) agregat halus yang akan dibuat diklasifikasikan menjadi 4 daerah. Penentuan daerah gradasi yang diberikan dalam tabel 4.10. Dengan tabel 4.10 tersebut agregat halus dapat dimasukkan menjadi salah satu dari empat daerah, yaitu daerah 1, 2, 3 dan 4.

Tabel 4.10 Batas Gradasi Pasir

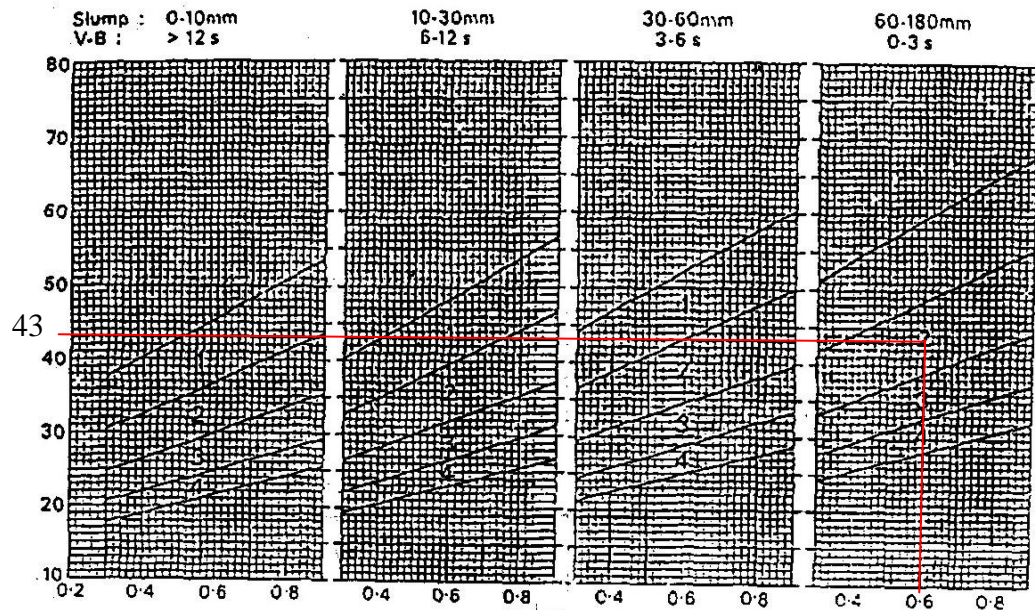
Lubang ayakan (mm)	Persen berat yang lewat ayakan			
	1	2	3	4
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	34-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : SNI. 03-2834-2000

Dari hasil analisa saringan, agregat halus termasuk dalam daerah gradasi (zone) 2.

b. Persentase agregat halus terhadap campuran

Nilai banding antara agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan gambar 4.2 dapat diperoleh persentase agregat halus terhadap berat agregat campuran.



Gambar 4.2 Grafik Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

c. Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$Bj \text{ camp} = \frac{P}{100} \times bj \text{ agg. hls} + \frac{K}{100} \times bj \text{ agg. ksr}$$

dengan : Bj camp = berat jenis agregat campuran

bj agg. hls = berat jenis agregat halus

bj agg. ksr = berat jenis agregat kasar

P = persentase agregat halus terhadap agregat campuran

K = persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

$$\text{Jadi Bj campuran} = \left(\frac{43}{100} \times 2,57 \right) + \left(\frac{57}{100} \times 2,58 \right) = 2,58$$

d. Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah (4.2 c) dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya maka dengan gambar 4.3 dapat diperkirakan berat jenis betonnya.

Cara penggunaan gambar 4.3 adalah :

1. Buat garis vertikal melalui titik harga kadar air bebas yang ditentukan.
2. Ikuti kurva yang sesuai dengan harga berat jenis relatif hingga memotong garis vertikal pada (a).

3. Jika dalam grafik belum ada garis kurva harga berat jenis relatif yang ditentukan, dibuat kurva baru yang sesuai dengan garis kurva terdekat.
4. Tarik garis mendatar melalui potongan itu. Garis itu menunjukkan nilai berat jenis beton.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh :

a. Berat jenis agregat campuran = 2,58

b. Kebutuhan air :

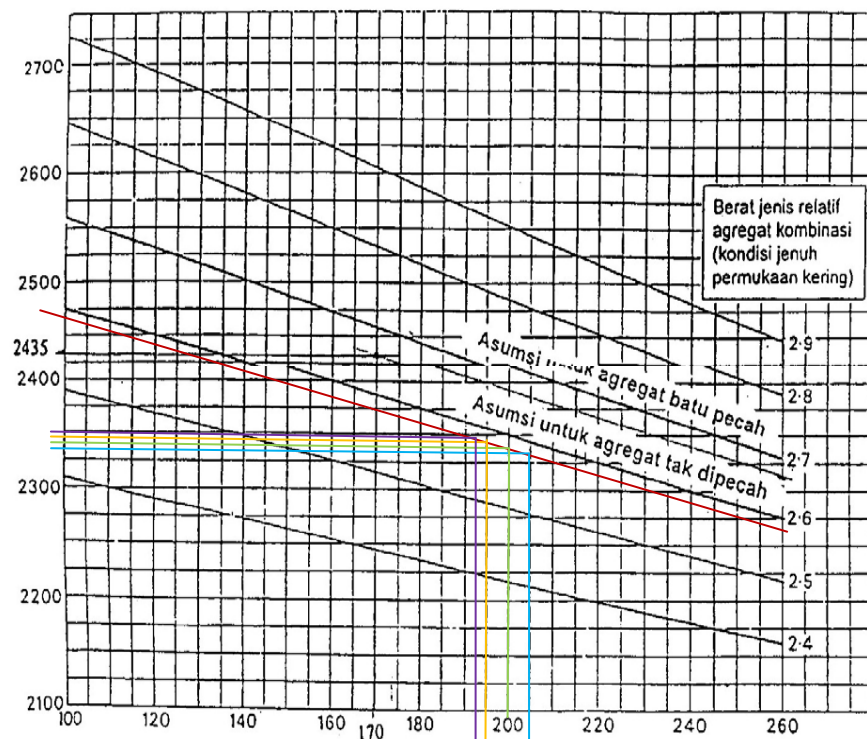
$$w (0\%) = 205 \text{ kg/m}^3$$

$$w (5\%) = 200 \text{ kg/m}^3$$

$$w (10\%) = 195 \text{ kg/m}^3$$

$$w (15\%) = 192,5 \text{ kg/m}^3$$

sehingga berat jenis beton dapat diperkirakan dengan menggunakan grafik di bawah ini :



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Jenis Beton Basah yang Dimampatkan Secara Penuh.

Dari gambar 4.3 dapat diperoleh berat jenis beton :

Berat jenis beton (0%) = 2334

Berat jenis beton (5%) = 2339

Berat jenis beton (10%) = 2342

Berat jenis beton (15%) = 2344

4.3 Total kadar agregat

Tahap ini membutuhkan estimasi dari kerapatan beton yang dipadatkan penuh dimana data ini bisa didapat dari Gambar 4.3 tergantung dari kadar air bebas dan kelembaban relatif dari kombinasi agregat dalam keadaan SSD (*saturated surface dry*).

Total kadar agregat = D-C-W

dimana : D = kepadatan basah dari beton (kg/m^3)

C = kadar semen (kg/m^3)

W = kadar air bebas (kg/m^3)

Jadi total kadar agregat masing-masing perlakuan :

Total kadar agregat (0%) = $2334 - 330,64 - 205 = 1798,36 \text{ kg/m}^3$

Total kadar agregat (5%) = $2339 - 317,57 - 200 = 1821,43 \text{ kg/m}^3$

Total kadar agregat (10%) = $2342 - 304,37 - 195 = 1842,63 \text{ kg/m}^3$

Total kadar agregat (15%) = $2344 - 294,87 - 192,5 = 1856,63 \text{ kg/m}^3$

5. Berhubungan dengan pemilihan kandungan agregat kasar dan halus

5.1 Grading agregat

5.2 Proporsi agregat halus

Persentase agregat halus terhadap campuran

Nilai banding antara agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data

tersebut dan gambar 4.2 dapat diperoleh persentase agregat halus terhadap berat agregat campuran sebesar 43%.

5.3 Kadar agregat halus

Proporsi yang tepat dari butiran yang dipakai dalam bentuk agregat tertentu. Sedangkan pada tahap ini untuk menentukan kadar agregat kasar dan agregat halus didapat dari proporsi terhadap agregat halus yang didapat dari gambar 4.2 dan total kadar agregat masuk dalam tahap 4.

Kadar agregat halus = total kadar agregat x proporsi butiran

Jadi total kadar agregat halus masing-masing perlakuan :

$$\text{Kadar agregat halus (0\%)} = 1798,36 \times 43\% = 773,29 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kadar agregat halus (5\%)} = 1821,43 \times 43\% = 783,21 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kadar agregat halus (10\%)} = 1842,63 \times 43\% = 792,33 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kadar agregat halus (15\%)} = 1856,63 \times 43\% = 798,35 \text{ kg/m}^3$$

5.4 Kadar agregat kasar

Kadar agregat kasar dihitung dengan menggunakan rumus :

Kadar agregat kasar = total kadar agregat – kadar agregat halus

Jadi total kadar agregat halus masing-masing perlakuan :

$$\text{Kadar agregat kasar (0\%)} = 1798,36 - 773,29 = 1025,07 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kadar agregat kasar (5\%)} = 1821,43 - 783,21 = 1038,22 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kadar agregat kasar (10\%)} = 1842,63 - 792,33 = 1050,30 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kadar agregat kasar (15\%)} = 1856,63 - 798,35 = 1058,28 \text{ kg/m}^3$$

Dari tahap 1 sampai tahap 5, didapatkan susunan campuran beton untuk setiap 1m^3 , sebagai berikut :

Perlakuan 0% :

a. Semen = 330,64kg

b. Air = 205 lt

c. *Fly Ash* = 0 kg

d. Agg Halus = 773,29 kg

e. Agg Kasar = 1025,07 kg

Perlakuan 5% :

