

TUGAS AKHIR

**PENELITIAN PENGARUH PENAMBAHAN ABU LIMBAH
BATU BARA (FLY ASH) TERHADAP KUAT DESAK BETON
DAN KETAHANAN ASAM SULFAT**



Disusun Oleh :

EMRIZAL

No. Mhs. : 90 310 159
NIRM : 900051013114120140

ADRIYANTO KURNIAWAN

No. Mhs. : 90 310 057
NIRM : 900051013114120048

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998**

TUGAS AKHIR

**PENELITIAN PENGARUH PENAMBAHAN ABU LIMBAH
BATU BARA (FLY ASH) TERHADAP KUAT DESAK BETON
DAN KETAHANAN ASAM SULFAT**

Diajukan guna memenuhi persyaratan untuk
memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil
Pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta

Disusun Oleh :

EMRIZAL

No. Mhs. : 90 310 159
NIRM : 900051013114120140

ADRIYANTO KURNIAWAN

No. Mhs. : 90 310 057
NIRM : 900051013114120048

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

1998

LEMBARAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENELITIAN PENGARUH PENAMBAHAN ABU LIMBAH
BATU BARA (FLY ASH) TERHADAP KUAT DESAK BETON
DAN KETAHANAN ASAM SULFAT

Disusun Oleh :

EMRIZAL

No. Mhs. : 90 310 159
NIRM : 900051013114120140

ADRIYANTO KURNIAWAN

No. Mhs. : 90 310 057
NIRM : 900051013114120048

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H.M. SAMSUDIN, MT

Dosen Pembimbing I

Ir. FAISOL AM, MS

Dosen Pembimbing II



[Handwritten signature]

Tanggal : 19-3-98

[Handwritten signature]

Tanggal : 18-3-1998

MOTTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan , Maka apabila kamu selesai mengerjakan sesuatu urusan maka kerjakanlah dengan sungguh sungguh urusan yang lain, Dan hanya kepada TUHAN lah hendaknya kamu berharap.

(Q,S Alam Nasyrat :6-8)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan memanjat puji dan syukur ke hadirat Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan salah satu syarat wajib dalam mencapai gelar sarjana Strata Satu (S₁) di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Tugas akhir dengan penelitian laboratorium dengan judul PENELITIAN PENGARUH PENAMBAHAN ABU LIMBAH BATU BARA (FLY ASH) TERHADAP KUAT DESAK BETON DAN KETAHANAN ASAM SULFAT.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan dan doa baik berupa moril dan materiil sehingga penyusunan Tugas Akhir ini selesai.

Untuk ini perkenankanlah dengan rendah hati dan rasa hormat yang sedalam-dalamnya kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Susastrawan, Ms., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE., selaku Ketua Jurusan Teknik sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H.M.Samsudin, MT, selaku dosen pembimbing pertama.
4. Bapak Ir. Faisol AM, MS, selaku Dosen Pembimbing kedua.

5. Segenap karyawan terutama karyawan di bagian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia
6. Ayah Ibu dan keluarga yang tiada henti berdoa untukku dan menjadi sumber inspirasiku.
7. Teman-teman yang memberi semangat dan dorongan yang tidak dapat kami sebut satu persatu sehingga selesainya pembuatan tugas akhir ini.

Atas segala jasa baik ini, penulis belum dapat membalas apapun. Hanya dengan doa semoga jasa baik Bapak-bapak dan teman-teman tersebut mendapatkan pahala yang berlipat dari Allah SWT.

Akhirnya penulis menyadari bahwa sebagai manusia tidak pernah lepas dari kesalahan dan khilaf, oleh karena itu segala saran dan kritik yang membangun demi kebenaran ilmu pengetahuan dari semua pihak sangat kami harapkan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 17 Februari 1997

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan.....	ii
Motto	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel.....	ix
Daftar Grafik	xiv
Daftar Lampiran	xv
Abstraksi.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Pokok Masalah.....	2
1.3 Tujuan Dan Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metode Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Umum.....	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.3 Material Pembentuk Beton.....	9
2.3.1 Semen.....	9
2.3.2 Agregat.....	10
2.3.3 Agregat ringan.....	14
2.3.4 Air.....	15
2.3.5 Fly Ash.....	17
2.4. Slump.....	20

	2.5. Workabiliti.....	20
	2.6. Kekuatan Beton.....	22
BAB III	PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN	26
	3.1 Umum.....	26
	3.2 Persiapan Bahan Dan Material.....	27
	3.3 Peralatan Penelitian.....	28
	3.3.1 Alat pembuat benda uji.....	28
	3.3.2 Alat uji desak.....	29
	3.3.3 Perencanaan campuran adukan beton.....	30
	3.3.4 Pembuatan benda uji.....	33
	3.3.5 Perawatan benda uji.....	33
	3.3.6 Perendaman dalam larutan sulfat.....	34
	3.3.7 Pengujian benda uji.....	35
	3.4 Data Hasil Pengujian.....	36
	3.4,1 Pengujian berat volume.....	36
	3.4.2 Hasil pengujian kuat desak beton.....	42
	3.4.3 Pengurangan berat beton setelah direndam H_2SO_4	48
BAB IV	ANALISA HASIL PENELITIAN	
	DAN PEMBAHASAN.....	55
	4.1 Data Hasil Pengujian.....	55
	4.2 Berat Volume Beton.....	55
	4.3 Slump.....	59
	4.4 Hasil Perhitungan Pengurangan Berat Beton.....	60
	4.5 Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan.....	65

BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	76
	5.1 Kesimpulan.....	76
	5.2 Saran.....	77

DAFTAR TABEL

2.1	Tabel Sifat Fisik Ex Batubara.....	17
2.2	Tabel Komposisi Unsur Kimia Fly Ash Dalam Satuan Persen Berat	18
2.3	Tabel Nilai Slump Untuk Berbagai Macam Struktur.....	20
2.4	Tabel Perbandingan Kuat Desak Beton Pada Berbagai Umur.....	22
2.5	Tabel Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar.....	25
3.1	Tabel Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0%	36
3.2	Tabel Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0% Dan Direndam Dalam Larutan H ₂ SO ₄ 15 Hari.....	37
3.3	Tabel Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0% Dan Direndam Dalam Larutan H ₂ SO ₄ 30 Hari.....	37
3.4	Tabel Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10%	38
3.5	Tabel Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10% Dan Direndam Dalam Larutan H ₂ SO ₄ 15 Hari.....	38
3.6	Tabel Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10% Dan Direndam Dalam Larutan H ₂ SO ₄ 30 Hari.....	39
3.7	Tabel Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20%	39
3.8	Tabel Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20% Dan Direndam Dalam Larutan H ₂ SO ₄ 15 Hari.....	40
3.9	Tabel Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20% Dan Direndam Dalam Larutan H ₂ SO ₄ 30 Hari.....	40
3.10	Tabel Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30%	41
3.11	Tabel Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30% Dan Direndam Dalam Larutan H ₂ SO ₄ 15 Hari.....	41
3.12	Tabel Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30% Dan Direndam Dalam Larutan H ₂ SO ₄ 30 Hari.....	42
3.13	Tabel Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0%.....	42

3.14	Tabel Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 15 Hari.....	43
3.15	Tabel Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 30 Hari.....	43
3.16	Tabel Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10%	43
3.17	Tabel Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 15 Hari.....	44
3.18	Tabel Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 30 Hari.....	45
3.19	Tabel Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20%....	45
3.20	Tabel Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 15 Hari.....	46
3.21	Tabel Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 30 Hari.....	46
3.22	Tabel Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30%....	47
3.23	Tabel Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 15 Hari.....	47
3.24	Tabel Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 30 Hari.....	48
3.25	Tabel Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 15 Hari.....	48
3.26	Tabel Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 15 Hari.....	49
3.27	Tabel Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 15 Hari.....	49
3.28	Tabel Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 15 Hari.....	50
3.29	Tabel Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 30 Hari.....	50
3.30	Tabel Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 30 Hari.....	51

3.31	Tabel Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 30 Hari.....	51
3.32	Tabel Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30% Dan Direndam H ₂ SO ₄ 30 Hari.....	51
4.1	Tabel Daftar Berat Volume Beton Pada Tiap Variasi Penambahan Fly Ash Tanpa Rendaman.....	56
4.2	Tabel Daftar Berat Volume Beton Pada Tiap Variasi Penambahan Fly Ash Dengan Rendaman 15 Hari.....	57
4.3	Tabel Daftar Berat Volume Beton Pada Tiap Variasi Penambahan Fly Ash Dengan Rendaman 30 Hari.....	58
4.4	Tabel Nilai Slump Pada Campuran Beton.....	59
4.5	Tabel Pengurangan Berat Beton Umur 43 Hari Dengan Penambahan Fly Ash 0%.....	61
4.6	Tabel Pengurangan Berat Beton Umur 43 Hari Dengan Penambahan Fly Ash 10%.....	61
4.7	Tabel Pengurangan Berat Beton Umur 43 Hari Dengan Penambahan Fly Ash 20%.....	62
4.8	Tabel Pengurangan Berat Beton Umur 43 Hari Dengan Penambahan Fly Ash 30%.....	62
4.9	Tabel Pengurangan Berat Beton Umur 58 Hari Dengan Penambahan Fly Ash 0%.....	63
4.10	Tabel Pengurangan Berat Beton Umur 58 Hari Dengan Penambahan Fly Ash 10%.....	63
4.11	Tabel Pengurangan Berat Beton Umur 58 Hari Dengan Penambahan Fly Ash 20%.....	64
4.12	Tabel Pengurangan Berat Beton Umur 58 Hari Dengan Penambahan Fly Ash 30%.....	64
4.13	Tabel Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar	66
4.14	Tabel Faktor Umur Beton.....	67
4.15	Tabel Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0%.....	68

4.16	Tabel Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10%.....	69
4.17	Tabel Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20%.....	70
4.18	Tabel Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30%.....	71
4.19	Tabel Kuat Desak Yang Disyaratkan (Mpa).....	72
4.20	Tabel Penurunan Kuat Desak Kuat Desak Umur 58 Hari Akibat Rendaman H ₂ SO ₄	74

DAFTAR GRAFIK

3.1	Grafik Kuat Desak Beton.....	53
4.1	Grafik Berat Volume Beton Tanpa Rendaman.....	56
4.2	Grafik Berat Volume Beton Dengan Rendaman 15 Hari.....	57
4.3	Grafik Berat Volume Beton Dengan Rendaman 30 Hari.....	58
4.4	Grafik Penurunan Nilai Slump.....	60
4.5	Grafik Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan.....	73
4.6	Grafik Penurunan Kuat Desak Beton Umur 58 Hari.....	75

ABSTRAKSI

Beton merupakan bahan komposit dari beberapa material pembentuk. Kualitas dari beton ditentukan oleh kualitas material pembentuk dan mix design. Kehadiran bahan tambah pada beton dimaksudkan untuk memperbaiki sifat – sifat beton, hingga beton mempunyai spesifikasi tertentu.

Fly Ash merupakan bahan tambah pada campuran beton yang dapat meningkatkan mutu beton. Selain meningkatkan kekuatan, Fly Ash memberikan sifat lain dari beton yaitu tahan terhadap serangan senyawa sulfat. Kerusakan beton terjadi akibat serangan senyawa sulfat terhadap senyawa calcium hidroksida yang dihasilkan pada peristiwa hidrasi semen.

Dengan adanya senyawa silikat pada Fly Ash dapat mereduksi kalsium hidroksida yang rentan terhadap asam sulfat. Kehadiran Fly Ash pada beton dengan proporsi tertentu dapat meningkatkan kualitas beton. Dalam penelitian ini dibahas sejauh mana pengaruh penambahan Fly Ash terhadap kuat desak beton dan ketahanan akibat agresi asam sulfat.

Dari hasil penelitian tampak adanya peningkatan kualitas desak beton dan ketahanan terhadap asam sulfat.

BAB I

PENDAHULUAN

I. Latar Belakang Masalah

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak di pergunakan pada pembangunan saat ini. Dikarenakan beton mempunyai kekuatan yang baik, disamping sifatnya yang fleksibel terhadap bentuk dan juga harga yang relatif murah. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, disamping itu beton sebagai salah satu alternatif bahan utama pada struktur bangunan. Produk beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi yang meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis.

Salah satu spesifikasi produk beton yang diharapkan yaitu beton yang mempunyai kekuatan yang cukup tinggi dan juga mempunyai daya tahan terhadap serangan zat kimia . Hal ini didasari oleh karena adanya kegagalan struktur yang masih relatif muda akibat serangan zat kimia berupa senyawa sulfat sehingga menimbulkan kerugian pada pelaksanaan pembangunan seperti pembangunan pabrik, pembangunan pondasi atau pipa saluran bawah tanah, pondasi dalam laut dan sebagainya. Melihat kondisi tersebut, timbul pemikiran untuk melakukan penelitian guna mendapatkan struktur beton yang mempunyai kekuatan yang cukup tinggi dan juga tahan terhadap serangan asam sulfat. Agar mendapatkan beton yang mempunyai daya kekuatan terhadap serangan asam sulfat, dibutuhkan

bahan tambah didalam campuran beton. Disini bahan tambahan yang dipergunakan adalah abu limbah dari pembakaran batu bara PLTU (Fly Ash).

Fly Ash merupakan salah satu pozzolan yang dihasilkan dari pembakaran batu bara. Fly Ash bila di tambahkan dalam campuran beton dengan proporsi tertentu akan memperbaiki sifat sifat beton, bahan tambah ini akan mengisi pori pori dari beton sehingga beton akan memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik.