- a. Semen = 317,57 kg
- b. Air = 200 lt
- c. *Fly Ash* = 16,71 kg
- d. Agg Halus = 783,21 kg
- e. Agg Kasar = 1038,22 kg

Perlakuan 10% :

- a. Semen = 304,37 kg
- b. Air = 195 lt
- c. *Fly Ash* = 33,82 kg
- d. Agg Halus = 792,33 kg
- e. Agg Kasar = 1050,3 kg

Perlakuan 15% :

- a. Semen = 294,87 kg
- b. Air = 192,5 lt
- c. *Fly Ash* = 52,03kg
- d. Agg Halus = 798,35 kg
- e. Agg Kasar = 1058,28 kg

Untuk mendapatkan campuran yang sebenarnya, yaitu yang akan dipakai sebagai campuran uji (untuk membuat benda uji), angka-angka teoritis tersebut perlu dikoreksi dengan memperhitungkan banyaknya air bebas yang terdapat dalam agregat, atau air yang masih dibutuhkan oleh masing-masing agregat yang dipakai dan dihitung menurut rumus sebagai berikut :

$$1) \text{ Air} = A - \left[\frac{Ah - A1}{100} \right] \times B - \left[\frac{Ak - A2}{100} \right] \times C$$

$$2) \text{ Agregat halus} = B + \left[\frac{Ah - A1}{100} \right] \times B$$

$$3) \text{ Agregat kasar} = C + \left[\frac{Ak - A2}{100} \right] \times C$$

Dengan :

$$A = \text{jumlah kebutuhan air (kg/m}^3\text{)}$$

- B = jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m^3)
 C = jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m^3)
 Ah = kadar air sesungguhnya dalam agregat halus (%)
 Ak = kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar (%)
 A1 = kadar air pada agregat halus jenuh kering-muka (%)
 A2 = kadar air pada agregat kasar jenuh kering-muka (%)

Jadi, jumlah bahan yang harus dikoreksi terhadap kadar air sesungguhnya :

Pada perlakuan 0%

a. Semen = 330,64 kg

b. *Fly Ash* = 0 kg

$$\begin{aligned} \text{c. Air} &= 205 - \left[\frac{10,29 - 9,87}{100} \right] \times 773,29 - \left[\frac{1,7 - 0,33}{100} \right] \times 1025,07 \\ &= 187,709 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Agregat halus} &= 773,29 + \left[\frac{10,29 - 9,87}{100} \right] \times 773,29 \\ &= 776,538 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. Agregat kasar} &= 1025,07 + \left[\frac{1,7 - 0,33}{100} \right] \times 1025,07 \\ &= 1039,113 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pada perlakuan 5%

a. Semen = 317,57 kg

b. *Fly Ash* = 16,71kg

$$\begin{aligned} \text{c. Air} &= 200 - \left[\frac{10,29 - 9,87}{100} \right] \times 783,21 - \left[\frac{1,7 - 0,33}{100} \right] \times 1038,22 \\ &= 182,487 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Agregat halus} &= 783,21 + \left[\frac{10,29 - 9,87}{100} \right] \times 783,21 \\ &= 786,499 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. Agregat kasar} &= 1038,22 + \left[\frac{1,7 - 0,33}{100} \right] \times 1038,22 \\ &= 1052,444 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pada perlakuan 10%

a. Semen = 304,37 kg

b. *Fly Ash* = 33,82 kg

$$\begin{aligned} \text{c. Air} &= 195 - \left[\frac{10,29 - 9,87}{100} \right] \times 792,33 - \left[\frac{1,7 - 0,33}{100} \right] \times 1050,3 \\ &= 177,283 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Agregat halus} &= 792,33 + \left[\frac{10,29 - 9,87}{100} \right] \times 792,33 \\ &= 795,658 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. Agregat kasar} &= 1050,3 + \left[\frac{1,7 - 0,33}{100} \right] \times 1050,3 \\ &= 1064,689 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pada perlakuan 15%

$$\text{a. Semen} = 294,87 \text{ kg}$$

$$\text{b. Fly Ash} = 52,03 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Air} &= 192,5 - \left[\frac{10,29 - 9,87}{100} \right] \times 798,35 - \left[\frac{1,7 - 0,33}{100} \right] \times 1058,28 \\ &= 174,648 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Agregat halus} &= 798,35 + \left[\frac{10,29 - 9,87}{100} \right] \times 798,35 \\ &= 801,703 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{e. Agregat kasar} = 1058,28 + \left[\frac{1,7 - 0,33}{100} \right] \times 1058,28 = 1072,778 \text{ kg}$$

Kebutuhan bahan untuk 20 benda uji kubus ukuran 15x15x15cm :

$$\text{Volume 1 buah kubus} = 15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume 20 buah kubus} = 67500 \text{ cm}^3 = 0,0675 \text{ m}^3$$

Bahan yang diperlukan untuk pembuatan 20 kubus ukuran 15x15x15 cm :

Perlakuan 0% :

$$\text{a. Semen} = 330,64 \times 0,0675 = 22,318 \text{ kg}$$

$$\text{b. Fly Ash} = 0 \times 0,0675 = 0 \text{ kg}$$

$$\text{c. Air} = 187,709 \times 0,0675 = 12,670 \text{ lt}$$

$$\text{d. Pasir} = 776,538 \times 0,0675 = 52,416 \text{ kg}$$

$$\text{e. Kerikil} = 1039,113 \times 0,0675 = 70,140 \text{ kg}$$

Perlakuan 5% :

$$\text{a. Semen} = 317,57 \times 0,0675 = 21,436 \text{ kg}$$

$$\text{b. Fly Ash} = 16,71 \times 0,0675 = 1,128 \text{ kg}$$

- c. Air = $182,487 \times 0,0675 = 12,318$ lt
- d. Pasir = $786,499 \times 0,0675 = 53,089$ kg
- e. Kerikil = $1052,444 \times 0,0675 = 71,040$ kg

Perlakuan 10% :

- a. Semen = $304,37 \times 0,0675 = 20,545$ kg
- b. *Fly Ash* = $33,82 \times 0,0675 = 2,283$ kg
- c. Air = $177,283 \times 0,0675 = 11,967$ lt
- d. Pasir = $795,658 \times 0,0675 = 53,707$ kg
- e. Kerikil = $1064,689 \times 0,0675 = 71,867$ kg

Perlakuan 15% :

- a. Semen = $294,87 \times 0,0675 = 19,904$ kg
- b. *Fly Ash* = $52,03 \times 0,0675 = 3,512$ kg
- c. Air = $174,648 \times 0,0675 = 11,789$ lt
- d. Pasir = $801,703 \times 0,0675 = 54,115$ kg
- e. Kerikil = $1072,778 \times 0,0675 = 72,413$ kg

Pada proses pencampuran di lapangan di lakukan 3 kali pengadukan dan 1 kali pengadukan menghasilkan 7-8 buah kubus. Jadi bahan yang diperlukan untuk 8 buah kubus:

Perlakuan 0% :

- a. Semen = $\frac{8}{20} \times 22,318 = 8,927$ kg
- b. *Fly Ash* = $\frac{8}{20} \times 0 = 0$ kg
- c. Air = $\frac{8}{20} \times 12,670 = 5,068$ lt
- d. Pasir = $\frac{8}{20} \times 52,416 = 20,967$ kg

$$e. \text{ Kerikil} = \frac{8}{20} \times 70,140 = 28,056 \text{ kg}$$

Perlakuan 5% :

$$a. \text{ Semen} = \frac{8}{20} \times 21,436 = 8,574 \text{ kg}$$

$$b. \text{ Fly Ash} = \frac{8}{20} \times 1,128 = 21,235 \text{ kg}$$

$$c. \text{ Air} = \frac{8}{20} \times 12,318 = 4,927 \text{ lt}$$

$$d. \text{ Pasir} = \frac{8}{20} \times 53,089 = 21,235 \text{ kg}$$

$$e. \text{ Kerikil} = \frac{8}{20} \times 71,040 = 28,416 \text{ kg}$$

Perlakuan 10% :

$$a. \text{ Semen} = \frac{8}{20} \times 20,545 = 4,787 \text{ kg}$$

$$b. \text{ Fly Ash} = \frac{8}{20} \times 2,283 = 0,913 \text{ kg}$$

$$c. \text{ Air} = \frac{8}{20} \times 11,967 = 4,787 \text{ lt}$$

$$d. \text{ Pasir} = \frac{8}{20} \times 53,707 = 21,483 \text{ kg}$$

$$e. \text{ Kerikil} = \frac{8}{20} \times 71,867 = 28,747 \text{ kg}$$

Perlakuan 15% :

$$a. \text{ Semen} = \frac{8}{20} \times 19,904 = 7,961 \text{ kg}$$

$$b. \text{ Fly Ash} = \frac{8}{20} \times 3,512 = 1,405 \text{ kg}$$

$$\text{c. Air} = \frac{8}{20} \times 11,789 = 4,716 \text{ lt}$$

$$\text{d. Pasir} = \frac{8}{20} \times 54,115 = 21,646 \text{ kg}$$

$$\text{e. Kerikil} = \frac{8}{20} \times 72,413 = 28,965 \text{ kg}$$

Berikut ini adalah tabel rancangan mix desain yang dimodifikasi yang dapat dilihat pada tabel :

Tabel 4.11 Formulir Desain Beton dengan semen portland/ *fly ash* (0%)