Unsur kimia yang terkandung didalam Fly Ash adalah SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , masing masing mempunyai kandungan 59,99%, 30,55% dan 3,59% dalam persen berat sedang sisanya ditempati oleh unsur CaO , Na_2O dan SO_3 sampai 100%, dengan komposisi seperti demikian Fly Ash memenuhi standar persyaratan pozzolan menurut ASTM.

Dalam penelitian ini akan dibuktikan sejauh mana pengaruh penambahan Fly Ash terhadap kekuatan dan ketahanan beton akibat agresi sulfat. Kekuatan beton akan dideteksi dengan penambahan kekuatan tekan sedangkan ketahanan dideteksi setelah perendaman di dalam larutan sulfat.

II. Pokok Masalah

Dari latar belakang masalah yang telah di uraikan diatas maka timbul pokok masalah sebagai berikut :

1. Sejauh mana penambahan Fly Ash berpengaruh terhadap kekuatan desak beton.
2. Sejauh mana pengaruh asam sulfat terhadap kuat desak beton Fly Ash di bandingkan dengan beton standar.

III. Tujuan Dan Manfaat Penelitian

1. Mengetahui besarnya pengaruh penambahan Fly Ash terhadap daya tahan beton akibat agresi sulfat.
2. Mengetahui kadar Fly Ash optimum, untuk beton dengan daya tahan dan kekuatan maksimum akibat serangan sulfat.

Manfaat penelitian :

1. Manfaat teoritis : untuk merangsang dan melatih nalar mahasiswa dalam masalah rekayasa beton.
2. Manfaat praktis : untuk mendapatkan beton dengan spesifikasi tahan zat kimia khususnya senyawa sulfat, dengan memanfaatkan limbah batu bara.

IV. Batasan Masalah

Dari rumusan masalah diatas, penelitian difokuskan pada masalah yang dibatasi sebagai berikut :

1. Tinjauan kimia secara detail dari Fly Ash tidak terlalu di bahas.
2. Pengujian kuat desak beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
3. Perendaman beton di dalam larutan asam sulfat akan dilakukan setelah beton berumur 28 hari dan direndam selama 15 hari dan 30 hari.
4. Proporsi campuran Fly Ash di dalam beton bervariasi yaitu 0%, 10%, 20%, 30%.
5. Semen yang dipergunakan adalah semen portland Gresik type I.

6. Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang diambil dari Kali Progo Yogyakarta.
7. Agregat kasar yang di gunakan kerikil pecah (split) dari Kali Progo Yogyakarta.
8. Fly Ash sebagai bahan tambah berasal dari sisa pembakaran batu bara pada Proyek PLTU Suralaya , Jawa Barat.

V. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan studi eksperimental dan dilakukan untuk mencari pemecahan masalah. Agar penelitian berjalan runtut, terarah dan lancar maka digunakan metode penelitian dan pelaksanaannya. Metode penelitian yang digunakan akan disesuaikan dengan prosedur, alat dan jenis penelitian sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan dengan membandingkan kuat desak beton dengan menggunakan berbagai variasi penambahan Fly Ash.
2. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :
 - cetakan kubus
 - bak pengaduk beton kedap air
 - satu set alat pemeriksaan slump
 - timbangan, mesin pencampur beton
 - satu set ayakan
 - mesin uji desak beton
 - kaliper dan alat bantu lainnya

3. Penentuan benda uji sebanyak 100 (seratus) buah kubus beton ukuran $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ dengan pembagian :
 - 25 beton normal
 - 25 beton dengan variasi penambahan Fly Ash 10 %
 - 25 beton dengan variasi penambahan Fly Ash 20 %
 - 25 beton dengan variasi penambahan Fly Ash 30 %
4. Pengujian beton akan dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dan 43 hari (direndam $\text{H}_2 \text{SO}_4$ 15 hari) dan 56 hari (direndam $\text{H}_2 \text{SO}_4$ 30 hari.)
5. Rencana campuran beton berdasarkan metode ACI (American Concret Institut)
6. Analisa hasil hitungan dengan metoda statistik dan metoda perbandingan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Umum

Teknologi beton terus berkembang seiring dengan tuntutan kebutuhan yang semakin meningkat baik kualitas maupun kuantitas. Beton merupakan suatu bahan komposit dari beberapa material yaitu: semen, agregat kasar, agregat halus, air, serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuknya.

Perkembangan teknologi beton yang ditandai dengan semakin baik dari mutu beton, usaha lain adalah dengan memanfaatkan fenomena bahwa semakin padat beton atau semakin kecil pori-pori yang ada semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan. Pada mortar beton, semen dan air yang berupa pasta mengikat agregat halus dan kasar dengan masih menyisakan rongga atau pori-pori yang tidak dapat tertutup atau terisi oleh butiran semen. Ruang yang tidak ditempati oleh butiran semen merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan dan disebut kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton telah mengeras sehingga beton akan mempunyai sifat tembus air yang besar, akibatnya kekuatannya berkurang (A. Antono, 1988). Rongga ini dapat dikurangi dengan bahan tambah meski penambahan ini akan menambah biaya pelaksanaan. Bahan tambah ini merupakan bahan khusus yang ditambahkan dalam mortar sebagai pengisi dan

pada umumnya berupa bahan kimia organik dan bubuk mineral aktif (**Brook, 1986**).

Keaadaan tersebut akan diangkat oleh penyusun pada penelitian ini dengan memanfaatkan limbah pembakaran batu bara proyek PLTU di Suralaya, Banten. Sebagai bahan pengisi untuk memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozzolan dari Fly Ash untuk memperbaiki mutu beton.

Dari makalah seminar oleh Bambang Ismanto pada seminar Mekanika Bahan bertema Stabilitas Abu Terbang Suralaya disebutkan sifat-sifat pozzolan dari abu terbang atau Fly Ash memenuhi persyaratan standart ASTM. Oleh karena itu perlu diadakan penelitian pengaruh penambahan fly Ash dan pada penambahan berupa sifat fisik maupun kimia dari fly Ash ini dapat dioptimalkan untuk peningkatan mutu beton dan seberapa pengaruhnya terhadap berat jenis beton.

2.2. Landasan Teori

Penelitian mengenai beton tahan sulfat sudah pernah dilakukan di Indonesia oleh LIPI dan Badan Penelitian dan pengembangan DPU. Standart spesifikasi beton tahan sulfat sudah dituangkan dalam SK-SNI S-37-1990-03.

Kondisi yang diperlukan dalam memproduksi beton yang tahan terhadap serangan zat kimia, beton harus mempunyai kualitas yang tinggi. Kekuatan beton, kepadatan, permeabilitas merupakan indek daya tahan terhadap agresi. Kesemua faktor tersebut saling kait mengkait (**Brook., 1991**).

Fly Ash atau abu terbang ini mengandung pozzolan sehingga bisa aditif mineral yang baik untuk beton. Pozzolan adalah bahan yang mengandung silikon dioksida

(SiO_2) alami atau buatan yang tidak mempunyai sifat sifat semen. Karena pozzolan mempunyai kandungan utama silikon dioksida (SiO_2) maka pozzolan pada suhu biasa dapat bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida membentuk terutama senyawa kalsium silikat hidrat . Pada beton normal yang sudah mengeras seringkali terdapat unsur kalsium hidroksida yang dihasilkan dari proses hidrasi semen dan merupakan bagian lemah beton serta sumber sensitif beton terhadap serangan sulfat. Dengan demikian penambahan abu terbang sebagai pengganti sebagian semen yang dibutuhkan memberikan beberapa keuntungan sebagai berikut :

1. Mengurangi keberadaan unsur kalsium hidroksida di dalam beton yang merupakan bagian lemah beton, serta menggantinya, setelah bereaksi dengan SiO_2 menjadi kalsium silikat hidrat, yang merupakan kekuatan beton. Dengan demikian beton dengan campuran abu terbang pada umumnya akan meningkatkan kekedapan.
2. Pozzolan yang umumnya berbutir sangat halus juga akan mengisi pori-pori pada beton normal secara lebih baik, sehingga didapat beton yang porositasnya lebih rendah. Sensitivitas terhadap agresi sulfat, yang juga didukung oleh meningkatnya kerapatan beton terhadap air yang mengandung senyawa agresi sulfat akan sulit masuk dan dengan demikian tidak mudah menimbulkan korosi pada beton.
3. Reduksi kalsium hidroksida oleh SiO_2 akan mengurangi sensitivitas beton terhadap agresi sulfat, yang juga didukung oleh meningkatnya kerapatan beton sehingga air yang mengandung senyawa agresif akan

sulit masuk dan dengan demikian tidak mudah menimbulkan korosi beton (**Konstruksi, 1996**).

2.3. Material Pembentuk Beton

Beton terbentuk dari material-material campuran yaitu : semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah. Semen dan air membentuk pasta, kemudian pasta semen, Fly Ash dan agregat halus membentuk mortar yang berfungsi mengikat agregat kasar menjadi satu kesatuan.

Kehadiran Fly Ash sebagai bahan tambah diharapkan akan memperbaiki sifat-sifat beton. Bahan tambah ini termasuk pozzolan yang bila bereaksi dengan semen dengan perbandingan tertentu akan memperbaiki sifat beton. Fly Ash akan mengisi pori-pori beton sehingga menjadi beton yang kompak.

2.3.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu masa yang padat. Meskipun definisi ini dapat diterapkan untuk banyak jenis bahan, semen yang dimaksud untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan jadi yang mengeras dengan adanya air dan dinamakan semen hidrolis. Fungsi semen itu sendiri adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu masa yang padat dan kuat, selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen portland di Indonesia menurut PUBI (1982) dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

1. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang di isyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Pada penelitian ini dipakai semen Gresik yang termasuk semen portland jenis I kemasan 50 kg yang ada dipasaran.

2.3.2 Agregat

Agregat adalah bahan penyusun beton yang saling diikat oleh perekat semen. Dalam struktur beton, agregat menempati kurang lebih 70 - 75 % dari volume masa yang telah mengeras. Umumnya agregat diklasifikasikan sebagai agregat halus dan agregat kasar (Nelson dan Winter, 1993).

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari bayuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 5,0 mm (Gideon dan Vis, 1993). Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam (Tjokrodimulyo, 1993), yaitu :

1. Pasir Galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

2. Pasir Sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

3. Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain itu garam-garaman ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton. Oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

Dalam penelitian ini digunakan pasir yang berasal dari sungai Progo Yogyakarta.

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu dengan ukuran 5 - 40 mm (Gideon dan Vis, 1993). Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 golongan (Tjokrodimulyo, 1993) yaitu :

1. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 - 2,7 gram/cm³, Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gram/cm³.

2. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gram/cm³, misalnya magnetik (Fe₃O₄), Barit (BaSO₄), atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gram/cm³, Penggunaannya sebagai dinding pelindung radiasi.

3. Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gram/cm³, yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih kecil.

Agregat kasar harus memenuhi persyaratan gradasi yang diisyaratkan. Apabila butir butir agregat mempunyai gradasi yang sama atau seragam maka volume pori akan besar, sebaliknya bila ukuran butirnya bervariasi atau bergradasi baik maka akan di dapat volume pori yang kecil . Pada pelaksanaan beton,

diinginkan komposisi butiran dengan kemampatan tinggi karena volume porinya sedikit dan ini berarti hanya membutuhkan bahan ikat yang sedikit pula.

Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut (Tjokrodimulyo, 1993) :

1. Butir butirnya tajam, kuat dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dapat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus (*Abration Test*) menggunakan mesin uji Los Angeles atau bejana Rodellof, syarat bagian yang hancur lolos ayakan 1,7 mm maksimum 50 %.
2. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm. Pada agregat halus jumlah kandungan kotoran ini harus tidak lebih dari 5%, sedangkan pada agregat kasar kandungan kotoran ini dibatasi sampai 1 %. Jika agregat mengandung kotoran lebih dari batas batas maksimum maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum dipakai.
3. Tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara.
4. Tidak mengandung zat organik.
5. Mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik sehingga rongganya sedikit. Untuk pasir, modulus halus butir (MHB) berkisar antara 1,5 – 3,8 sehingga hanya mempunyai pasta semen sedikit.
6. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca.
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat harus mempunyai tingkat reakti yang negatif terhadap alkali.
8. Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20 % dari berat jenis keseluruhan.

2.3.3 Agregat ringan

Agregat ringan di bedakan dalam dua kelompok (A.N. Naville,1975), yaitu :

1. Agregat alami.

Agregat alami adalah agregat yang langsung dihasilkan dari alam , misalnya batu batuan yang dihasilkan gunung berapi yaitu batu apung (*pumice*) *scoria, vulkanic, vulkani cinder*. Agregat alami ini hanya ditemukan di beberapa wilayah atau daerah tertentu jadi penggunaannya kurang luas.

2. Agregat buatan .

Agregat buatan sering di beri nama sesuai nama perusahaan yang memproduksinya atau bahan dasar yang di gunakan. Termasuk dalam kelompok ini adalah : *akglite, leca, fly ash, fuamed slag* dan lain lain.

Jenis agregat ringan buatan yang sering dipakai antara lain :

a. Leca (*light weight expanded clay*)

Leca adalah hasil dari tanah liat yang dikembangkan dengan cara dipanaskan sekitar 1000°C sampai 1200°C . Bahan yang dihasilkan berbentuk bulat keras tetapi ringan karena didalamnya berpori. Berat jenis berkisar antara 650 kg/m^3 – 900 kg/m^3 , sedangkan beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis sampai 1800 kg/m^3 .

b. Aglite, lytag.

Aglite adalah hasil dari batu kapur yang dibakar sampai sekitar 1400°C . Butiran yang dihasilkan berbentuk pecahan berpori yang lebih ringan dibanding leca, berat jenis sekitar 800 kg/m^3 . Di Eropa batu sejenis ini

disebut *agloporite* atau *keramjite*. Beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis antara $1400 - 1800 \text{ kg/m}^3$. Agregat ringan yang semacam dengan ini disebut lytag.

c. Foamed slag.

Foamed slag yang dihasilkan dari pemadaman bara api yang berasal dari tanur yang memproduksi besi tuang dengan proses pancar air, agregat ini mudah pecah dan bentuknya seperti batu apung. Beton ringan yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar $950 - 1750 \text{ kg/m}^3$.

d. Fly Ash

Fly Ash adalah bahan sisa yang diperoleh dari pembakaran batu bara waktu proses menjadi kapur, bentuk fly Ash tidak teratur, bervariasi dan berwarna. Fly Ash jika dipakai sebagai campuran beton akan menambah kekuatan beton.

Agregat ringan umumnya mempunyai daya serap air yang cukup tinggi, sehingga dalam pengadukan beton cepat keras walaupun hanya dalam beberapa menit saja setelah pencampuran. Untuk itu perlu diadakan pembahasan agregat terlebih dahulu sebelum pengadukan sehingga agregat mencapai keadaan SSD.

2.3.4. Air

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi

dengan semen, air yang diperlukan sekitar 30 % dari berat semen, namun pada kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35.

Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas dengan catatan penambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah dan menghasilkan beton yang porous. Selain itu kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan membentuk lapisan tipis (*laitance*) yang mengurangi lekatan antara lapis lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah.

Air yang memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai campuran beton adalah air minum, tetapi tidak berarti pencampuran beton harus memenuhi persyaratan air minum. Secara umum air yang dapat dipakai untuk bercampur beton ialah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % dari kekuatan beton yang memakai air suling.

Pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter
2. Tidak mengandung garam-garaman yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Labotorium Bahan Kontruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

2.3.5. Fly Ash

Fly Ash (abu terbang) umumnya diperoleh dari sisa pembakaran pusat listrik tenaga uap, yang mempergunakan batu bara sebagai sumber energi. Sisa pembakaran berupa partikel halus, keluar bersama-sama gas buang . Partikel halus ini dikenal dengan nama Fly Ash (abu terbang), sedang sisa pembakaran yang berupa butiran kasar keluar melalui bagian bawah di sebut bottom ash. Pada penelitian ini Fly Ash akan digunakan sebagai bahan tambah (mineral admixture) yang berfungsi sebagai bahan pengisi pori-pori adukan beton. Penelitian ini memanfaatkan Fly Ash limbah pembakaran batu bara proyek PLTU di Suralaya, Banten, sebagai bahan pengisi untuk memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat-sifat pozzolan dari Fly Ash untuk memperbaiki mutu beton. Abu terbang atau Fly Ash harus memenuhi persyaratan pozzolan dan persyaratan sebagai mineral admixture standar ASTM yaitu kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, minimum 70 % berat. Sifat fisik maupun kimia dari Fly Ash dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Sifat Fisik Fly Ash ex Batubara

No	Sifat fisik	Data yang ada
1	Berat jenis	1,99 - 2,40 gr/cm ³
2	Kehalusan Butir	163,25 - 227,19 m ² /kg
3	Kadar air	0,55 - 4,6 %

Tabel 2.2 Komposisi Unsur Kimia Fly Ash Dalam Satuan Persen Berat.

No	Komponen pembentuk kimia	Prosentase
1	SiO ₂	62,68
2	Al ₂ O ₃	20,60
3	Fe ₂ O ₃	4,53
4	TiO ₂	2,38
5	CaO	2,96
6	MgO	0,83
7	Na ₂ O	3,20
8	K ₂ O	0,36
9	P ₂ O ₅	0,40

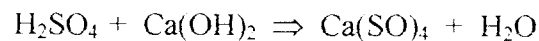
Pengaruh abu terbang terhadap ketahanan sulfat yaitu dapat mengurangi permeabilitas dan mempunyai sifat pozzolan yang baik sehingga dapat menjamin keawetan terhadap rembasan asam sulfat.

Pengaruh kimia

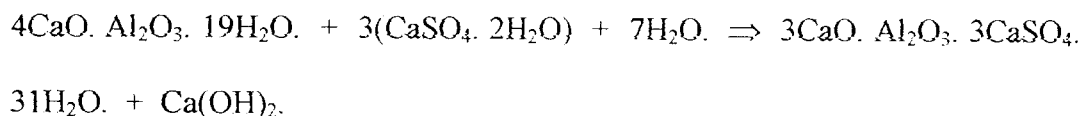
Serangan zat kimia disini yaitu serangan yang disebabkan oleh zat-zat kimia yang reaktif terhadap kandungan senyawa-senyawa dalam semen .

Serangan agresi yang akan dibahas yaitu serangan yang disebabkan oleh sulfat, untuk penelitian ini yaitu asam sulfat (H₂SO₄). Semua senyawa sulfat yang larut dalam air bersifat merusak, Beberapa contoh senyawa sulfat yang merusak yaitu: Asam sulfat (H₂SO₄), Magnesium sulfat (MgSO₄), Kalsium sulfat (CaSO₄), dan lain lain.

Pada saat terjadi serangan sulfat pada beton, sulfat bereaksi dengan C_3A dan $Ca(OH)_2$. Hasil reaksi pada akhirnya membentuk ettringite, hasil reaksi ini menyebabkan pemuaian (menaikkan volume) hingga terjadi craking. Reaksi berlangsung sebagai berikut:

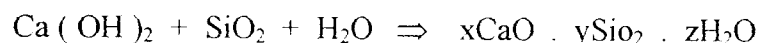


$Ca(SO)_4$ sering disebut *gipsun* dan selanjutnya *gipsun* bereaksi dengan C_3A membentuk *ettringite*



Pengaruh abu terbang (Fly Ash) terhadap ketahanan sulfat.

Kemampuan abu terbang yaitu dapat mengurangi permeabilitas dan mempunyai sifat pozzolan yang baik sehingga dapat menjamin keawetan terhadap rembesan asam sulfat. Dalam beton SiO_2 bereaksi dengan $Ca(OH)_2$ membentuk kalsium silikat.



Semen bereaksi dengan air maka terjadi hidrasi. Selama hidrasi dihasilkan kalsium hidroksida. Karena $Ca(OH)_2$ bersifat basa kuat maka akan sangat mudah bereaksi dengan asam sulfat yang bersifat merusak. Dengan adanya SiO_2 dalam abu terbang maka dapat mengurangi kandungan $Ca(OH)_2$.

Dengan berkurangnya $Ca(OH)_2$ maka serangan asam sulfat dalam beton dapat dikurangi. Hal ini diakibatkan oleh reaksi antara $Ca(OH)_2$ dengan SiO_2 dan menghasilkan kalsium silikat hidrat seperti diatas.

2.4 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton. Tingkat kelecakan ini berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin besar nilai slump berarti makin encer adukan betonnya, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan. Nilai slump untuk berbagai macam struktur tercantum dalam tabel:

Tabel 2.3 Nilai Slump Untuk Berbagai Macam Struktur.

Jenis konstruksi	Slump (cm)	
	Minimum	Maksimum
Pondasi bertulang, dinding, tiang	5	12,5
Tiang pondasi tak bertulang, Caison	2,5	10
Plat, balok, kolom	7,5	15
Beton untuk jalan (<i>pavement</i>)	5	7,5
Beton massa (Kontruksi berat)	2,5	7,5

2.5. Workability

Kemudahan pengerjaan (*workability*) merupakan ukuran tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, dituang, dan dipadatkan. Perbandingan bahan bahan penyusun beton dan sifat-sifat bahan penyusun beton, secara bersama-sama

mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton antara lain:

1. Jumlah air yang dipergunakan dalam campuran adukan beton. Jumlah air ini akan mempengaruhi konsistensi adukan, yaitu semakin banyak air yang digunakan maka adukan semakin encer, sehingga semakin mudah untuk dikerjakan.
2. Jumlah semen yang dipergunakan. Penambahan jumlah semen kedalam campuran adukan beton akan memudahkan pengerjaan adukan betonnya, karena akan diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.
3. Penambahan bahan tambah (chemical admixture) tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan workability adukan pada fas rendah, misalnya dengan penambahan plastisizer

Adukan dengan tingkat kelecakan tinggi mempunyai resiko yang besar terhadap bleeding atau water gain. Hal ini terjadi karena bahan-bahan padat adukan beton mengendap dan bahan susun kurang mengikat air campuran. Resiko bleeding dapat dikurangi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Air campuran yang dipakai sebanyak yang diperlukan sesuai hitungan mix design
2. Pasir yang dipakai mempunyai bentuk yang beragam dan mempunyai kadar butiran yang halus.

3. Gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yang dipakai

2.6. Kekuatan Beton

Beton mempunyai kuat desak yang lebih besar dari pada kuat tariknya. Kuat desak beton tergantung pada sifat-sifat bahan dasarnya. Kuat desak beton pada umumnya ditentukan oleh tingkat kekerasan agregatnya, namun demikian perlu diperhatikan juga mutu pasta semennya. Hal ini disebabkan karena semen merupakan bahan yang mengikat agregat-agregat penyusun beton. Mutu pasta semen yang rendah akan menyebabkan kehancuran beton sebelum maksimum dengan ditandai besar prosentase agregat lepas lebih besar dari pada agregat yang pecah. Disamping itu kuat desak beton juga dipengaruhi oleh cara pengadukan, cara penuangan, cara pemadatan, dan cara rawatan beton.

Agar kualitas beton yang dihasilkan memuaskan, perlu diperhatikan proses pemadatan dan perawatan beton:

1. Tinjauan terhadap pemadatan beton.

Tinjauan pemadatan adukan beton adalah untuk mengurangi rongga-rongga udara agar beton mencapai kepadatan yang tinggi. Beton dengan kepadatan yang tinggi akan menghasilkan beton dengan kekuatan yang tinggi. Pemadatan secara mekanik dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan cara manual dan mesin (alat penggetar). Kekuatan beton yang dihasilkan dari kedua cara tersebut sedikit berbeda, kekuatan beton yang dihasilkan dengan pemadatan manual tergantung dari kemampuan

manusianya. Kekuatan beton yang dipadatkan dengan mesin penggetar dapat lebih tinggi, tergantung pada metode pelaksanaan dan faktor manusianya. Selain itu mesin penggetar dapat digunakan pada pemadatan campuran yang mempunyai workability yang rendah.

2. Tinjauan terhadap perawatan beton.

Reaksi kimia pada pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air tersedia dalam jumlah yang memadai untuk proses hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan reaksi kimia itu. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekwensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Oleh karena itu perlu direncanakan suatu cara perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau bahkan selama beberapa minggu, termasuk pencegahan penguapan dengan pengadaan selimut pelindung yang sesuai maupun dengan membasahi permukaannya secara berulang-ulang.

Untuk mendapatkan kuat tekan beton karakteristik harus diperhatikan faktor bentuk dan umur benda uji. Oleh karena benda uji yang digunakan adalah kubus berukuran $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$, maka faktor bentuknya adalah : Perbandingan kuat tekan beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel.2.4. Perbandingan Kuat Tekan Bcton Pada Berbagai Umur

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90	356
Semen Portland type 1	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35

Penyebaran dari hasil-hasil uji tekan akan tergantung dari tingkat kesempurnaan dari pelaksanaannya. Dengan menganggap nilai-nilai dari pemeriksaan tersebut menyebar normal. Ukuran nilai penyebaran hasil pemeriksaan tersebut juga merupakan mutu pelaksanaan yang nilainya disebut deviasi standar. Deviasi standar dapat dihitung dengan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c28} - f_{cr})^2}{N-1}}$$

Keterangan :

S = Deviasi Standar (kg/cm^2)

F_{c28} = Kuat Tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (kg/cm^2)

F_{cr} = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm^2)

N = Jumlah benda uji

Sedangkan untuk menghitung kuat desak beton yang disyaratkan dipakai rumus sebagai berikut :

$$f_c' = f_{cr} - 1,64 kS$$

Keterangan :

f_c' = Kuat desak yang disyaratkan

f_{cr} = Kuat desak rata-rata (kg/cm^2)

K = Pengali deviasi standar

S = Deviasi standar

Untuk mencari angka konversi dari jumlah benda uji yang disyaratkan berdasarkan jumlah benda uji 30 buah dapat dilihat pada tabel.2.5.

Tabel 2.5. Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar Bila Data Benda Uji Yang Tersedia Kurang Dari 30 Buah.