Tahap	Item	Jenis	Refrensi/ Perhitungan	Nilai	
1	1.1	Strength karakteristik	Ditetapkan 20 N/mm ²	28 hari	
			Cacat	%	
	1.2	Standar Deviasi	Tabel 4.5	-	N/mm ²
	1.3	Margin	(k =) x =	-	N/mm ²
			ditetapkan =	12	N/mm ²
	1.4	Target strength rata-rata	20 + 12 =	32	N/mm ²
	1.5	Tipe Semen	Ditetapkan	PPC	
	1.6	Tipe agregat, kasar Tipe agregat, halus	Pecah Alami		
1.7	FAS	Tabel 4.6 Gambar 4.1 ambil terendah	0,62		
1.8	Maksimum FAS	Ditetapkan	0,6		
2	2.1	Slump	Ditetapkan	slum = 60-80 mm	
	2.2	Ukuran agregat maks. a. Proporsi dari Fly Ash	Ditetapkan	20 mm	
			Ditetapkan	P = 0 %	
	2.3	Kandungan air bebas	Tabel 4.8	205 - 0 = 205	kg/m ³
3	3.1	Kadar Semen Portland	C =	330,64 kg/m ³	
	3.2	Kadar Fly Ash	F =	0 kg/m ³	
	3.3	Total	C + F =	330,64 kg/m ³	
	3.4	Kadar Semen maks.	Ditetapkan	- kg/m ³	
	3.5	Kadar Semen min.	Lihat tabel 4.9 Ditetapkan	275 kg/m ³	
	3.6	Modifikasi FAS			
	3.7	W/(C+F)	205 : 330,64 =	0,62	
	3.8	Rasio FAS maksimum	Ditetapkan	0,60	
4	4.1	Kelembaban relatif agg.	Pasir = 9,87% Kerikil = 0,33%		
	4.2	Kepadatan beton	Gambar 4.2	2334 kg/m ³	
	4.3	Total kadar agregat	2334 - 330,64 - 205 =	1798,36 kg/m ³	
5	5.1	Grading agregat			
	5.2	Proporsi agregat halus	Gambar 4.2	43 %	
	5.3	Kadar agregat halus	1798,36 x 43% =	773,29 kg/m ³	
	5.4	Kadar agregat kasar	1798,36 - 773,29 =	1025,07 kg/m ³	

Tabel 4.12 Formulir Desain Beton dengan semen portland/ *fly ash* (5%)

Tahap	Item	Jenis	Refrensi/ Perhitungan	Nilai
1	1.1	Strength karakteristik	Ditetapkan 20 N/mm ²	28 hari
			Cacat	%
	1.2	Standar Deviasi	Tabel 4.5	- N/mm ²
	1.3	Margin	(k =) x =	- N/mm ²
			ditetapkan =	12 N/mm ²
	1.4	Target strength rata-rata	20 + 12 =	32 N/mm ²
	1.5	Tipe Semen	Ditetapkan	PPC
	1.6	Tipe agregat, kasar Tipe agregat, halus	Pecah Alami	
	1.7	FAS	Tabel 4.6 Gambar 4.1 ambil terendah	0,62
1.8	Maksimum FAS	Ditetapkan	0,6	
2	2.1	Slump	Ditetapkan	slum = 60-80 mm
	2.2	Ukuran agregat maks. a. Proporsi dari Fly Ash	Ditetapkan	20 mm
			Ditetapkan	P = 5 %
	2.3	Kandungan air bebas	Tabel 4.8	205 - 5 = 200 kg/m ³
3	3.1	Kadar Semen Portland		C = 317,57 kg/m ³
	3.2	Kadar Fly Ash		F = 16,71 kg/m ³
	3.3	Total		C+ F = 334,28 kg/m ³
	3.4	Kadar Semen maks.	Ditetapkan	- kg/m ³
	3.5	Kadar Semen min.	Lihat tabel 4.9 Ditetapkan	275 kg/m ³
	3.6	Modifikasi FAS		
	3.7	W/(C+F)	200 : 334,28 =	0,60
	3.8	Rasio FAS maksimum	Ditetapkan	0,60
4	4.1	Kelembaban relatif agg.	Pasir = 9,87% Kerikil = 0,33%	
	4.2	Kepadatan beton	Gambar 4.2	2339 kg/m ³
	4.3	Total kadar agregat	2339 - 317,57 - 200 =	1821,43 kg/m ³
5	5.1	Grading agregat		
	5.2	Proporsi agregat halus	Gambar 4.2	43 %
	5.3	Kadar agregat halus	1821,43 x 43% =	783,21 kg/m ³
	5.4	Kadar agregat kasar	1821,43 - 783,21 =	1038,22 kg/m ³

Tabel 4.13 Formulir Desain Beton dengan semen portland/ *fly ash* (10%)

Tahap	Item	Jenis	Refrensi/ Perhitungan	Nilai
1	1.1	Strength karakteristik	Ditetapkan 20 N/mm ²	28 hari
			Cacat	%
	1.2	Standar Deviasi	Tabel 4.5	- N/mm ²
	1.3	Margin	(k =) x =	- N/mm ²
			ditetapkan =	12 N/mm ²
	1.4	Target strength rata-rata	20 + 12 =	32 N/mm ²
	1.5	Tipe Semen	Ditetapkan	PPC
	1.6	Tipe agregat, kasar Tipe agregat, halus	Pecah Alami	
	1.7	FAS	Tabel 4.6 Gambar 4.1 ambil terendah	0,62
1.8	Maksimum FAS	Ditetapkan	0,6	
2	2.1	Slump	Ditetapkan	slum = 60-80 mm
	2.2	Ukuran agregat maks. a. Proporsi dari Fly Ash	Ditetapkan	20 mm
			Ditetapkan	P = 10 %
	2.3	Kandungan air bebas	Tabel 4.8	205 - 10 = 195 kg/m ³
3	3.1	Kadar Semen Portland		C = 304,37 kg/m ³
	3.2	Kadar Fly Ash		F = 33,82 kg/m ³
	3.3	Total		C+ F = 338,19 kg/m ³
	3.4	Kadar Semen maks.	Ditetapkan	- kg/m ³
	3.5	Kadar Semen min.	Lihat tabel 4.9 Ditetapkan	275 kg/m ³
	3.6	Modifikasi FAS		
	3.7	W/(C+F)	200 : 334,28 =	0,58
	3.8	Rasio FAS maksimum	Ditetapkan	0,60
4	4.1	Kelembaban relatif agg.	Pasir = 9,87% Kerikil = 0,33%	
	4.2	Kepadatan beton	Gambar 4.2	2342 kg/m ³
	4.3	Total kadar agregat	2342 - 304,37 - 195 =	1842,63 kg/m ³
5	5.1	Grading agregat		
	5.2	Proporsi agregat halus	Gambar 4.2	43 %
	5.3	Kadar agregat halus	1842,63 x 43% =	792,33 kg/m ³
	5.4	Kadar agregat kasar	1842,63 - 792,33 =	1050,28 kg/m ³

Tabel 4.14 Formulir Desain Beton dengan semen portland/ *fly ash* (15%)

Tahap	Item	Jenis	Refrensi/ Perhitungan	Nilai
1	1.1	Strength karakteristik	Ditetapkan 20 N/mm ²	28 hari
			Cacat	%
	1.2	Standar Deviasi	Tabel 4.5	- N/mm ²
	1.3	Margin	(k =) x =	- N/mm ²
			ditetapkan =	12 N/mm ²
	1.4	Target strength rata-rata	20 + 12 =	32 N/mm ²
	1.5	Tipe Semen	Ditetapkan	PPC
	1.6	Tipe agregat, kasar Tipe agregat, halus	Pecah Alami	
	1.7	FAS	Tabel 4.6 Gambar 4.1 ambil terendah	0,62
1.8	Maksimum FAS	Ditetapkan	0,6	
2	2.1	Slump	Ditetapkan	slum = 60-80 mm
	2.2	Ukuran agregat maks. a. Proporsi dari Fly Ash	Ditetapkan	20 mm
			Ditetapkan	P = 15 %
	2.3	Kandungan air bebas	Tabel 4.8 205 - 12,5 =	192,5 kg/m ³
3	3.1	Kadar Semen Portland		C = 294,87 kg/m ³
	3.2	Kadar Fly Ash		F = 52,03 kg/m ³
	3.3	Total		C+ F = 349,90 kg/m ³
	3.4	Kadar Semen maks.	Ditetapkan -	kg/m ³
	3.5	Kadar Semen min.	Lihat tabel 4.9 Ditetapkan 275	kg/m ³
	3.6	Modifikasi FAS		
	3.7	W/(C+F)	192,5 : 349,9 =	0,55
	3.8	Rasio FAS maksimum	Ditetapkan	0,60
4	4.1	Kelembaban relatif agg.	Pasir = 9,87% Kerikil = 0,33%	
	4.2	Kepadatan beton	Gambar 4.2	2344 kg/m ³
	4.3	Total kadar agregat	2344 - 294,87 - 192,5 =	1856,63 kg/m ³
5	5.1	Grading agregat		
	5.2	Proporsi agregat halus	Gambar 4.2	43 %
	5.3	Kadar agregat halus	1856,63 x 43% =	798,35 kg/m ³
	5.4	Kadar agregat kasar	1856,63 - 798,35 =	1058,28 kg/m ³

Tabel 4.15 Susunan campuran beton setiap 1m³

Bahan	Perlakuan			
	0%	5%	10%	15%
Semen (kg)	330,64	317,57	304,37	294,87
<i>Fly ash</i> (kg)	0	16,71	33,82	52,03
Air (kg)	205	200	195	192,5
Pasir (kg)	773,29	783,21	792,33	798,35
Kerikil (kg)	1025,07	1038,22	1050,30	1058,28
Berat total (kg)	2334,00	2355,71	2375,82	2396,03

Sumber : Hasil Penelitian 2013

Tabel 4.16 Jumlah Bahan yang telah dikoreksi terhadap Kadar Air Sesungguhnya (volume/m³).

Bahan	Perlakuan			
	0%	5%	10%	15%
Semen (kg/m ³)	330,64	317,57	304,37	294,87
<i>Fly ash</i> (kg/m ³)	0	16,71	33,82	52,03
Air (kg/m ³)	187,709	182,487	177,283	174,648
Pasir (kg/m ³)	776,538	786,499	795,658	801,703
Kerikil (kg/m ³)	1039,113	1052,444	1064,689	1072,778

Sumber : Hasil Penelitian 2013

Tabel 4.17 Jumlah Bahan yang dibutuhkan untuk 20 kubus 15x15x15cm (volume/m³).

Bahan	Perlakuan			
	0%	5%	10%	15%
Semen (kg/m ³)	22,318	21,436	20,545	19,904
<i>Fly ash</i> (kg/m ³)	0,000	1,128	2,283	3,512
Air (kg/m ³)	12,670	12,318	11,967	11,789
Pasir (kg/m ³)	52,416	53,089	53,707	54,115
Kerikil (kg/m ³)	70,140	71,040	71,867	72,413

Sumber : Hasil Penelitian 2013

Tabel 4.18 Jumlah Bahan yang dibutuhkan untuk 8 kubus 15x15x15cm (volume/m³).