Jumlah benda uji	Faktor pengali deviasi standar
15	1,160
18	1,120
19	1,096
20	1,080
25	1,030
≥ 30	1,000

BAB III

PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN

3.1 Umum

Dalam penelitian ini digunakan metode eksperimen, guna mendapatkan jawaban dari persoalan. Penelitian ini akan membuktikan sejauh mana pengaruh penambahan Fly Ash terhadap kekuatan beton dan ketahanan beton terhadap agresif sulfat. Pembuatan sekaligus pengujian terhadap sampel beton dilaksanakan di Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penelitian meliputi Percobaan penambahan Fly Ash sebagai bahan pengisi beton dengan kuat desak rencana masing-masing K-225. Jumlah benda uji total adalah 100 buah kubus beton dengan ukuran $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$. Dengan pembagian 40 buah kubus beton normal, 60 buah kubus beton dengan penambahan Fly Ash yang bervariasi yaitu: 10 %, 20 %, 30 %, terhadap berat semen.

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan bahan dan material
2. Persiapan alat yang digunakan
3. Perencanaan bahan susun adukan beton
4. Pembuatan benda uji
5. Pengujian desak pada benda uji

3.2. Persiapan Bahan dan Material

Sebelum penelitian dilaksanakan disiapkan terlebih dahulu material yang akan digunakan. Sebagai bahan penyusun adukan beton diperlukan bahan-bahan antara lain :

1. Semen Portland.

Semen yang digunakan adalah semen portland merk Gresik dengan data sebagai berikut:

- . Type semen : Type I
- . Berat jenis : $3,15 \text{ gr / cm}^3$

2. Agregat halus.

Agregat halus yang digunakan adalah pasir alam, dengan data sebagai berikut:

- . Asal pasir : Sungai Progo, Yogyakarta.
- . Berat jenis : $2,85 \text{ gr / cm}^3$

3. Agregat kasar.

Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah (split), dengan data sebagai berikut:

- . Asal : Sungai Progo, Yogyakarta (Perwita Karya)
- . Berat jenis : $2,5 \text{ gr / cm}^3$
- . Berat kering tusuk SSD : $1,56 \text{ gr / cm}^3$
- . Butir maximum : 38,1 mm

4. Air

Air yang digunakan adalah air tawar yang ada di Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik, FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

5. Fly Ash

Fly Ash yang digunakan diambil dari sisa pembakaran batu bara PLTU Suralaya, Banten.

6. Asam Sulfat (H_2SO_4)

3.3 Peralatan Penelitian.

3.3.1 Alat pembuat benda uji

Alat pembuat benda uji merupakan alat yang dipersiapkan paling awal. Sebelum alat ini digunakan, alat ini dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran yang ada, alat ini terdiri dari:

1. Mixer

Digunakan untuk mengaduk campuran beton dan alat ini dijalankan secara elektrik.

2. Cetakan kubus.

Terbuat dari baja yang dibaut pada sisi-sisinya dan bisa dibongkar pasang dengan memakai kunci. Cetakan berukuran $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$

3. Timbangan.

Digunakan untuk menimbang berat bahan yang akan dipakai dalam membuat adukan beton.

4. Ayakan.

Digunakan ayakan dengan diameter maximum 4,75 mm untuk mengayak pasir. Alat ini terbuat dari baja dengan lubang ayakan berbentuk bujur sangkar.

5. Baki.

Sebagai tempat adukan beton setelah dituang dari mixer, alat berukuran 1m x 2m

6. Cetok

Digunakan untuk mengaduk-adukan beton yang ada dibaki dan untuk menuangkan kedalam cetakan.

7. Penumbuk.

Digunakan untuk memadatkan adukan beton dalam cetakan. Penumbuk ini berupa batangan besi dengan diameter 10 mm dan panjang 60 cm.

8. Kerucut Abrams.

Digunakan untuk mengukur nilai slump yang dihasilkan.

9. Kaliper dan mistar.

Digunakan untuk mengukur benda uji yang dihasilkan.

3.3.2. Alat uji desak

Alat uji desak yang digunakan adalah alat elektrikal hidraulik dengan merk Controls. Cara menjalankan alat ini cukup dengan menekan tombol yang ada, kemudian besarnya gaya desak dapat dibaca pada dial pembacaan beban. Pada

pembacaan dial, gaya desak maksimum ditunjukkan oleh jarum yang berwarna merah pada saat jarum tersebut berhenti atau dengan hancurnya benda uji.

3.3.3. Perencanaan campuran adukan beton

Perhitungan kebutuhan proporsi dari masing masing bahan untuk adukan beton dilakukan berdasarkan metoda ACI (*American Concrete Institute*). Perencanaan dilakukan terhadap beton normal dengan kuat desak rencana 22,5 Mpa atau 225 kg/cm².

Data-data yang diperlukan untuk perhitungan :

1. Kuat desak rencana : 22,5 Mpa
2. Diameter maksimum agregat kasar : 38,1 mm
3. Modulus halus butiran (*mhb*) pasir : 2,9
4. Berat jenis pasir (*ssd*) : 2,85 t/m³
5. Berat jenis kerikil (*ssd*) : 2,5 t/m³
6. Berat kering tusuk kerikil (*ssd*) : 1,56 t/m³
7. Berat jenis semen : 3,15 t/m³
8. Berat jenis Fly Ash : 2,19 t/m³

Mix design campuran adukan beton ACI setiap m^3

Mutu K-225.

maka :

1. K-225
2. Batasan slump : 7,5 – 15
3. FAS berdasarkan tabel V (ACI) : 0,63
4. V air berdasarkan tabel III (ACI), V air dalam liter, W air dalam kg. $V(m^3) = W (T) = 0,183$
5. W semen (PC), $FAS = W_{air}/W_{pc}$

$$W_{pc} = W_{air}/FAS = 0,183/0,63 = 0,29$$

$$V_{pc} = W_{pc}/B_j pc = 0,29/3,15 = 0,092$$

Mencari volume kerikil dalam SSD (tabel)

Diketahui = ukuran maksimum batuan = 38,1 mm

$$= MHB pasir = 2,9$$

$$= W_{kerikil} = B_j \text{ kerikil SSD} \times V_{kerikil}$$

$$V (m^3) \text{ SSD} = 0,71$$

$$W_{SSD} = B_j \text{ kerikil} \times V_{kerikil} = 1,5 \times 0,71 = 1,065$$

$$V_{kering\ udara} (m^3) = 2,5 \times 1,065 = 0,426$$

$$\text{Volume udara terperangkap} = 0,01$$

$$\text{Pasir} = V_{kering\ udara} (m^3)$$

V agregat dalam m^3 , $1 = V_{pc} + V_{air} + V_{udara\ terperangkap} + V_{agregat}$

$$1 = 0,092 + 0,183 + 0,01 + V_{agregat}$$

$$1 - 0,285 = V_{agregat}, \quad V_{agregat} = 0,715$$

$V_{pasir} = V_{agregat} - V_{kerikil}$

$$= 0,715 - 0,426 = 0,289$$

$W_{pasir} = B_j \text{ pasir} \times V_{kerikil}$.

$$= 2,8 \times 0,289 = 0,8092$$

Kebutuhan bahan dalam percobaan :

$$W_{pc} = 0,29$$

$$W_{air} = 0,183$$

$$W_{pasir} = 0,8092$$

$$W_{kerikil\ kering\ udara} = 0,71$$

Menghitung volume adukan beton yang diperlukan dalam penelitian :

$$\text{Volume kubus} = 0,15^3 = 0,003375$$

$$\text{Jumlah sampel } 100 = 100 \times 0,003375 = 0,3375$$

$$\text{Cadangan volume } 20\%, \text{ Volume total} = 0,3375 (1 + 0,2) = 0,405$$

Menentukan W masing – masing dalam $0,405 m^3$

$$W_{pc} = 0,29 \times 0,405 = 117,45 \text{ kg}$$

$$W_{pasir} = 0,8092 \times 0,405 = 327,726 \text{ kg}$$

$$W_{kerikil} = 1,065 \times 0,405 = 431,325 \text{ kg}$$

$$W_{air} = 0,183 \times 0,405 = 74,115 \text{ kg}$$

K-225 dalam perbandingan (pc = 1) (pasir = 2,79) (kerikil = 3,672)

3.3.4. Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dikerjakan dengan langkah langkah sebagai berikut:

1. Melakukan peningkatan bahan-bahan, seperti semen, pasir, kerikil, serta, Fly Ash, sesuai dengan kebutuhan rencana campuran beton.
2. Memasukkan sebagian bahan-bahan adukan beton kedalam mixer, dilanjutkan menghidupkan mixer dan penambahan bahan-bahan sedikit demi sedikit.
3. Pada saat mixer mulai berputar diusahakan posisi mixer selalu dalam keadaan miring sekitar 45° , agar didapat adukan beton yang merata.
4. Setelah adukan terlihat merata, sebagian adukan dituang kebaki dan dilakukan pengujian slump dengan mempergunakan kerucut Abrams.
5. Mempersiapkan cetakan-cetakan kubus yang akan dipakai untuk mencetak benda uji dengan terlebih dahulu diolesi oli.
6. Menuangkan semua adukan beton dari mixer ke baki.
7. Memasukkan adukan beton kedalam cetakan-cetakan dengan menggunakan cetok, sedikit demi sedikit sambil ditusuk-tusuk agar tidak keropos.
8. Adukan yang telah dicetak diletakan ditempat yang terlindung, dan setelah 24 jam cetakan dapat dibuka.
9. Memberi kode pada tiap benda uji agar tidak tertukar dan mudah dikelompokan.

3.3.5. Perawatan benda uji

Beton memerlukan perawatan untuk menjamin terjadinya proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna dengan menjaga kelembaban permukaan

beton, untuk mempertahankan beton supaya berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu, digunakan cara merendam benda uji dalam bak berisi air atau disimpan didalan lapisan karung yang selalu dalam keadaan basah.

3.3.6. Perendaman dalam larutan sulfat.

Guna membuktikan adanya serangan sulfat pada beton, maka dilakukan perendaman dalam larutan sulfat selama 15 hari dan 30 hari. Larutan yang digunakan yaitu asam sulfat (H_2SO_4). Asam sulfat yang digunakan dilarutkan dalam air hingga mencapai kadar 5%. Kadar ini tergolong agak melebihi yang sering terjadi dialam. Kami mengambil kadar ini karena penelitian yang dibatasi oleh waktu supaya beton benar-benar terserang oleh sulfat dalam waktu singkat.

Pelaksanaannya:

- Melarutkan H_2SO_4 pekat (98%) kedalam air dengan perbandingan tertentu kedalam air hingga mencapai konsentrasi 5%.
- Sebelum direndam sampel beton perlu ditandai sesuai dengan kondisi pariasi Fly Ash yang dilakukan.
- Merendam sampel kedalam larutan sulfat 5%.
- Sampel untul uji pengurangan berat sebelum direndam terlebih dahulu ditimbang beratnya, untuk mengetahui berat awal.

3.3.7. Pengujian benda uji

Pengujian akan dilaksanakan pada umur 28 hari + 15 hari rendaman sulfat dan + 30 hari rendaman sulfat, dengan pengujian sebagai berikut:

1. Pengujian berat volume normal.

Berat volume beton dihasilkan dengan cara mengukur volume masing-masing benda uji dan menimbanginya. Untuk memperkecil kesalahan dalam pengukuran, masing-masing sisi diukur 3 kali dengan tempat pengukuran yang berbeda-beda, kemudian diambil rata-ratanya. Berat volume yang dihasilkan dapat dihitung dengan cara membagi berat benda uji dengan volumenya.

2. Pengujian desak beton.

Beban vertikal yang dikerjakan pada benda uji, diberikan dengan mesin desak hidrolik. Setelah benda uji siap pada tempat pengujian, pembebanan dilakukan secara beransur-ansur sampai mencapai beban maksimum, yaitu saat benda uji mengalami kehancuran.

3. Pengujian pengurangan berat beton.

Salah satu sebab yang ditimbulkan oleh serangan sulfat terhadap beton adalah terjadinya peluruhan sebagian bahan dari beton, hal ini dapat dideteksi dengan mengukur perubahan berat beton setelah terjadinya serangan sulfat.

3.4 Data Hasil Pengujian

3.4.1. Pengujian berat volume

Tabel 3.1. Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0 %

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat volume (kg/m ³)	Berat volume Rata-rata (kg/m ³)
1	28	8,400	3525,31	2382,7692	2386,7900
2	28	8,264	3534,79	2337,9041	
3	28	8,235	3536,95	2328,2772	
4	28	8,400	3490,97	2406,2080	
5	28	8,465	3516,23	2407,4079	
6	28	8,310	3527,99	2355,4489	
7	28	8,294	3532,55	2347,8790	
8	28	8,420	3502,52	2403,9834	
9	28	8,400	3488,66	2407,8013	
10	28	8,266	3442,80	2400,9527	
11	28	8,410	3525,31	2385,6058	
12	28	8,310	3534,79	2350,9176	
13	28	8,650	3536,95	2445,6099	
14	28	8,260	3490,97	2366,1046	
15	28	8,280	3516,23	2354,7948	
16	28	8,510	3527,99	2412,1384	
17	28	8,320	3532,55	2355,2391	
18	28	8,505	3502,52	2428,2517	
19	28	8,460	3488,66	2424,9999	
20	28	8,240	3442,80	2393,4007	
21	28	8,350	3525,31	2368,5860	
22	28	8,620	3534,79	2438,6173	
23	28	8,535	3536,95	2413,0960	
24	28	8,340	3490,97	2389,0208	
25	28	8,315	3516,23	2364,7486	

Tabel 3.2. Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0 % dan Direndam Dalam Larutan H₂SO₄ Selama 15 Hari.