Bahan	Perlakuan			
	0%	5%	10%	15%
Semen (kg/m ³)	8,927	8,574	8,218	7,961
Fly ash (kg/m ³)	0,000	0,451	0,913	1,405
Air (kg/m ³)	5,068	4,927	4,787	4,716
Pasir (kg/m ³)	20,967	21,235	21,483	21,646
Kerikil (kg/m ³)	28,056	28,416	28,747	28,965

Sumber : Hasil penelitian 2013

4.3. Pengujian Beton

Setelah dilakukan pengujian beton didapat data-data sebagai berikut :

4.3.1. Pengujian Slump

Dari hasil pengujian slump didapat nilai rata-rata sebesar 12 cm, berarti memenuhi nilai slump rencana 6-18cm, sehingga kekentalan memenuhi syarat. Untuk pengujian slump dapat dilihat pada lampiran F.

4.3.2. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan agar dapat mengetahui komposisi penambahan *fly ash* yang sesuai untuk campuran beton.

Dari hasil perhitungan kuat tekan beton dengan persentase penambahan *fly ash* umur 28 hari dengan kuat tekan rencana $f_c'20$ Mpa, dapat dilihat pada lampiran

1. Analisa pengujian kuat tekan beton dengan $f_c' 20$ Mpa umur beton 28 hari.

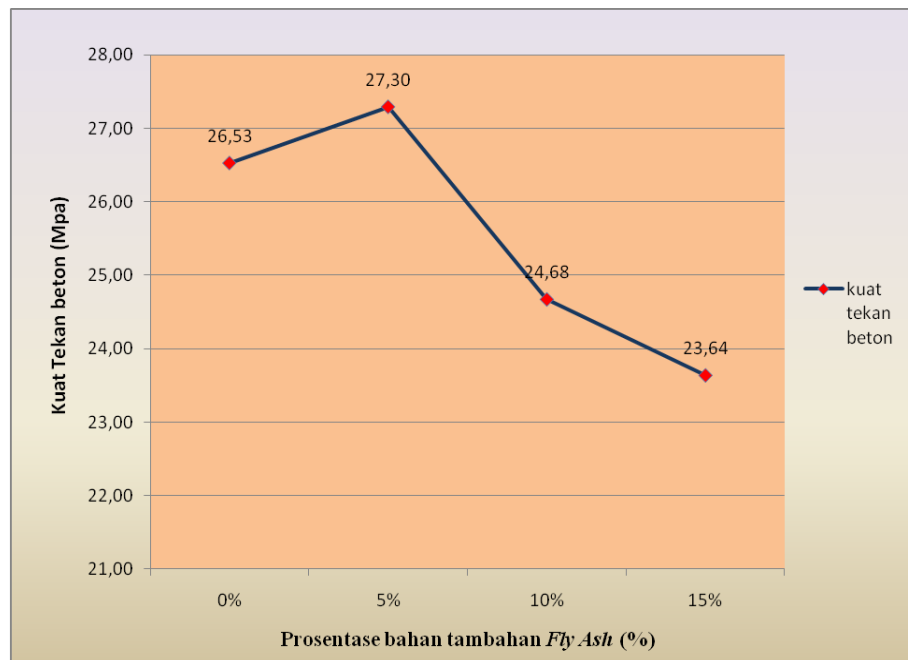
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Pengujian Kuat Tekan Beton dengan $F_c'20$ Mpa Umur 28 Hari

Tambahan <i>fly ash</i>	Umur beton	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Standart Deviasi	Kuat Tekan Karakteristik (%)
0%	28 hari	26,53	2,53	2,31
5%	28 hari	27,30	2,87	2,35
10%	28 hari	24,68	2,34	2,15
15%	28 hari	23,64	2,28	2,06

Sumber : Hasil Penelitian 2013

Dari hasil perhitungan kuat tekan beton dengan kuat rencana $f_c'20$ Mpa dengan prosentase penambahan *fly ash* pada umur 28 hari dari tabel di atas, didapatkan komposisi penambahan *fly ash* teroptimal pada prosentase 5% dengan kuat tekan hancur = 27,30 Mpa, standart deviasi = 2,87 Mpa dan Kuat tekan karakteristik = 2,35 %.

4.3.3. Hubungan Prosentase Penambahan *Fly Ash* terhadap Kuat Tekan Beton

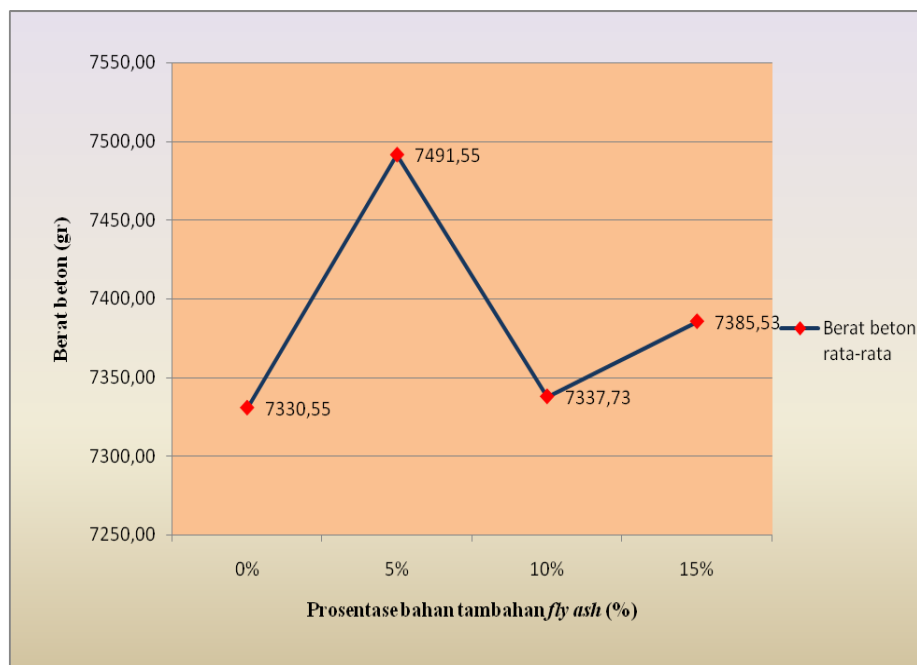


Sumber : Hasil Penelitian 2013

Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Prosentase Bahan Tambahan *Fly Ash* terhadap Kuat Tekan Beton

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara kuat tekan beton dengan persentase penambahan *fly ash*, pada umur 28 hari. Dari rangkaian grafik di atas pada persentase penambahan *fly ash* sebesar 5% kuat tekan mengalami kenaikan kuat tekan yang paling optimum. Sedangkan pada penambahan *fly ash* sebesar 10% dan 15% kuat tekan menjadi menurun. Hal ini terjadi karena pengikatan semen menjadi berkurang akibat terlalu banyak penambahan *fly ash* dan bahan tambah memiliki ketentuan optimum untuk dapat meningkatkan kuat tekan beton, bukan berarti dengan semakin banyak bahan tambah akan meningkatkan kuat tekan beton, justru malah mengurangi kekuatan beton. Dan untuk penambahan bahan tambah menggunakan bahan tambah *fly ash* kadar optimum didapatkan dengan menambahkan *fly ash* sebesar 5%.

4.3.4 Hubungan Prosentase Penambahan *Fly Ash* terhadap Berat Beton

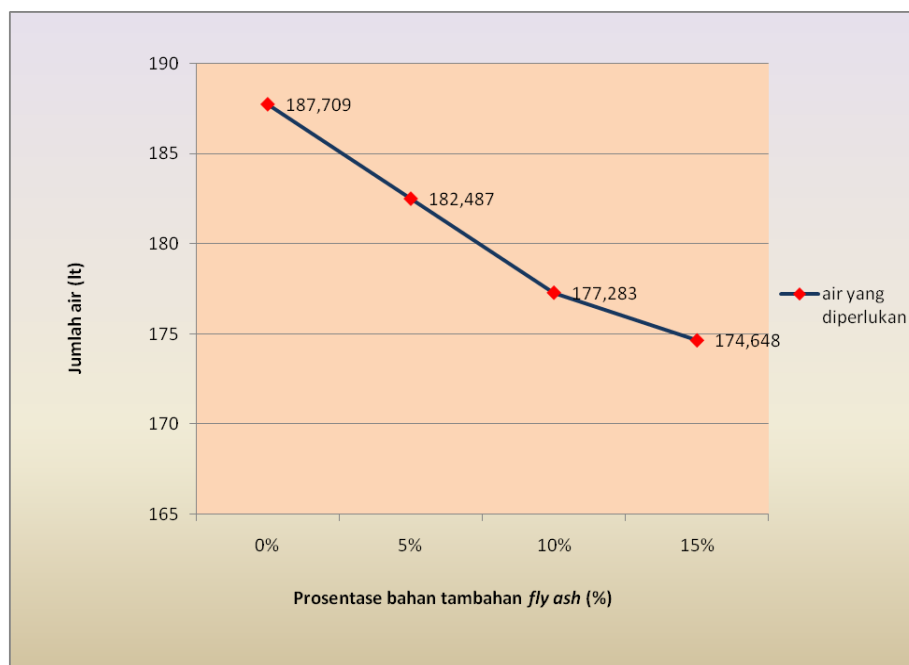


Sumber : Hasil Penelitian 2013

Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Prosentase Bahan Tambahan *Fly Ash* terhadap Berat Beton

Diagram di atas menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan *fly ash*, tidak berpengaruh terhadap berat beton. Hal ini disebabkan karena berat jenis *fly ash* sendiri yang ringan sedangkan dalam campuran beton tidak mengurangi komposisi material, sehingga dengan prosentase penambahan *fly ash* tidak mempengaruhi berat beton.

4.3.5. Hubungan Prosentase Penambahan *Fly Ash* terhadap Jumlah Air

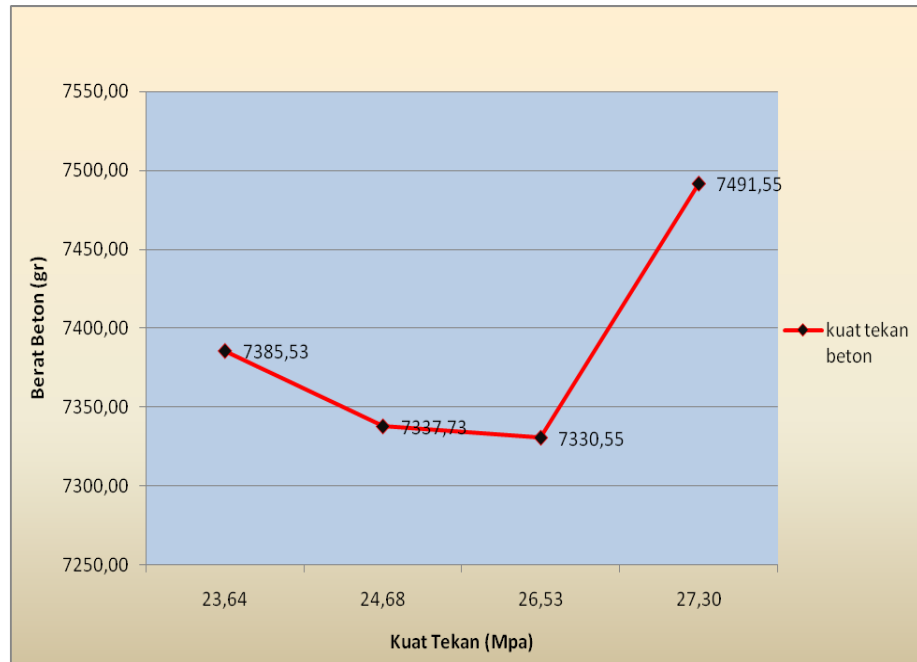


Sumber : Hasil Penelitian 2013

Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Prosentase Bahan Tambahan *Fly Ash* terhadap Jumlah Air

Diagram di atas menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan *fly ash*, semakin sedikit air yang yang diperlukan karena adanya reduksi air seiring bertambahnya prosentase *fly ash*.

4.3.6. Hubungan Kuat Tekan terhadap Berat Beton.

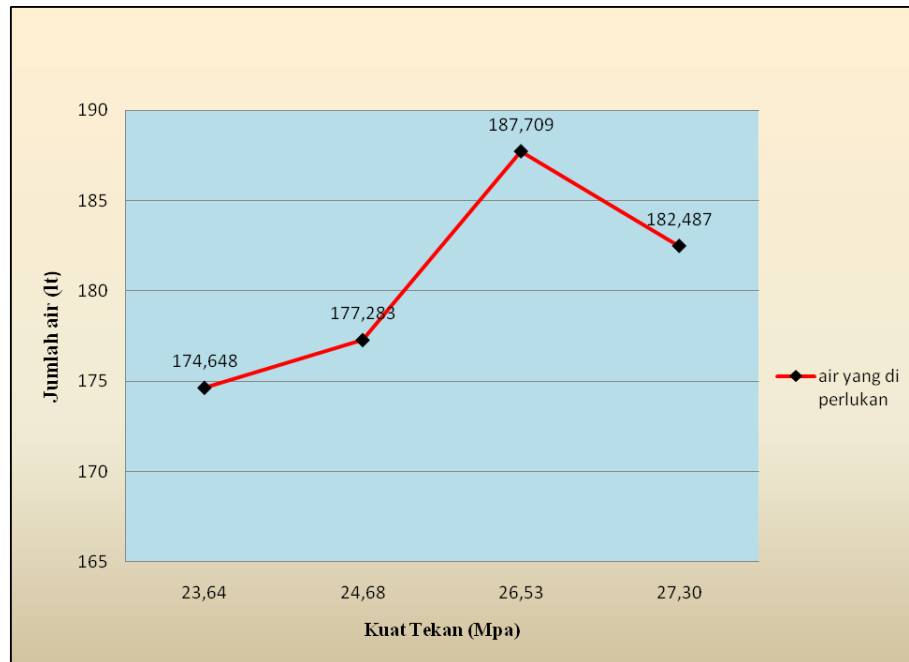


Sumber : Hasil Penelitian 2013

Gambar 4.7 Grafik hubungan antara kuat tekan beton terhadap berat beton

Diagram di atas menunjukkan bahwa kuat tekan maksimum berada pada berat beton yang paling maksimum. Tetapi tidak berlaku pada kuat tekan lainnya, malah berat beton semakin kecil tetapi kuat tekannya semakin besar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa berat beton tidak berpengaruh terhadap kuat tekannya.

4.3.7. Hubungan Kuat Tekan Beton terhadap Jumlah Air



Sumber : Hasil Penelitian 2013

Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton terhadap Jumlah Air

Diagram di atas menunjukkan bahwa pada kuat tekan 26,53 Mpa penambahan airnya semakin banyak. Semakin kuat, kuat tekannya semakin banyak penambahan air yang terjadi. Tetapi pada kuat tekan tertinggi, jumlah airnya agak berkurang.

4.3.8 Perhitungan Standart Deviasi

Dari pengujian kuat tekan beton diperoleh hasil perhitungan standart deviasi untuk penambahan *fly ash* sebesar :

- a. 0% = 2,34
- b. 5% = 2,87
- c. 10% = 2,34
- d. 15% = 2,28

Dari perhitungan di atas diperoleh kesimpulan bahwa nilai standart deviasi (sd) didapatkan kriteria “memuaskan” untuk pengendalian mutu pengerjaan beton (dapat dilihat pada tabel 2.5).

BAB 5. PENUTUP

4.4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dapat diambil kesimpulan dari hasil pengujian yaitu :

1. Pada persentase penambahan *fly ash* sebesar 5% kuat tekan mengalami kenaikan paling optimum. Sedangkan pada penambahan *fly ash* sebesar 10% dan 15% kuat tekan menjadi menurun. Hal ini terjadi karena pengikatan semen menjadi berkurang akibat terlalu banyak penambahan *fly ash* dan bahan tambah memiliki ketentuan optimum untuk dapat meningkatkan kuat tekan beton, bukan berarti dengan semakin banyak bahan tambah akan meningkatkan kuat tekan beton, justru malah mengurangi kekuatan beton. Dan untuk penambahan bahan tambah menggunakan bahan tambah *fly ash* kadar optimum didapatkan dengan menambahkan *fly ash* sebesar 5%.
2. Kuat tekan rata-rata tertinggi terdapat pada prosentase penambahan 5% limbah batubara *fly ash* sebesar 27,30 Mpa pada umur 28 hari, dengan kuat tekan rencana sebesar $f_c'20$ Mpa.

4.5 Saran

Beberapa saran terkait dengan hasil penelitian yang telah dilaksanakan adalah :

1. Untuk penelitian lanjutan, sebaiknya prosentase penambahan *fly ash* di buat lebih *variatif* dengan range yang lebih kecil seperti 0%, 1,5% ; 3%, 3,5% ; 5% ; 8%.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan benda uji seperti paving block, batako, genteng beton dll.

DAFTAR PUSTAKA

- Nugraha, Paul & Antoni, 2007. *TEKNOLOGI BETON dari Material, Pembuatan, ke beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta : C.V Andi Offset (Penerbit ANDI).
- Politeknik Negeri Malang. 2006. *Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal (Standar SK. SNI T-15-1990-03)*, Politeknik Negeri Malang.
- Prabowo, Eko. 2011. *Pengujian Kuat Tekan beton dengan Memanfaatkan Limbah Batubara (Bottom Ash) Sebagai Bahan Tambahan Semen Pada Campuran Beton*. Jember.
- Prismasari, Yolita. 2009. *Evaluasi Kuat Tekan Beton Yang Memanfaatkan Tempurung Kemiri Sebagai Pengganti Agregat Kasar*. Jember.
- Shalahuddin, Muhammad. 2009. *Pengaruh Penambahan Fly Ash Batubara Campur Kayu Pada Kuat Tekan Beton*. Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Subakti, Aman. *Mixed Desain Beton Normal dengan Metode DOE & ACI*.
- Universitas Jember. 2009. *Modul Praktikum Teknologi Beton*. Laboratorium Struktur Program Studi Teknik Sipil. Universitas Jember.
- UPT Penerbitan Universitas Jember. 2009. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Edisi Ketiga. Jember. UPT Penerbitan Universitas Jember.

LAMPIRAN A

A. PENGUJIAN SEMEN

1. Berat Jenis Semen

Tabel A.1 Berat Jenis Semen (PPC)

Percobaan Nomor	1	2	3
Berat semen (W_1), gr	50,8	50,6	50,6
Berat semen + minyak + picnometer (W_2), gr	152,6	149,4	152
Berat minyak + picnometer (W_3), gr	115	111,4	113,8
Bj semen $\frac{0,8 \times W_1}{W_1 - W_2 + W_3}$	3,08	3,21	3,26
Bj semen rata-rata		3,19	

Catatan : 0,8 = berat jenis minyak tanah

Sumber : Hasil Penelitian 2013

2. Berat Volume Semen

Tabel A.2 Berat Volume Semen (PPC)

Percobaan Nomor	Dengan Rojokan		Tanpa Rojokan	
	1	2	1	2
Berat Silinder (W_1), gr	6860	6860	6860	6860
Berat Silinder + Semen (W_2), gr	10477	10561	10183	10151
Berat Semen ($W_2 - W_1$), gr	3617	3701	3323	3291
Volume Silinder (V), cm ³	3073,56	3073,56	3073,56	3073,56
$BV_{semen} = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \text{ gr/cm}^3$	1,18	1,20	1,08	1,07
Rata-rata, gr/cm ³	1,19		1,08	
Total Rata-rata, gr/cm ³	1,13			

Sumber : Hasil Penelitian 2013

LAMPIRAN B

B. PENGUJIAN FLY ASH

1. Berat Jenis Fly Ash

Tabel B.1 Berat Jenis Fly Ash

Percobaan Nomor	1	2	3
Berat fly ash (W_1), gr	55,5	55,5	55,5
Berat fly ash + minyak + picnometer (W_2), gr	145,9	150,4	148,1
Berat minyak + picnometer (W_3), gr	104,9	108,6	106,7
Bj fly ash $\frac{0.8xW_1}{W_1 - W_2 + W_3}$	3,06	3,24	3,15
Bj fly ash rata-rata	3,15		