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
1	43	8,340	3525,31	2365,7494	2369,7644
2	43	8,250	3534,79	2333,9435	
3	43	8,585	3536,95	2427,2325	
4	43	8,210	3490,97	2351,7819	
5	43	8,210	3516,23	2334,8871	
6	43	8,455	3527,99	2396,5487	
7	43	8,250	3532,55	2335,4234	
8	43	8,450	3502,52	2412,5487	

Tabel 3.3. Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0 % dan Direndam Dalam Larutan H₂SO₄ Selama 30 Hari.

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
1	58	8,380	3488,66	2402,0684	2380,7806
2	58	8,170	3442,80	2373,0684	
3	58	8,290	3525,31	2351,5662	
4	58	8,560	3534,,79	2421,6432	
5	58	8,460	3536,95	2391,8913	
6	58	8,290	3490,97	2374,6982	
7	58	8,265	3516,23	2350,5288	

Tabel 3.4. Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10 %

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
1	28	8,340	3486,40	2392,1524	2401,7019
2	28	8,445	3558,13	2373,4377	
3	28	8,325	3472,65	2441,7041	
4	28	8,435	3484,09	2421,7041	
5	28	8,370	3504,75	2388,1875	
6	28	8,460	3484,15	2428,1389	
7	28	8,390	3488,73	2404,8866	
8	28	8,385	3456,64	2425,7661	
9	28	8,384	3534,87	2371,7987	
10	28	8,205	3500,22	2344,1384	
11	28	8,180	3486,40	2346,2598	
12	28	8,150	3558,13	2290,5290	
13	28	8,680	3472,65	2499,5321	
14	28	8,250	3484,09	2367,9067	
15	28	8,350	3504,75	2382,4809	
16	28	8,425	3484,15	2416,6583	
17	28	8,740	3488,73	2505,2096	
18	28	8,420	3456,64	2435,8915	
19	28	8,450	3534,87	2390,4698	
20	28	8,530	3500,22	2436,9897	
21	28	8,320	3486,40	2386,4158	
22	28	8,380	3558,13	2355,1697	
23	28	8,290	3472,65	2387,2259	
24	28	8,450	3484,09	2425,3105	
25	28	8,500	3504,75	2425,2799	

Tabel 3.5. Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10 % Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 15 Hari.

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
1	43	8,130	3486,40	2331,9183	2391,1498
2	43	8,120	3558,13	2282,0976	
3	43	8,630	3472,65	2485,1338	
4	43	8,195	3484,09	2352,1206	
5	43	8,310	3504,75	2371,0678	
6	43	8,338	3484,15	2393,1231	
7	43	8,695	3488,73	2492,3109	
8	43	8,370	3456,64	2421,4266	

Tabel 3.6. Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10 % Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 30 Hari.

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
1	58	8,380	3534,87	2370,6671	2379,8029
2	58	8,460	3500,22	2416,9909	
3	58	8,220	3486,40	2357,7329	
4	58	8,300	3558,13	2332,6859	
5	58	8,250	3472,65	2375,7073	
6	58	8,390	3484,09	2408,0893	
7	58	8,400	3504,75	2396,7473	

Tabel 3.7. Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20 %

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
1	28	8,360	3484,15	2399,4375	2414,3618
2	28	8,415	3488,75	2412,0387	
3	28	8,340	3511,77	2374,8708	
4	28	8,345	3495,65	2387,2527	
5	28	8,330	3511,77	2372,0232	
6	28	8,385	3468,07	2417,7713	
7	28	8,615	3477,23	2477,5468	
8	28	8,390	3468,08	2419,2060	
9	28	8,420	3507,18	2400,7892	
10	28	8,350	3408,75	2449,5782	
11	28	8,480	3484,15	2433,4601	
12	28	8,600	3488,75	2465,0663	
13	28	8,270	3511,77	2354,9378	
14	28	8,280	3495,65	2368,6582	
15	28	8,470	3511,77	2411,8892	
16	28	8,210	3468,07	2367,3109	
17	28	8,500	3477,23	2444,4745	
18	28	8,580	3468,07	2367,3109	
19	28	8,430	3507,18	2403,7639	
20	28	8,450	3408,75	2478,9146	
21	28	8,520	3484,15	2445,3597	
22	28	8,520	3488,75	2442,1354	
23	28	8,250	3511,77	2349,2427	
24	28	8,510	3495,65	2434,4543	
25	28	8,340	3511,77	2374,8708	

Tabel 3.8. Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20 % Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 15 Hari.

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
1	43	8,450	3484,15	2425,2687	2398,3355
2	43	8,570	3488,75	2456,4672	
3	43	8,250	3511,77	2349,2427	
4	43	8,220	3495,65	2351,4940	
5	43	8,410	3511,77	2394,8038	
6	43	8,140	3468,07	2347,1268	
7	43	8,445	3477,23	2428,6573	
8	43	8,440	3468,08	2433,6232	

Tabel 3.9. Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20 % Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 30 Hari.

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
1	58	8,380	3507,18	2389,3841	2401,5943
2	58	8,410	3408,75	2467,1801	
3	58	8,475	3484,15	2432,4441	
4	58	8,450	3488,75	2422,0709	
5	58	8,170	3511,77	2326,4622	
6	58	8,425	3495,65	2410,1383	
7	58	8,300	3511,77	2363,4805	

Tabel 3.10. Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30 %.

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
1	28	8,525	3502,42	2434,0313	2434,0096
2	28	8,530	3484,15	2448,2298	
3	28	8,210	3449,80	2379,8480	
4	28	8,250	3447,35	2393,1426	
5	28	8,530	3375,00	2527,4074	
6	28	8,290	3424,50	2420,7914	
7	28	8,240	3454,36	2385,3912	
8	28	8,230	3404,45	2348,4427	
9	28	8,310	3536,61	2349,7078	
10	28	8,420	3447,36	2442,4487	
11	28	8,490	3502,42	2424,0382	
12	28	8,270	3484,15	2373,6062	
13	28	8,690	3449,80	2518,9866	
14	28	8,310	3447,35	2410,5472	
15	28	8,180	3375,00	2423,7037	
16	28	8,310	3424,50	2426,5316	
17	28	8,620	3454,36	2495,3971	
18	28	8,240	3504,45	2402,6595	
19	28	8,590	3536,61	2451,1692	
20	28	8,530	3447,36	2474,3572	
21	28	8,420	3502,42	2404,0521	
22	28	8,610	3484,15	2471,1909	
23	28	8,420	3449,80	2440,7212	
24	28	8,690	3447,35	2520,7768	
25	28	8,380	3375,00	2482,9629	

Tabel 3.11. Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30 %
Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 15 Hari

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
1	43	8,410	3502,42	2401,1969	2417,0771
2	43	8,190	3484,15	2350,6451	
3	43	8,600	3449,80	2492,8981	
4	43	8,290	3447,35	2403,0379	
5	43	8,140	3375,00	2411,8519	
6	43	8,270	3424,50	2414,9511	
7	43	8,535	3454,36	2470,7905	
8	43	8,380	3404,45	2391,2454	

Tabel 3.12. Berat Volume Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30 %
Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 30 Hari.

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Volume (cm ³)	Berat volume (kg/m ³)	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
1	58	8,540	3536,61	2414,7418	2437,1969
2	58	8,425	3447,36	2443,8991	
3	58	8,380	3502,42	2392,6314	
4	58	8,580	3448,15	2408,0479	
5	58	8,390	3449,80	2432,6251	
6	58	8,650	3447,35	2509,1737	
7	58	8,300	3375,00	2459,2593	

3.4.2. Hasil pengujian kuat desak beton

Tabel 3.13. Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0 %

NO	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Kubus (kg/cm ²)	Kuat Desak Silinder (kg/cm ²)	Kuat desak rata-rata (kg/cm ²)
1	28	232,694	665	291,3272	241,8015	235,8813
2	28	230,280	660	292,1678	242,4993	
3	28	234,080	580	252,5854	209,6459	
4	28	230,427	630	278,7095	231,3289	
5	28	232,401	680	298,2742	247,5676	
6	28	231,344	650	286,4176	237,7266	
7	28	232,404	725	318,0087	263,9472	
8	28	230,277	690	305,4521	253,5252	
9	28	228,765	650	290,6184	241,2133	
10	28	228,000	645	228,3828	189,5577	

Tabel 3.14. Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0 % Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 15 Hari.

NO	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Kubus (kg/cm ²)	Kuat Desak Silinder (kg/cm ²)	Kuat desak rata-rata (kg/cm ²)
1	43	232,694	775	339,1670	281,7988	255,6222
2	43	230,280	680	301,0213	249,8477	
3	43	234,080	600	261,2952	216,8750	
4	43	230,427	695	307,4652	255,1961	
5	43	232,401	715	313,6264	260,3099	
6	43	231,344	800	352,5140	292,5866	
7	43	232,404	640	280,7249	233,0017	
8	43	230,277	695	307,6655	255,3624	

Tabel 3.15 Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0 % Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 30 Hari.

NO	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Kubus (kg/cm ²)	Kuat Desak Silinder (kg/cm ²)	Kuat desak rata-rata (kg/cm ²)
1	58	228,765	750	334,2075	277,3922	246,6123
2	58	228,000	730	326,3868	270,9010	
3	58	232,694	640	280,3750	232,7113	
4	58	230,280	585	258,9669	214,9425	
5	58	234,080	655	285,2473	236,7553	
6	58	230,427	670	296,4053	246,0164	
7	58	232,401	680	298,2741	247,5675	

Tabel 3.16. Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10 %

NO	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Kubus (kg/cm ²)	Kuat Desak Silinder (kg/cm ²)	Kuat desak rata-rata (kg/cm ²)
1	28	230,1253	790	349,9511	290,4594	253,4811
2	28	234,0875	475	206,8521	171,6872	
3	28	228,7650	660	294,1029	244,1054	
4	28	229,9730	820	363,4809	301,6892	
5	28	231,3360	575	253,3782	210,3039	
6	28	229,9770	750	332,4463	275,9304	
7	28	229,8240	710	314,9253	261,3879	
8	28	228,7650	585	260,6819	216,3659	
9	28	233,3250	815	356,6819	295,5418	
10	28	231,0375	730	322,0957	267,3394	

Tabel 3.17. Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10 % Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 15 Hari.

NO	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Kubus (kg/cm ²)	Kuat Desak Silinder (kg/cm ²)	Kuat desak rata-rata (kg/cm ²)
1	43	230,1253	910	403,1082	334,5798	289,1577
2	43	234,0875	635	276,5286	229,5187	
3	43	228,7650	935	416,6454	345,8157	
4	43	229,9730	855	378,9953	314,5661	
5	43	231,3360	800	352,5261	292,5967	
6	43	229,9770	745	330,2299	274,0908	
7	43	229,8240	735	326,0142	270,5918	
8	43	228,7650	680	303,0148	251,5023	

Tabel 3.18. Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10 % Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 30 Hari

NO	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Kubus (kg/cm ²)	Kuat Desak Silinder (kg/cm ²)	Kuat desak rata-rata (kg/cm ²)
1	58	233,3250	915	399,7647	331,8047	280,0857
2	58	231,0375	790	348,5693	289,3125	
3	58	230,1253	720	318,9427	264,7224	
4	58	234,0875	770	335,3182	278,3141	
5	58	228,7650	725	323,0673	268,1459	
6	58	229,9730	750	332,4521	275,9352	
7	58	231,3360	690	304,0538	252,3647	

Tabel 3.19. Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20 %

NO	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Kubus (kg/cm ²)	Kuat Desak Silinder (kg/cm ²)	Kuat desak rata-rata (kg/cm ²)
1	28	229,9770	680	301,4179	250,1768	260,3213
2	28	230,2800	695	307,6615	255,3590	
3	28	231,0375	685	302,2405	250,8596	
4	28	231,9525	685	301,0482	249,8700	
5	28	231,0375	760	335,3325	278,3259	
6	28	229,6740	705	312,9117	259,7167	
7	28	230,2800	715	316,5151	262,7075	
8	28	228,9165	715	318,4003	264,2723	
9	28	230,7360	750	331,3527	275,0227	
10	28	227,2500	690	309,5208	256,9023	



Tabel 3.20. Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20 % Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 15 Hari.

NO	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Kubus (kg/cm ²)	Kuat Desak Silinder (kg/cm ²)	Kuat desak rata-rata (kg/cm ²)
1	43	229,9770	860	381,2051	316,4002	334,8301
2	43	230,2800	905	400,6240	332,5179	
3	43	231,0375	805	355,1878	294,8059	
4	43	231,9525	935	410,9199	341,0635	
5	43	231,0375	1100 (dh)	485,3498	402,8403	
6	43	229,6740	685	304,0348	252,3488	
7	43	230,2800	1100 (dh)	486,9463	404,1654	
8	43	228,9165	905	403,0103	334,4986	

Catatan : dh = kuat desak (tekan) dihentikan

Tabel 3.21. Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20 % Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 30 Hari

NO	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Kubus (kg/cm ²)	Kuat Desak Silinder (kg/cm ²)	Kuat desak rata-rata (kg/cm ²)
1	58	230,7360	1000	441,8036	366,6969	327,4388
2	58	227,2500	865	388,0224	322,0586	
3	58	229,9770	760	336,8789	279,6095	
4	58	230,2800	960	424,9713	352,7262	
5	58	231,0375	915	403,7227	335,0898	
6	58	231,9525	920	404,3276	335,5919	
7	58	231,0375	820	361,8062	300,2992	

Tabel 3.22. Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30 %

NO	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Kubus (kg/cm ²)	Kuat Desak Silinder (kg/cm ²)	Kuat desak rata-rata (kg/cm ²)
1	28	228,7650	690	307,4709	255,2009	256,2648
2	28	229,6720	730	324,0107	268,9289	
3	28	228,1610	660	294,8813	244,7514	
4	28	228,1500	745	332,8744	276,2858	
5	28	225,0000	675	305,8200	253,8306	
6	28	225,0000	665	301,2893	250,0702	
7	28	228,4632	660	294,4912	244,4277	
8	28	229,8000	710	314,9582	261,4153	
9	28	229,6500	725	321,8223	267,1125	
10	28	226,8000	645	289,9087	240,6243	

Tabel 3.23. Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30 % Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 15 Hari.