Sumber : Hasil Penelitian 2013

2. Berat Volume Fly Ash

Tabel B.2 Berat Volume Fly Ash

Percobaan Nomor	Dengan Rojokan		Tanpa Rojokan	
	1	2	1	2
Berat Silinder (W_1), gr	6860	6860	6860	6860
Berat Silinder + fly ash (W_2), gr	10839	10747	10441	10348
Berat fly ash ($W_2 - W_1$), gr	3979	3887	3581	3488
Volume Silinder (V), cm ³	3073,56	3073,56	3073,56	3073,56
$BV = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \text{ gr/cm}^3$	1,29	1,26	1,17	1,13
Rata-rata, gr/cm ³	1,28		1,15	
Total Rata-rata, gr/cm ³	1,21			

Sumber : Hasil Penelitian 2013

LAMPIRAN C

C. PENGUJIAN AGREGAT HALUS

1. Analisa Saringan Pasir

Tabel C. 1 Analisa Saringan Pasir

Saringan		Tinggal saringan		% Kumulatif	
Nomor	mm	Gram	%	Tinggal	Lolos
4	4,27	21,40	2,14	2,14	97,86
8	2,38	161,60	16,16	18,30	81,70
16	1,19	200,00	20,00	38,30	61,70
30	0,59	26,34	26,34	64,64	35,36
50	0,297	18,26	18,26	82,90	17,10
100	0,149	9,00	9,00	91,90	8,10
Pan	0	8,10	8,10	100,00	0,00
Jumlah		1000	100	298,18	

$$\text{Modulus kehalusan} = \frac{298,18}{100} = 2,98$$

Sumber : Hasil Penelitian 2013

2. Berat Jenis Pasir

Tabel C.2 Berat Jenis Pasir

Percobaan nomor	1	2	3
Berat picnometer + air + pasir (W_2) , gr	165,2	163	165
Berat pasir SSD (V_1) , gr	50	50	50
Berat picnometer + air (V_3) , gr	134,8	132,8	134
BJ = $\frac{W_1}{(V_1 - W_2 - W_3)}$	2,55	2,53	2,63
BJ pasir rata-rata	2,57		

Sumber : Hasil Penelitian 2013

3. Berat Volume Pasir

Tabel C.3 Berat Volume Pasir

Percobaan Nomor	Tanpa Rojokan		Dengan Rojokan	
	1	2	1	2
Berat Silinder (W_1), gr	10600	10600	10600	10600
Berat Silinder + pasir (W_2), gr	14560	14559	14770	14771
Berat pasir ($W_2 - W_1$), gr	3960	3959	4170	4171
Volume Silinder (V), cm ³	3375	3375	3375	3375
$BV = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \text{ gr/cm}^3$	1,173	1,173	1,236	1,236
Rata-rata, gr/cm ³	1,173		1,236	
Total Rata-Rata, gr/cm ³	1,204			

Sumber : Hasil Penelitian 2013

4. Kelembaban Pasir

Tabel C.4 Kelembaban Pasir

Percobaan nomor	1	2	3
Berat pasir asli (W_1), gr	250	250	250
Berat pasir oven (W_2), gr	227,6	227,6	227,4
Kelembaban = $\frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100 \%$	9,84%	9,84%	9,94%
Kelembaban pasir rata-rata	9,87%		

Sumber : Hasil Penelitian 2013

5. Air Resapan Pasir

Tabel C.5 Berat Jenis Pasir

Percobaan nomor	1	2	3
Berat pasir asli (W_1), gr	100	100	100
Berat pasir oven (W_2), gr	91	90,6	90,4
KAR = $\frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100 \%$	9,89%	10,38%	10,62%
KAR pasir rata-rata	10,29%		

Sumber : Hasil Penelitian 2013

6. Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur

Tabel C.6 Kebersihan Pasir terhadap Lumpur

Percobaan nomor	1	2	3
Tinggi Lumpur (h)	0,20	0,25	0,15
Tinggi Pasir (H)	5,6	5,7	5,3
Kadar Lumpur = $\frac{h}{H} \times 100\%$	4,46%	3,509%	2,83%
Kadar Lumpur rata-rata	3,599%		

Sumber : Hasil Penelitian 2013

LAMPIRAN D

D. PENGUJIAN AGREGAT KASAR

1. Analisa Saringan Kerikil

Tabel D. 1 Analisa Saringan Kerikil

Saringan		Tinggal saringan		% Kumulatif	
Nomor	Mm	Gram	%	Tinggal	Lolos
3"	76,2	0,00	0,00	0,00	100,00
3/2"	38,1	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	335,30	16,77	16,77	83,24
4	4,76	1435,00	71,75	88,52	11,49
8	2,38	165,40	8,27	96,79	3,22
16	1,19	5,50	0,28	97,06	2,94
30	0,59	5,60	0,28	97,34	2,66
50	0,297	4,40	0,22	97,56	2,44
100	1,149	5,50	0,28	97,84	2,17
Pan	0	43,30	2,17	100,00	0,00
Jumlah		2000	100	591,86	

$$\text{Modulus kehalusan} = \frac{591,86}{100} = 5,918$$

Sumber : Hasil Penelitian 2013

2. Berat Jenis Kerikil

Tabel D. 2 Berat Jenis Kerikil

Percobaan nomor	1	2	3
Berat kerikil di udara (W_1) , gr	165,2	163	165
Berat kerikil di air (W_2) , gr	50	50	50
$BJ = \frac{W_1}{W_1 - W_2}$	2,56	2,58	2,59
BJ kerikil rata-rata	2,58		

Sumber : Hasil Penelitian 2013

3. Berat Volume Kerikil

Tabel D.3 Berat Volume Kerikil

Percobaan Nomor	Dengan Rojokan		Tanpa Rojokan	
	1	2	1	2
Berat Silinder (W_1), gr	11520	11520	11520	11520
Berat Silinder + kerikil (W_2), gr	16550	16540	16100	16270
Berat kerikil ($W_2 - W_1$), gr	5030	5020	4580	4750
Volume Silinder (V), cm ³	3375	3375	3375	3375
$BV = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \text{ gr/cm}^3$	1,490	1,487	1,357	1,407
Rata-rata, gr/cm ³	1,489		1,382	
Total Rata-rata, gr/cm ³	1,436			

Sumber : Hasil Penelitian 2013

4. Kelembaban Kerikil

Tabel D.4 Kelembaban Kerikil

Percobaan nomor	1	2	3
Berat kerikil asli (W_1), gr	500	500	500
Berat kerikil oven (W_2), gr	497	499	499
Kelembaban = $\frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100 \%$	0,60%	0,20%	0,20%
Kelembaban kerikil rata-rata	0,33%		

Sumber : Hasil Penelitian 2013

5. Air Resapan Kerikil

Tabel D.5 Air Resapan Kerikil

Percobaan nomor	1	2	3
Berat kerikil asli (W_1), gr	500	500	500
Berat kerikil oven (W_2), gr	492	491	492
KAR = $\frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100 \%$	1,63%	1,83%	1,63%
KAR kerikil rata-rata	1,70%		

Sumber : Hasil Penelitian 2013

6. Kebersihan Kerikil terhadap Lumpur

Tabel D.6 Kebersihan Kerikil terhadap Lumpur

Percobaan nomor	1	2	3
Berat kerikil asli (W1)	500	500	500
Berat kerikil cuci + oven (W2)	495,56	496,42	495,28
Kadar Lumpur = $\frac{(W1 - W2)}{W1} \times 100\%$	0,89%	0,72%	0,94%
Kadar Lumpur rata-rata	0,85%		

Sumber : Hasil Penelitian 2013

LAMPIRAN E

E. DATA PENGAMATAN DAN PERHITUNGAN

Tabel E.1 Susunan Campuran Beton Setiap 1m³

Bahan	Perlakuan			
	0%	5%	10%	15%
Semen (kg)	330,64	317,57	304,37	294,87
Air (kg)	205	200	195	192,5
<i>Fly ash</i> (kg)	0	16,71	33,82	52,03
Pasir (kg)	773,29	783,21	792,33	798,35
Kerikil (kg)	1025,07	1038,22	1050,30	1058,28
Berat total (kg)	2334,00	2355,71	2375,82	2396,03

Sumber : Hasil Penelitian 2013

Tabel E.2 Jumlah Bahan yang Telah Dikoreksi terhadap Kadar Air Sesungguhnya (volume/m³).

Bahan	Perlakuan			
	0%	5%	10%	15%
Semen (kg/m ³)	330,64	317,57	304,37	294,87
Air (kg/m ³)	187,709	182,487	177,283	174,648
<i>Fly ash</i> (kg/m ³)	0	16,71	33,82	52,03
Pasir (kg/m ³)	776,538	786,499	795,658	801,703
Kerikil (kg/m ³)	1039,113	1052,444	1064,689	1072,778

Sumber : Hasil Penelitian 2013

Tabel E.3 Jumlah Bahan yang Dibutuhkan untuk 20 Kubus 15x15x15cm (volume/m³).

Bahan	Perlakuan			
	0%	5%	10%	15%
Semen (kg/m ³)	22,318	21,436	20,545	19,904
Air (kg/m ³)	12,670	12,318	11,967	11,789
<i>Fly ash</i> (kg/m ³)	0,000	1,128	2,283	3,512
Pasir (kg/m ³)	52,416	53,089	53,707	54,115
Kerikil (kg/m ³)	70,140	71,040	71,867	72,413

Sumber : Hasil Penelitian 2013

Tabel E.4 Jumlah Bahan yang Dibutuhkan untuk 8 Kubus 15x15x15cm (volume/m³).

Bahan	Perlakuan			
	0%	5%	10%	15%
Semen (kg/m ³)	8,927	8,574	8,218	7,961
Air (kg/m ³)	5,068	4,927	4,787	4,716
Fly ash (kg/m ³)	0,000	0,451	0,913	1,405
Pasir (kg/m ³)	20,967	21,235	21,483	21,646
Kerikil (kg/m ³)	28,056	28,416	28,747	28,965

Sumber : Hasil Penelitian 2013

LAMPIRAN F

F. HASIL PENGUJIAN SLUMP

Tabel F. Pengujian Slump

No.	Komposisi	Pengadukan	Tanggal	Besar Slump (cm)
1	0%	1	30 April 2013	14
2	0%	2	30 April 2013	12
3	0%	3	30 April 2013	10
4	5%	1	1 Mei 2013	10
5	5%	2	1 Mei 2013	12
6	5%	3	1 Mei 2013	12
7	10%	1	2 Mei 2013	11
8	10%	2	2 Mei 2013	13
9	10%	3	2 Mei 2013	12
10	15%	1	3 Mei 2013	14
11	15%	2	3 Mei 2013	10
12	15%	3	3 Mei 2013	11
Rata-rata				12

LAMPIRAN G

G. HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

G.1 Pengujian Kuat Tekan Beton Penambahan *Fly Ash* 0%

No	Kode	Tgl	Tgl	Umur	Ukuran Sample			Berat	Pembacaan	fc'	(fcr'-fc')	(fcr'-fc') ²	SD	fc'k	
	Pengujian	Pengecoran	Pengujian	(hari)	s (cm)	s (cm)	A (cm ²)	Beton (gr)	Dial (kN)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	
1	A .1	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7360,00	652,16	289,85	-24,53	601,69	25,30	255,95	
2	A .2	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7465,00	672,57	298,92	-33,60	1128,99	25,30	265,02	
3	A .3	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7274,00	546,63	242,95	22,37	500,55	25,30	209,05	
4	A .4	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7362,00	544,70	242,09	23,23	539,66	25,30	208,19	
5	A .5	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7417,00	672,71	298,98	-33,66	1133,18	25,30	265,09	
6	A .6	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7266,00	621,47	276,21	-10,89	118,58	25,30	242,31	
7	A .7	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7316,00	558,92	248,41	16,91	285,97	25,30	214,51	
8	A .8	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7309,00	628,37	279,28	-13,96	194,77	25,30	245,38	
9	A .9	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7281,00	528,16	234,74	30,58	935,25	25,30	200,84	
10	A .10	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7483,00	694,94	308,86	-43,54	1895,96	25,30	274,97	
11	A .11	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7348,00	631,14	280,51	-15,19	230,65	25,30	246,61	
12	A .12	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7142,00	546,26	242,78	22,54	507,93	25,30	208,89	
13	A .13	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7306,00	558,21	248,09	17,23	296,74	25,30	214,20	
14	A .14	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7285,00	535,08	237,81	27,51	756,59	25,30	203,92	
15	A .15	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7153,00	579,49	257,55	7,77	60,35	25,30	223,66	
16	A .16	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7247,00	534,92	237,74	27,58	760,51	25,30	203,85	
17	A .17	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7312,00	557,17	247,63	17,69	312,88	25,30	213,74	
18	A .18	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7486,00	646,80	287,47	-22,15	490,49	25,30	253,57	
19	A .19	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7434,00	671,77	298,56	-33,24	1105,22	25,30	264,67	
20	A .20	30-Apr-13	28-Mei-13	28	15	15	225	7365,00	557,91	247,96	17,36	301,35	25,30	214,06	
Total															
Rata-rata									7330,55	596,97	265,32	5306,39	12157,32	4628,47	231,42

SD = 25,30 (kg/cm²)
fc'k = 231,42 (kg/cm²)

G.2 Pengujian Kuat Tekan Beton Penambahan *Fly Ash* 5%

No	Kode	Tgl	Tgl	Umur	Ukuran Sample			Berat Beton	Pembacaan	fc'	(fcr'-fc')	(fcr'-fc') ²	SD	fc'k
	Pengujian	Pengecoran	Pengujian	(hari)	s (cm)	s (cm)	A (cm ²)	(gr)	Dial (kN)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
1	B.1	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7368,50	697,31	309,92	-36,95	1365,11	28,70	271,46
2	B.2	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7559,00	695,61	309,16	-36,19	1309,84	28,70	270,71
3	B.3	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7475,00	548,95	243,98	28,99	840,45	28,70	205,52
4	B.4	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7509,00	649,23	288,55	-15,58	242,69	28,70	250,09
5	B.5	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7603,00	693,75	308,33	-35,37	1250,69	28,70	269,88
6	B.6	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7513,50	661,31	293,92	-20,95	438,79	28,70	255,46
7	B.7	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7398,00	584,93	259,97	13,00	168,98	28,70	221,52
8	B.8	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7634,50	702,55	312,24	-39,28	1542,62	28,70	273,79
9	B.9	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7519,00	579,61	257,60	15,36	236,05	28,70	219,15
10	B.10	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7459,00	679,71	302,09	-29,13	848,27	28,70	263,64
11	B.11	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7301,00	561,25	249,44	23,52	553,37	28,70	210,99
12	B.12	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7708,00	556,81	247,47	25,50	650,10	28,70	209,02
13	B.13	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7506,00	555,04	246,68	26,28	690,84	28,70	208,23
14	B.14	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7443,50	514,36	228,60	44,36	1968,14	28,70	190,15
15	B.15	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7623,00	674,28	299,68	-26,71	713,52	28,70	261,23
16	B.16	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7370,00	660,63	293,61	-20,65	426,22	28,70	255,16
17	B.17	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7464,50	548,93	243,97	29,00	840,96	28,70	205,52
18	B.18	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7537,00	535,50	238,00	34,97	1222,78	28,70	199,55
19	B.19	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7428,00	610,80	271,47	1,50	2,25	28,70	233,01
20	B.20	01-Mei-13	29-Mei-13	28	15	15	225	7411,50	573,01	254,67	18,30	334,78	28,70	216,22
		Total								5459,36		15646,46		4690,29
		Rata-rata						7491,55	614,18	272,97				234,51

SD = 28,70 (kg/cm²)
fc'k = 234,51 (kg/cm²)

G.3 Pengujian Kuat Tekan Beton Penambahan *Fly Ash* 10%

No	Kode	Tgl	Tgl	Umur	Ukuran Sample			Berat Beton	Pembacaan	fc'	(fcr'-fc')	(fcr'-fc') ²	SD	fc'k
	Pengujian	Pengecoran	Pengujian	(hari)	s (cm)	s (cm)	A (cm ²)	(gr)	Dial (kN)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
1	C.1	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7272,50	542,18	240,97	5,78	33,43	23,44	209,56
2	C.2	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7322,50	568,59	252,71	-5,96	35,47	23,44	221,30
3	C.3	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7261,00	565,58	251,37	-4,62	21,32	23,44	219,96
4	C.4	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7279,00	555,41	246,85	-0,10	0,01	23,44	215,44
5	C.5	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7304,50	563,15	250,29	-3,54	12,52	23,44	218,88
6	C.6	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7379,50	551,89	245,28	1,47	2,15	23,44	213,87
7	C.7	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7408,50	600,79	267,02	-20,27	410,74	23,44	235,61
8	C.8	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7365,00	449,51	199,78	46,97	2206,08	23,44	168,37
9	C.9	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7329,00	575,31	255,69	-8,94	79,96	23,44	224,28
10	C.10	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7298,00	533,25	237,00	9,75	95,08	23,44	205,59
11	C.11	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7274,50	515,16	228,96	17,79	316,52	23,44	197,55
12	C.12	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7320,50	626,36	278,38	-31,63	1000,53	23,44	246,97
13	C.13	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7303,50	614,94	273,31	-26,56	705,20	23,44	241,90
14	C.14	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7366,00	576,50	256,22	-9,47	89,70	23,44	224,81
15	C.15	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7330,50	599,89	266,62	-19,87	394,68	23,44	235,21
16	C.16	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7252,00	427,21	189,87	56,88	3235,33	23,44	158,46
17	C.17	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7415,00	537,69	238,97	7,78	60,49	23,44	207,56
18	C.18	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7431,50	492,12	218,72	28,03	785,74	23,44	187,31
19	C.19	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7406,00	599,50	266,44	-19,69	387,83	23,44	235,03
20	C.20	02-Mei-13	30-Mei-13	28	15	15	225	7435,50	608,77	270,56	-23,81	567,07	23,44	239,15
		Total								4935,02		10439,87		4306,81
		Rata-rata						7337,73	555,19	246,75				215,34

SD = 23,44 (kg/cm²)
fc'k = 215,34 (kg/cm²)

G.4 Pengujian Kuat Tekan Beton Penambahan *Fly Ash* 15%

No	Kode	Tgl	Tgl	Umur	Ukuran Sample			Berat Beton	Pembacaan	fc'	(fcr'-fc')	(fcr'-fc') ²	SD	fc'k	
	Pengujian	Pengecoran	Pengujian	(hari)	s (cm)	s (cm)	A (cm ²)	(gr)	Dial (kN)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	
1	D.1	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7302,50	470,77	209,23	27,17	738,32	22,81	178,66	
2	D.2	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7364,00	543,48	241,55	-5,14	26,46	22,81	210,97	
3	D.3	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7414,00	516,61	229,60	6,80	46,22	22,81	199,03	
4	D.4	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7413,50	510,86	227,05	9,35	87,50	22,81	196,48	
5	D.5	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7408,50	539,22	239,65	-3,25	10,56	22,81	209,08	
6	D.6	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7659,50	520,86	231,49	4,91	24,11	22,81	200,92	
7	D.7	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7333,50	610,70	271,42	-35,02	1226,34	22,81	240,85	
8	D.8	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7435,50	514,93	228,86	7,55	56,93	22,81	198,29	
9	D.9	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7450,00	570,80	253,69	-17,29	298,80	22,81	223,12	
10	D.10	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7472,00	447,46	198,87	37,53	1408,65	22,81	168,30	
11	D.11	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7226,00	545,54	242,46	-6,06	36,71	22,81	211,89	
12	D.12	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7328,50	610,61	271,38	-34,98	1223,54	22,81	240,81	
13	D.13	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7305,00	533,03	236,90	-0,50	0,25	22,81	206,33	
14	D.14	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7471,00	483,19	214,75	21,65	468,81	22,81	184,18	
15	D.15	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7324,00	431,21	191,65	44,75	2002,94	22,81	161,08	
16	D.16	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7298,50	565,55	251,36	-14,95	223,58	22,81	220,78	
17	D.17	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7320,50	500,00	222,22	14,18	201,10	22,81	191,65	
18	D.18	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7446,50	545,07	242,25	-5,85	34,23	22,81	211,68	
19	D.19	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7332,50	554,22	246,32	-9,92	98,34	22,81	215,75	
20	D.20	03-Mei-13	31-Mei-13	28	15	15	225	7405,00	624,03	277,35	-40,94	1676,37	22,81	246,77	
Total															
Rata-rata									7385,53		4728,06		9889,75		4116,63
											236,40			205,83	