NO	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Kubus (kg/cm ²)	Kuat Desak Silinder (kg/cm ²)	Kuat desak rata-rata (kg/cm ²)
2	43	229,6720	845	375,0736	311,2945	288,6351
3	43	228,1610	775	364,2621	302,3375	
1	43	228,7650	925	412,1894	342,1172	
4	43	228,1500	780	348,5128	289,2656	
5	43	225,0000	660	299,0240	248,1899	
6	43	225,0000	810	366,9840	304,5967	
7	43	228,4632	620	276,6432	229,6139	
8	43	229,8000	765	339,3564	281,6658	

Tabel 3.24. Kuat Desak Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30 % Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 30 Hari

NO	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Kubus (kg/cm ²)	Kuat Desak Silinder (kg/cm ²)	Kuat desak rata-rata (kg/cm ²)
1	58	229,6500	710	315,1639	261,5861	280,9184
2	58	226,8000	835	375,3082	311,5658	
3	58	228,7650	870	387,6809	321,7751	
4	58	229,6720	760	337,3263	279,9808	
5	58	228,1610	720	321,6886	267,0016	
6	58	228,1500	725	323,9382	268,8687	
7	58	225,0000	680	308,0853	255,7108	

3.4.3 Pengurangan berat beton setelah di rendam H₂SO₄

Tabel 3.25 Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0 % Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 15 Hari

NO	Fly Ash (%)	Berat Awal (a) kg	Berat Akhir (b) kg	Selisih (a – b) kg
1	0	8,410	8,340	0,070
2	0	8,310	8,250	0,060
3	0	8,650	8,585	0,065
4	0	8,260	8,210	0,050
5	0	8,280	8,210	0,070
6	0	8,510	8,455	0,055
7	0	8,320	8,250	0,070
8	0	8,505	8,450	0,055

Tabel 3.26. Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10 %
Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 15 Hari

NO	Fly Ash (%)	Berat Awal (a) kg	Berat Akhir (b) kg	Selisih (a – b) kg
1	10	8,180	8,130	0,050
2	10	8,150	8,120	0,030
3	10	8,680	8,630	0,050
4	10	8,250	8,195	0,055
5	10	8,350	8,310	0,040
6	10	8,425	8,338	0,087
7	10	8,740	8,695	0,045
8	10	8,420	8,370	0,050

Tabel 3.27 Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20 %
Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 15 Hari

NO	Fly Ash (%)	Berat Awal (a) kg	Berat Akhir (b) kg	Selisih (a – b) kg
1	20	8,480	8,450	0,030
2	20	8,600	8,570	0,030
3	20	8,270	8,250	0,020
4	20	8,280	8,220	0,060
5	20	8,470	8,410	0,060
6	20	8,210	8,140	0,070
7	20	8,500	8,445	0,055
8	20	8,580	8,440	0,140

Tabel 3.28. Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30 %
Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 15 Hari

NO	Fly Ash (%)	Berat Awal (a) kg	Berat Akhir (b) kg	Selisih (a – b) kg
1	30	8,490	8,410	0,080
2	30	8,270	8,190	0,080
3	30	8,690	8,600	0,090
4	30	8,310	8,290	0,020
5	30	8,180	8,140	0,040
6	30	8,310	8,270	0,040
7	30	8,620	8,535	0,085
8	30	8,420	8,380	0,040

Tabel 3.29 Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 0 %
Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 30 Hari

NO	Fly Ash (%)	Berat Awal (a) kg	Berat Akhir (b) kg	Selisih (a – b) kg
1	0	8,460	8,380	0,080
2	0	8,240	8,170	0,070
3	0	8,350	8,290	0,060
4	0	8,620	8,560	0,060
5	0	8,535	8,460	0,075
6	0	8,340	8,290	0,050
7	0	8,315	8,265	0,050

Tabel 3.30. Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 10 %
Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 30 Hari

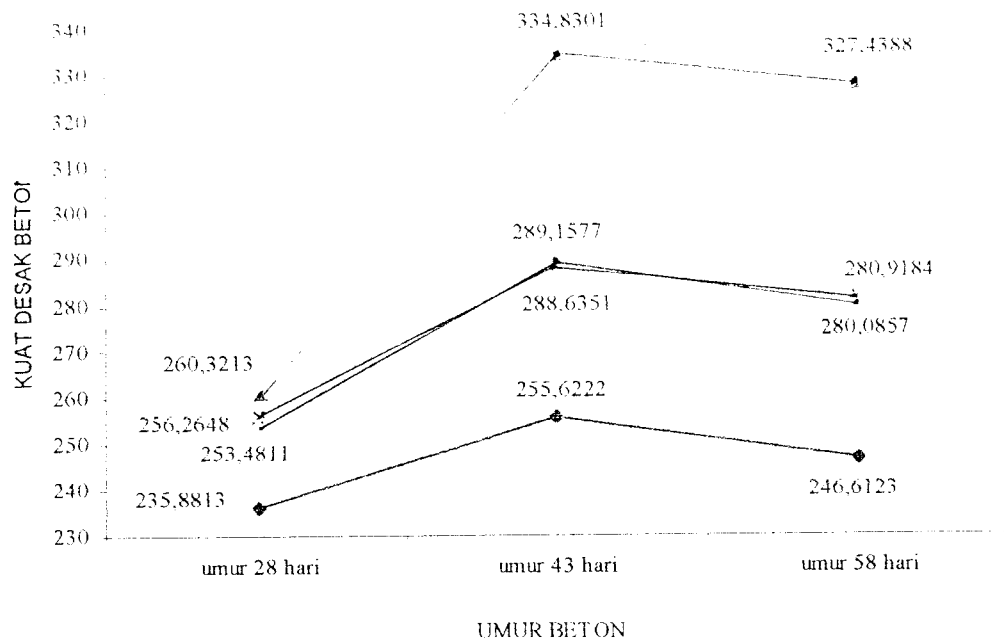
NO	Fly Ash (%)	Berat Awal (a) kg	Berat Akhir (b) kg	Selisih (a – b) kg
1	10	8,450	8,380	0,070
2	10	8,530	8,460	0,070
3	10	8,320	8,220	0,100
4	10	8,380	8,300	0,080
5	10	8,290	8,250	0,040
6	10	8,450	8,390	0,060
7	10	8,500	8,400	0,100

Tabel 3.31. Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 20 %
Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 30 Hari

NO	Fly Ash (%)	Berat Awal (a) kg	Berat Akhir (b) kg	Selisih (a – b) kg
1	20	8,430	8,380	0,050
2	20	8,450	8,410	0,040
3	20	8,520	8,475	0,045
4	20	8,520	8,450	0,070
5	20	8,250	8,170	0,080
6	20	8,510	8,425	0,085
7	20	8,340	8,300	0,040

Tabel 3.32 Pengurangan Berat Beton Dengan Variasi Penambahan Fly Ash 30 %
Dan Direndam Dalam H₂SO₄ Selama 30 Hari

NO	Fly Ash (%)	Berat Awal (a) kg	Berat Akhir (b) kg	Selisih (a – b) kg
1	30	8,590	8,540	0,050
2	30	8,530	8,425	0,105
3	30	8,420	8,380	0,040
4	30	8,610	8,580	0,030
5	30	8,420	8,390	0,030
6	30	8,690	8,650	0,040
7	30	8,380	8,300	0,080



GRAFIK . 1 PERBANDINGAN KUAT DESAK BETON

SIMBOL	%
◆	0 %
□	10 %
△	20 %
X	30 %

SIMBOL	%	KUAT DESAK BETON		
		28 HARI	43 HARI	58 HARI
◆	0 %	235,8813	255,6222	246,6123
□	10 %	253,4811	289,1577	280,0857
△	20 %	260,3213	334,8301	327,4388
X	30 %	256,2648	288,6351	280,9184

BAB IV

ANALISA HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Pengujian terhadap sampel beton untuk mendapatkan kuat desak beton, berat volume beton dan pengurangan berat, data data yang dihasilkan dianalisa untuk mendapatkan jawaban dari rumusan masalah yang ditetapkan. Analisa hasil pengujian terhadap sampel beton dapat dilihat sebagai berikut :

4.2. Berat Volume Beton

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton dan volume beton, pada penelitian ini dipakai benda uji berbentuk kubus sehingga perhitungan berat volume beton adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{Berat beton}}{\text{Volume beton (P x L x T)}}$$

Keterangan :

P = Panjang kubus

L = Lebar kubus

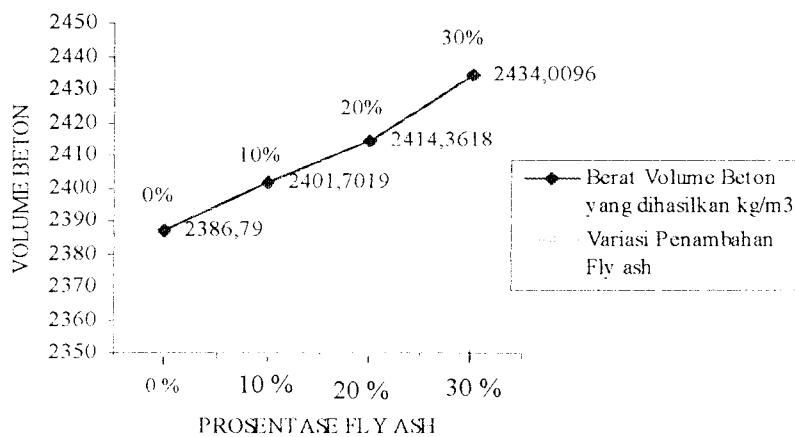
T = Tinggi kubus

Untuk tiap variasi adukan, berat volume beton adalah rata rata dari berat volume benda uji yang berjumlah 25 buah.

$$\text{Berat volume (tiap variasi adukan)} = \frac{\sum_{n=1}^1 \text{Berat volume beton}}{n}$$

Tabel 4.1 Daftar Berat Volume Beton Pada Tiap Variasi Penambahan Fly Ash

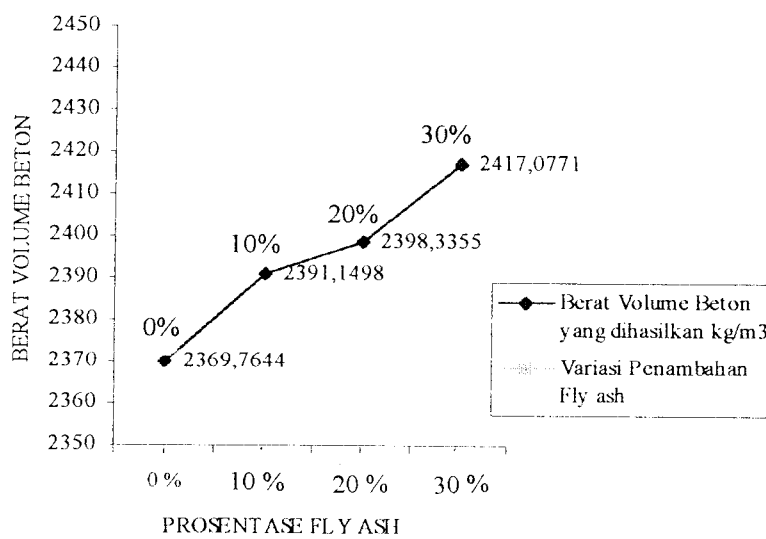
No	Jenis	Variasi Penambahan Fly Ash	Berat Volume Beton yang dihasilkan (kg/m ³)
1	Tanpa Rendaman	0 %	2386,7900
2		10 %	2401,7019
3		20 %	2414,3618
4		30 %	2434,0096



GRAFIK 4.1 BERAT VOLUME BETON TANPA RENDAMAN

Tabel 4.2 Daftar Berat Volume Beton Pada Tiap Variasi Penambahan Fly Ash Rendaman 15 Hari

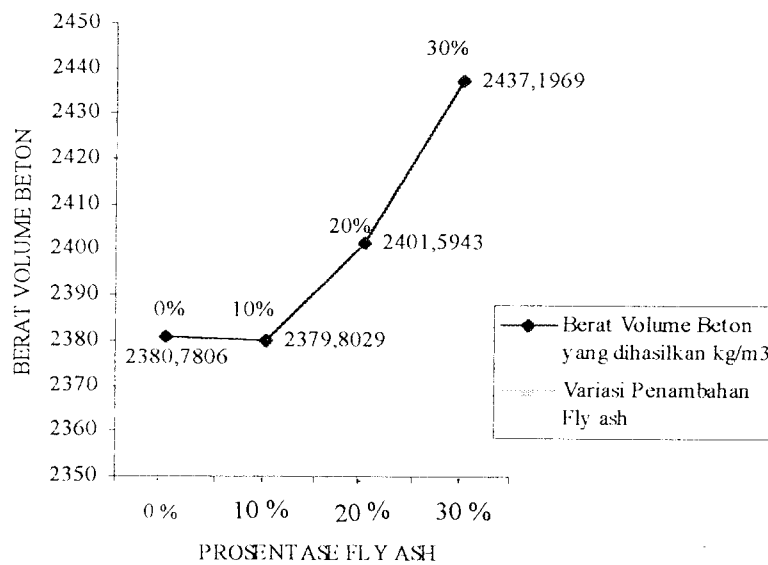
No	Jenis	Variasi Penambahan Fly ash	Berat Volume Beton yang dihasilkan (kg/m ³)
1	Rendaman	0 %	2369,7644
2	15 hari	10 %	2391,1498
3		20 %	2398,3355
4		30%	2417,0771



Grafik 4.2 Berat Volume Beton Rendaman 15 Hari

Tabel 4.3 Daftar Berat Volume Beton Pada Tiap Variasi Penambahan Fly Ash Rendaman 30 Hari

No	Jenis	Variasi Penambahan Fly Ash	Berat Volume Beton yang dihasilkan (kg/m^3)
1	Rendaman 30 hari	0 %	2380,7806
2		10 %	2379,8029
3		20 %	2401,5943
4		30 %	2437,1969



Grafik 4.3 . Berat Volume Beton Rendaman 30 Hari.