SD = 22,81 (kg/cm²)
fc'k = 205,83 (kg/cm²)

LAMPIRAN H

H. CONTOH PERHITUNGAN UNTUK 28 HARI

1. Analisa perhitungan kuat tekan beton dengan penambahan 0% *fly ash* pada umur 28 hari.

- a) Kuat tekan hancur individu (f_{ci})

$$f_{ci} = \frac{P \times 100}{A \times umurhari}$$

P = pembacaan dial

$$A = (15\text{cm} \times 15\text{cm}) = 225 \text{ cm}^2$$

$$\text{Umur hari: } 7 \text{ hari} = 0,56$$

$$14 \text{ hari} = 0,88$$

$$21 \text{ hari} = 0,95$$

$$28 \text{ hari} = 1$$

$$f_{ciA.1} = \frac{652,16\text{kN} \times 100}{225\text{cm}^2 \times 1} = 289,85\text{kg/cm}^2 = 28,98 \text{ Mpa}$$

- b) Kuat tekan hancur rata-rata:

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \frac{\sum f_{ci}}{n} \\ &= \frac{5306,39\text{kg/cm}^2}{20} \\ &= 265,32 \text{ kg/cm}^2 = 26,53 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- c) Standart deviasi (sd)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} (f_{cr} - f_{ci})^2}{n-1}}$$

$$A.1 = (265,32 \text{ kg/cm}^2 - 289,85 \text{ kg/cm}^2)^2 = 601,69$$

$$\sum_{i=1}^{20} (f_{cr} - f_{ci})^2 = 12157,32$$

$$n-1 = 20 - 1 = 19$$

$$s = \sqrt{\frac{12157,32}{19}}$$

$$= 25,30 \text{ kg/cm}^2 = 2,53 \text{ Mpa}$$

d) Kuat tekan karakteristik ($f'c_k$)

$$f'c_k = f_{cr} - (1,34 \times sd)$$

$$= 289,85 \text{ kg/cm}^2 - (1,34 \times 25,30)$$

$$= 255,95 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 25,59 \text{ Mpa}$$

2. Analisa perhitungan kuat tekan beton dengan penambahan 5% *fly ash* pada umur 28 hari.

a) Kuat tekan hancur individu (f_{ci})

$$f_{ci} = \frac{P \times 100}{A \times umurhari}$$

P = pembacaan dial

$$A = (15\text{cm} \times 15\text{cm}) = 225 \text{ cm}^2$$

$$\text{Umur hari: } 7 \text{ hari} = 0,56$$

$$14 \text{ hari} = 0,88$$

$$21 \text{ hari} = 0,95$$

$$28 \text{ hari} = 1$$

$$f_{ciB.1} = \frac{697,31\text{kN} \times 100}{225\text{cm}^2 \times 1} = 309,92\text{kg/cm}^2 = 30,99 \text{ Mpa}$$

b) Kuat tekan hancur rata-rata:

$$F_{cr} = \frac{\sum f_{ci}}{n}$$

$$= \frac{5459,36\text{kg/cm}^2}{20}$$

$$= 272,97 \text{ kg/cm}^2 = 27,30 \text{ Mpa}$$

c) Standart deviasi (sd)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} (fcr - fci)^2}{n-1}}$$

$$B.1 = (272,97 \text{ kg/cm}^2 - 309,92 \text{ kg/cm}^2)^2 = 1365,11$$

$$\sum_{i=1}^{20} (fcr - fci)^2 = 15646,46$$

$$n-1 = 20 - 1 = 19$$

$$s = \sqrt{\frac{15646,46}{19}}$$

$$= 28,70 \text{ kg/cm}^2 = 2,87 \text{ Mpa}$$

d) Kuat tekan karakteristik $(f'c_k)$

$$f'c_k = fcr - (1,34 \times sd)$$

$$= 272,97 \text{ kg/cm}^2 - (1,34 \times 28,70)$$

$$= 271,46 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 27,15 \text{ Mpa}$$

3. Analisa perhitungan kuat tekan beton dengan penambahan 10% *fly ash* pada umur 28 hari.

a) Kuat tekan hancur individu (fci)

$$fci = \frac{P \times 100}{A \times umurhari}$$

P = pembacaan dial

$$A = (15\text{cm} \times 15\text{cm}) = 225 \text{ cm}^2$$

Umur hari: 7 hari = 0,56

14 hari = 0,88

21 hari = 0,95

28 hari = 1

$$fci_{C.1} = \frac{542,18\text{kN} \times 100}{225\text{cm}^2 \times 1} = 240,97\text{kg/cm}^2 = 24,10 \text{ Mpa}$$

b) Kuat tekan hancur rata-rata:

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \frac{\sum f_{ci}}{n} \\
 &= \frac{4935,02 \text{ kg/cm}^2}{20} \\
 &= 246,75 \text{ kg/cm}^2 = 24,68 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

c) Standart deviasi (sd)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} (f_{cr} - f_{ci})^2}{n-1}}$$

$$C.1 = (24,68 \text{ kg/cm}^2 - 240,97 \text{ kg/cm}^2)^2 = 33,43$$

$$\sum_{i=1}^{20} (f_{cr} - f_{ci})^2 = 10439,87$$

$$n-1 = 20 - 1 = 19$$

$$s = \sqrt{\frac{10439,87}{19}}$$

$$= 23,44 \text{ kg/cm}^2 = 2,34 \text{ Mpa}$$

d) Kuat tekan karakteristik (f'_{ck})

$$\begin{aligned}
 f'_{ck} &= f_{cr} - (1,34 \times sd) \\
 &= 246,75 \text{ kg/cm}^2 - (1,34 \times 23,44) \\
 &= 209,56 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 20,96 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

4. Analisa perhitungan kuat tekan beton dengan penambahan 15% *fly ash* pada umur 28 hari.

a) Kuat tekan hancur individu (f_{ci})

$$f_{ci} = \frac{P \times 100}{A \times umurhari}$$

P = pembacaan dial

$$A = (15\text{cm} \times 15\text{cm}) = 225 \text{ cm}^2$$

$$\text{Umur hari: } 7 \text{ hari} = 0,56$$

$$14 \text{ hari} = 0,88$$

$$21 \text{ hari} = 0,95$$

$$28 \text{ hari} = 1$$

$$f_{ciD.1} = \frac{470,77\text{kN} \times 100}{225\text{cm}^2 \times 1} = 209,23\text{kg/cm}^2 = 20,92 \text{ Mpa}$$

b) Kuat tekan hancur rata-rata:

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \frac{\sum f_{ci}}{n} \\ &= \frac{4728,06\text{kg/cm}^2}{20} \\ &= 236,40 \text{ kg/cm}^2 = 23,64 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

c) Standart deviasi (sd)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} (f_{cr} - f_{ci})^2}{n-1}}$$

$$D.1 = (4728,06 \text{ kg/cm}^2 - 209,23 \text{ kg/cm}^2)^2 = 738,32$$

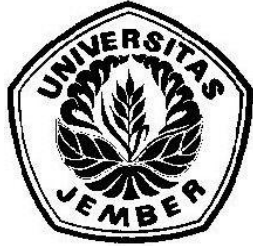
$$\sum_{i=1}^{20} (f_{cr} - f_{ci})^2 = 98889,75$$

$$n-1 = 20 - 1 = 19$$

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{98889,75}{19}} \\ &= 22,81 \text{ kg/cm}^2 = 2,28 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

d) Kuat tekan karakteristik $(f'_{c'k})$

$$\begin{aligned} f'_{c'k} &= f_{cr} - (1,34 \times sd) \\ &= 236,40 \text{ kg/cm}^2 - (1,34 \times 22,81) \\ &= 178,66 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 17,87 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

I. LAPORAN DOKUMENTASI HASIL UJI LABORATORIUM

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

**LAPORAN DOKUMENTASI HASIL UJI
LABORATORIUM**



Fly Ash



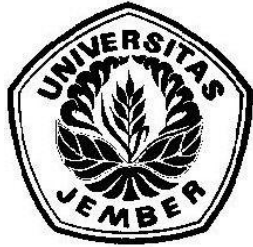
Semen



Pasir dan kerikil



Pengujian Bj semen



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

**LAPORAN DOKUMENTASI HASIL UJI
LABORATORIUM**



Pengujian slump



Pencetakan beton



Beton yang dicetak



Perendaman beton



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

**LAPORAN DOKUMENTASI HASIL UJI
LABORATORIUM**



Pengeringan beton



Pengeringan beton



Penimbangan beton



Alat *compression strenght*



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

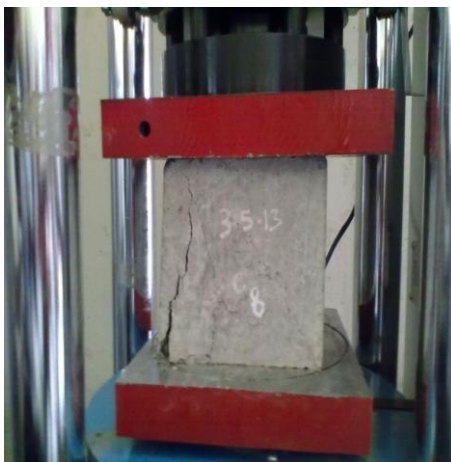
**LAPORAN DOKUMENTASI HASIL UJI
LABORATORIUM**



Pencatatan hasil kuat tekan



Beton pada saat di uji



Beton setelah di uji



Beton setelah diuji