Dari hasil tersebut terlihat bahwa penambahan Fly Ash cenderung menambah berat volume beton, karena Fly Ash yang ditambah mengisi pori pori beton sehingga kepadatan beton meningkat dan diikuti bertambahnya berat volume beton.

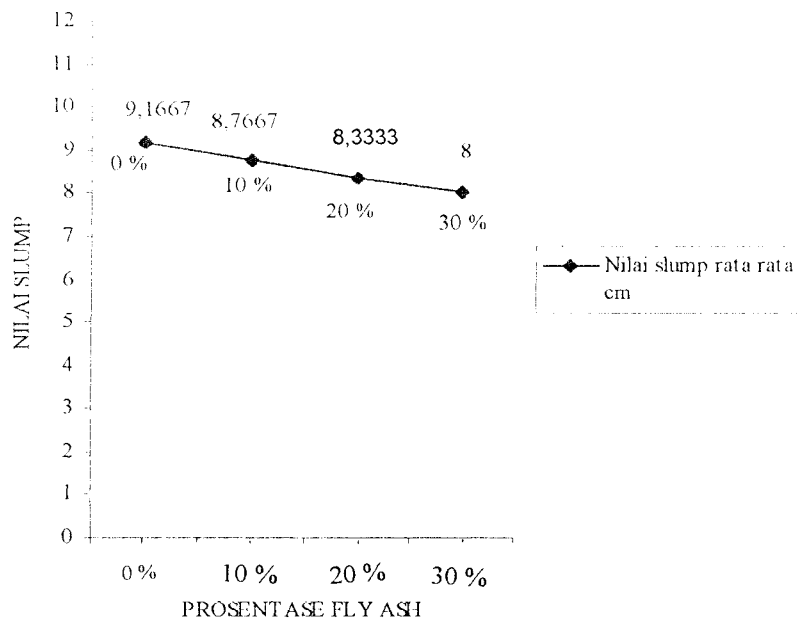
4.3.Slump

Nilai nilai slump yang dicapai pada berbagai variasi campuran beton normal dan beton Fly Ash adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4. Nilai Slump Pada Campuran Beton

Variasi campuran	Nilai slump	Nilai rata-rata slump
0 %	9	9,1667
	9,5	
	9	
10 %	8,8	8,7667
	9	
	8,5	
20 %	8,5	8,3333
	9	
	7,5	
30 %	8,5	8
	7,5	
	8	

Dari tabel 4.4. terlihat bahwa terjadi penurunan nilai slump sejalan dengan penambahan Fly Ash, ini menunjukkan bahwa air dalam adukan diserap oleh Fly Ash yang mempunyai tingkat penyerapan air cukup tinggi. Penurunan nilai slump ini mempengaruhi tingkat kemudahan pengerjaan beton (workability), karena dengan turunnya nilai slump berarti kelecakan beton berkurang, sehingga beton semakin kental dan sulit dikerjakan.



Grafik 4.4. Penurunan Nilai Slump.

4.3. Hasil Perhitungan Pengurangan Berat Beton.

Dari percobaan perendaman sulfat ternyata terjadi peluruhan beton yang mengakibatkan pengurangan berat data dan perhitungan pengurangan berat dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Data perhitungan pengurangan berat beton sebelum dan setelah direndam dalam larutan asam sulfat H_2SO_4 5% selama 15 hari.

Tabel 4.5 Pengurangan Berat Beton Umur 43 Hari, Fly Ash 0 %

No	Fly Ash (%)	Berat awal (A)	Berat akhir (B)	Selisih (A) – (B)	% pengurangan $\frac{(A) - (B)}{(A)} \times 100 \%$
1	0	8,410	8,430	0,070	0,8323
2	0	8,310	8,250	0,060	0,7220
3	0	8,650	8,585	0,065	0,7514
4	0	8,260	8,210	0,050	0,6053
5	0	8,280	8,210	0,070	0,8454
6	0	8,510	8,455	0,055	0,6462
7	0	8,320	8,250	0,070	0,8413
8	0	8,505	8,450	0,055	0,6466
		Rt = 8,4056	Rt = 8,3438	Rt=0,0618	Rt = 0,7363

Tabel 4.6 Pengurangan Berat Beton Umur 43 Hari, Fly Ash 10 %

No	Fly Ash (%)	Berat awal (A)	Berat akhir (B)	Selisih (A) – (B)	% pengurangan $\frac{(A) - (B)}{(A)} \times 100 \%$
1	10	8,180	8,130	0,050	0,6112
2	10	8,150	8,120	0,030	0,3681
3	10	8,680	8,630	0,050	0,5763
4	10	8,250	8,195	0,055	0,6667
5	10	8,350	8,310	0,040	0,4797
6	10	8,425	8,338	0,087	1,0326
7	10	8,740	8,695	0,045	0,5149
8	10	8,420	8,370	0,050	0,5938
		Rt = 8,3994	Rt = 8,3485	Rt=0,0508	Rt = 0,6054

Tabel 4.7 Pengurangan Berat Beton Umur 43 Hari, Fly Ash 20 %

No	Fly Ash (%)	Berat awal (A)	Berat akhir (B)	Selisih (A) - (B)	% pengurangan $\frac{(A) - (B)}{(A)} \times 100\%$
1	20	8,480	8,450	0,030	0,3538
2	20	8,600	8,570	0,030	0,3488
3	20	8,270	8,250	0,020	0,2418
4	20	8,280	8,220	0,060	0,7246
5	20	8,470	8,410	0,060	0,7084
6	20	8,210	8,140	0,070	0,8526
7	20	8,500	8,445	0,055	0,6471
8	20	8,580	8,440	0,140	1,6317
		Rt = 8,4237	Rt = 8,3656	Rt=0,0581	Rt = 0,6886

Tabel 4.8 Pengurangan Berat Beton Umur 43 Hari, Fly Ash 30 %

No	Fly Ash (%)	Berat awal (A)	Berat akhir (B)	Selisih (A) - (B)	% pengurangan $\frac{(A) - (B)}{(A)} \times 100\%$
1	30	8,490	8,410	0,080	0,9423
2	30	8,270	8,190	0,080	0,9674
3	30	8,690	8,600	0,090	1,0357
4	30	8,310	8,290	0,020	0,2407
5	30	8,180	8,140	0,040	0,4889
6	30	8,310	8,270	0,040	0,4814
7	30	8,620	8,535	0,085	0,9861
8	30	8,420	8,380	0,040	0,4751
		Rt = 8,4112	Rt = 8,3518	Rt=0,0594	Rt = 0,7022

Tabel 4.9 Pengurangan Berat Beton Umur 58 Hari , Fly Ash 0 %

No	Fly Ash (%)	Berat awal (A)	Berat akhir (B)	Selisih (A) - (B)	% pengurangan $\frac{(A) - (B)}{(A)} \times 100\%$
1	0	8,460	8,380	0,080	0,9456
2	0	8,240	8,170	0,070	0,8495
3	0	8,350	8,290	0,060	0,7186
4	0	8,620	8,560	0,060	0,6961
5	0	8,535	8,460	0,075	0,8787
6	0	8,340	8,290	0,050	0,5995
7	0	8,315	8,265	0,050	0,6013
		Rt = 8,4086	Rt = 8,3450	Rt=0,0636	Rt = 0,7556

Tabel 4.10 Pengurangan Berat Beton Umur 58 Hari , Fly Ash 10 %

No	Fly Ash (%)	Berat awal (A)	Berat akhir (B)	Selisih (A) - (B)	% pengurangan $\frac{(A) - (B)}{(A)} \times 100\%$
1	10	8,450	8,380	0,070	0,8284
2	10	8,530	8,460	0,070	0,8206
3	10	8,320	8,220	0,100	1,2019
4	10	8,380	8,300	0,080	0,9547
5	10	8,290	8,250	0,040	0,4825
6	10	8,450	8,390	0,060	0,7101
7	10	8,500	8,400	0,100	1,1765
		Rt = 8,4171	Rt = 8,3428	Rt=0,0743	Rt = 0,8821

Tabel 4.11 Pengurangan Berat Beton Umur 58 Hari , Fly Ash 20 %

No	Fly Ash (%)	Berat awal (A)	Berat akhir (B)	Selisih (A) – (B)	% pengurangan $\frac{(A) - (B)}{(A)} \times 100 \%$
1	20	8,430	8,380	0,050	0,5931
2	20	8,450	8,410	0,040	0,4734
3	20	8,520	8,475	0,045	0,5282
4	20	8,520	8,450	0,070	0,8216
5	20	8,250	8,170	0,080	0,9697
6	20	8,510	8,425	0,085	0,9988
7	20	8,340	8,300	0,040	0,4796
		Rt = 8,4314	Rt = 8,3729	Rt=0,0585	Rt = 0,6949

Tabel 4.12 Pengurangan Berat Beton Umur 58 Hari , Fly Ash 30 %

No	Fly Ash (%)	Berat awal (A)	Berat akhir (B)	Selisih (A) – (B)	% pengurangan $\frac{(A) - (B)}{(A)} \times 100 \%$
1	30	8,590	8,540	0,050	0,5821
2	30	8,530	8,425	0,105	1,2309
3	30	8,420	8,380	0,040	0,4751
4	30	8,610	8,580	0,030	0,3484
5	30	8,420	8,390	0,030	0,3563
6	30	8,690	8,650	0,040	0,4603
7	30	8,380	8,300	0,080	0,9547
		Rt = 8,5200	Rt = 8,4663	Rt=0,0537	Rt = 0,6297

Dapat dilihat dari tabel 4.5 sampai tabel 4.12 ternyata perendaman dengan asam sulfat akan menurunkan berat beton.

4.5 Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan

Perhitungan kuat desak beton yang disyaratkan (f_c') dimaksudkan untuk mengetahui mutu beton dan merupakan ukuran dari mutu pelaksanaannya.

Perhitungan ini didasarkan pada ketentuan rumus sebagai berikut:

$$f_c' = f_{cr} - 1,64 kS$$

Keterangan :

f_c' = Kuat desak yang disyaratkan

f_{cr} = Kuat desak rata-rata (kg/cm^2)

K = Pengali deviasi standar

S = Deviasi standar

Untuk memenuhi persyaratan di atas perlu dicari hal-hal sebagai berikut:

a. Mencari deviasi standar

Deviasi standar dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c_{28}} - f_{cr})^2}{N - 1}}$$

Keterangan :

S = Deviasi Standar (kg/cm^2)

$f_{c_{28}}$ = Kuat Tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (kg/cm^2)

f_{cr} = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm^2)

N = Jumlah benda uji

b. Mencari konversi jumlah benda uji yang disyaratkan

Untuk mencari angka konversi dari jumlah benda uji yang disyaratkan berdasarkan jumlah benda uji 30 buah. Pada penelitian ini diambil 25 buah sampel bervariasi. Dari keadaan ini dapat dilihat faktor pengali terhadap deviasi standar yang dihitung berdasarkan tabel sebagai berikut:

Tabel 4.13 Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar Bila Data Benda Uji Yang Tersedia Kurang Dari 30 Buah.

Jumlah benda uji	Faktor pengali deviasi standar
15	1,160
18	1,120
19	1,096
20	1,080
25	1,030
≥30	1,000

- c. Faktor konversi kubus dengan dimensi $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ sebesar 0,83 agar setara dengan sampel benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
- d. Faktor umur beton dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.14 Faktor Umur Beton

No	Umur (hari)	Nilai konversi
1	3	0,40
2	7	0,65
3	14	0,88
4	21	0,95
5	28	1
6	Konversi 43	1,0484
7	Konversi 58	1,0968
8	90	1,2

Hasil perhitungan kuat desak beton yang disyaratkan dengan ketentuan-ketentuan tersebut diatas adalah sebagai berikut:

Tabel 4.15 Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan Dengan Penambahan Fly Ash 0 %

No	Umur (hari)	Kuat desak (kg/cm)	Fc 28	$(F_c28-f_{cr})^2$	S	$f_c' = (f_{cr}-1,64.k.s)$
1	28	241,8015	241,8015	35,0488	21,6054	189,3854
2	28	242,4993	242,4993	43,7979		
3	28	209,6459	209,6459	688,2962		
4	28	231,3289	231,3289	20,7243		
5	28	247,5676	247,5676	136,5696		
6	28	237,7266	237,7266	3,4051		
7	28	263,9472	263,9472	787,6947		
8	28	253,5252	253,5252	311,3072		
9	28	241,2133	241,2133	28,4302		
10	28	189,5577	189,5577	2145,8759		
F _{cr} =235,8813 Σ=4201,1499						
11	43	281,7988	268,7894	623,4259	23,1404	204,7321
12	43	249,8477	238,3133	30,3336		
13	43	216,8750	206,8628	1365,9011		
14	43	255,1961	243,4148	0,1649		
15	43	260,3099	248,2925	19,9952		
16	43	292,5866	279,0762	1242,9362		
17	43	233,0017	222,2450	465,5195		
18	43	255,3624	243,5734	0,0612		
F _{cr} =243,8209 Σ=3748,3376						
19	58	277,3922	252,9105	787,5544	19,8081	191,3872
20	58	270,9010	246,9922	490,4054		
21	28	232,7113	212,1729	160,6353		
22	58	214,9425	195,9724	833,7483		
23	58	236,7553	215,8600	80,7679		
24	58	246,0164	224,3038	0,2951		
25	58	247,5675	225,7180	0,7585		
F _{cr} =224,8471 Σ=2354,1649						

Tabel 4.16 Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan Dengan Penambahan Fly Ash 10 %

No	Umur (hari)	Kuat desak (kg/cm)	Fc 28	$(Fc_{28}-f_{cr})^2$	S	$F_c' = (f_{cr}-1,64.k.s)$
1	28	290,4594	290,4594	1367,4021	42,4774	191,7281
2	28	171,6872	171,6872	6690,2257		
3	28	244,1054	244,1054	87,9019		
4	28	301,6891	301,6891	2324,0209		
5	28	210,3039	210,3039	1864,2620		
6	28	275,9304	275,9304	503,9756		
7	28	261,3875	261,3875	62,5127		
8	28	216,3659	216,3659	1377,5306		
9	28	295,5418	295,5418	1769,1109		
10	28	267,3394	267,3394	192,0552		
F _{cr} =253,4810 Σ =16238,9976						
11	43	334,5798	319,1337	1877,0729	34,6226	217,3240
12	43	229,5187	218,9228	3235,9828		
13	43	345,8157	329,8509	2920,5810		
14	43	314,5661	300,0440	587,3595		
15	43	292,5967	279,0888	10,7604		
16	43	274,0908	261,4372	206,5343		
17	43	270,5918	258,0997	313,6016		
18	43	251,5023	239,8915	1290,0309		
F _{cr} =275,8085 Σ =10441,9234						
19	58	331,8047	302,5207	2223,5468	29,3265	205,8278
20	58	289,3125	263,7787	70,7701		
21	28	264,7224	241,3588	196,2072		
22	58	278,3141	253,7510	2,6089		
23	58	268,1459	244,4802	118,5050		
24	58	275,9352	251,5820	14,3202		
25	58	252,3647	230,0918	638,7953		
F _{cr} =255,3662 Σ =3264,7537						

Tabel 4.17 Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan Dengan Penambahan Fly Ash 20 %

No	Umur (hari)	Kuat desak (kg/cm)	Fc 28	$(Fc_{28}-f_{cr})^2$	S	Fc'= (fcr-1,64.k.s)
1	28	250,1768	250,1768	102,9109	9,9997	226,2165
2	28	255,3590	255,3590	24,6244		
3	28	250,8596	250,8596	89,5238		
4	28	249,8700	249,8700	109,2296		
5	28	278,3259	278,3259	324,1656		
6	28	259,7167	259,7167	0,3655		
7	28	262,7075	262,7075	5,6939		
8	28	264,2723	264,2723	15,6104		
9	28	275,0227	275,0227	216,1312		
10	28	256,9023	256,9023	11,6896		
Fcr=260,3213 $\Sigma=899,9449$						
11	43	316,4002	301,7934	309,0212	48,6654	237,1668
12	43	332,5176	317,1667	4,8651		
13	43	294,8059	281,1960	1457,4375		
14	43	341,0635	325,3181	35,3513		
15	43	402,8403	384,2430	4208,1947		
16	43	252,3488	240,6989	6189,5196		
17	43	404,1654	385,5068	4373,7588		
18	43	334,4986	319,0563	0,0999		
Fcr=319,3724 $\Sigma=16578,2481$						
19	58	336,6969	306,9811	251,7014	39,7053	228,0458
20	58	322,0586	293,6347	6,3438		
21	28	279,6095	254,9321	1309,2746		
22	58	352,7262	296,9786	34,3701		
23	58	335,0898	305,5159	207,3571		
24	58	335,5919	305,9736	220,7483		
25	58	300,2992	273,7958	299,9893		
Fcr=291,1160 $\Sigma=2329,7846$						

Tabel 4.18 Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan Dengan Penambahan Fly Ash 30 %

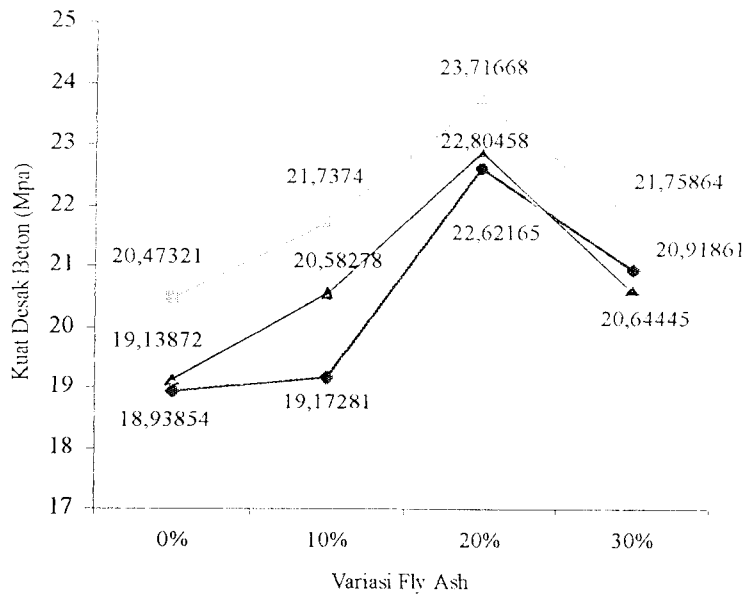
No	Umur (hari)	Kuat desak (kg/cm)	Fc 28	$(Fc28-fcr)^2$	S	Fc'= (fcr-1,64.k.s)
1	28	255,2009	255,2009	1,1319	27,8704	209,1861
2	28	268,9289	268,9289	160,3794		
3	28	244,7514	244,7514	132,5584		
4	28	276,2858	276,2858	400,8404		
5	28	253,8306	253,8306	5,9253		
6	28	250,0702	250,0702	38,3731		
7	28	244,4277	244,4277	140,1170		
8	28	261,4153	261,4153	26,5276		
9	28	267,1125	267,1125	117,6725		
10	28	240,6243	240,6243	244,6252		
Fcr=256,2648 $\Sigma=1268,1508$						
11	43	311,2945	296,9234	467,1347	34,1722	217,5864
12	43	302,3375	288,3799	170,8196		
13	43	342,1172	326,3232	2602,3363		
14	43	289,2656	275,9115	0,3617		
15	43	248,1899	236,7321	1488,2621		
16	43	304,5967	290,5348	231,7915		
17	43	229,6139	219,0136	3169,2959		
18	43	281,6658	268,6625	44,1906		
Fcr=275,3101 $\Sigma=8174,1924$						
19	58	261,5861	238,4997	310,9509	29,4155	206,4445
20	58	311,5658	284,0680	780,3530		
21	28	321,7751	293,3763	1387,0485		
22	58	279,9808	255,2706	0,7441		
23	58	267,0016	243,4369	161,1960		
24	58	268,8687	245,1392	120,8680		
25	58	255,7108	233,1426	528,5677		
Fcr=256,1332 $\Sigma=3289,7282$						

Hasil perhitungan kuat desak yang disyaratkan dari data pengujian benda uji pada penelitian ini dicantumkan dalam tabel.

Tabel 4.19 Kuat Desak Yang Disyaratkan (fc')

No	Jenis	Variasi Fly Ash	Kuat desak beton yang disyaratkan (fc')		
			Umur hari	Kg/cm ²	Mpa
1	Beton tanpa Fly Ash	0 %	28	189,3854	18,93854
2		0 %	43	204,7321	20,47321
3		0 %	58	191,3872	19,13872
4	Beton Fly Ash	10 %	28	191,7281	19,17281
5		10 %	43	217,3740	21,73740
6		10 %	58	205,8278	20,58278
7		20 %	28	226,2165	22,62165
8		20 %	43	237,1668	23,71668
9		20 %	58	228,0458	22,80458
10		30 %	28	209,1861	20,91861
11		30 %	43	217,5864	21,75864
12		30 %	58	206,4445	20,64445

Pengaruh penambahan Fly Ash pada kuat desak beton pada berbagai variasi penambahan Fly Ash disajikan dalam bentuk grafik dibawah ini.



Grafik 4.5 Kuat Desak Beton yang disyaratkan (fc')

Keterangan :

- ◆ = Umur 28 hari
- = Umur 43 hari
- ▲ = Umur 58 hari

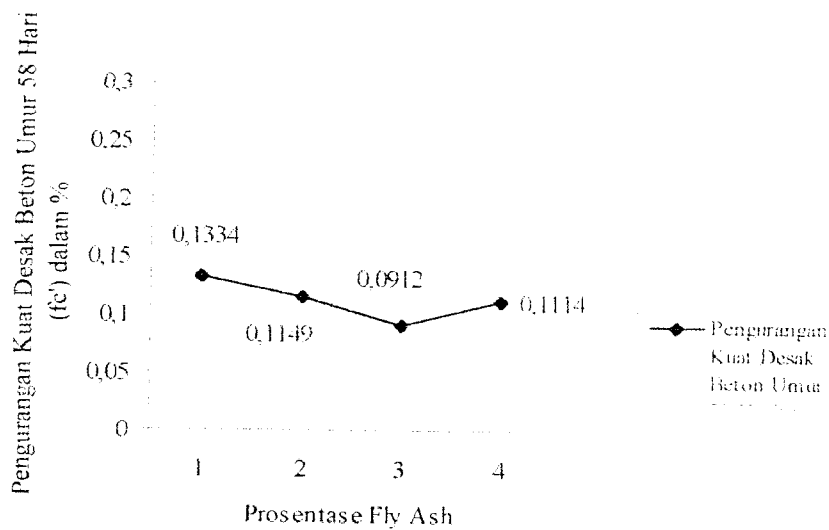
Pada grafik 4.5, kuat desak beton terlihat kuat desak maksimum terjadi pada penambahan Fly Ash 20%, tetapi pada penambahan Fly Ash 30% kuat desak justru menurun hal ini karena penambahan Fly Ash yang berlebihan justru mengganggu kelekatan pasta dengan agregat.

Pengaruh asam sulfat H_2SO_4 pada beton dapat dilihat pada tabel 4.20 dimana beton rendaman 15 hari (berumur 43 hari) ternyata kuat desak beton masih naik hal ini dikarenakan pada umur 43 hari asam sulfat belum berpengaruh pada beton (asam sulfat yang dipakai asam sulfat 5%), tetapi pada rendaman 30 hari (umur beton 58 hari) beton telah mengalami penurunan kuat desak dikarenakan beton telah mengalami peluruhan karena serangan asam sulfat.

Penurunan kuat desak beton dan prosentase penurunannya dapat dilihat pada tabel 4.20 dan grafik 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.20 penurunan kuat desak akibat rendaman sulfat

No	Jenis	Fly Ash	Penurunan Kuat Desak Beton		
			Umur 43	Umur 58	Prosentase
1	Beton	0%	204,7321	191,3872	0,1335
2	rendaman	10 %	217,3240	205,8278	0,1150
3	asam	20 %	237,1664	228,0458	0,0912
4	sulfat	30%	217,5864	206,4445	0,1114



Grafik 4.6 Pengurangan Kuat Desak Beton Umur 58 hari

Dari tabel 4.20 dan grafik 4.6 diatas ternyata untuk penambahan Fly Ash optimal (10% dan 20%) akan berpengaruh terhadap pengurangan kuat desak beton akibat serangan asam sulfat sehingga kuat desak beton menurun. Maka besar prosentase Fly Ash (sampai batas optimal) penurunan kuat desak beton makin kecil, artinya penambahan Fly Ash akan menghambat kuat desak beton terhadap asam sulfat.(menambah ketahanan beton terhadap asam sulfat).

Pada umur 43 hari kuat desak beton masih mengalami kenaikan kuat desak yang lebih besar dibanding pengaruh asam sulfat terhadap beton, sedangkan pada umur 58 hari kuat desak sudah mengalami penurunan akibat serangan asam sulfat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari seluruh percobaan dan penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuat desak beton meningkat pada penambahan Fly Ash sampai dengan 20% dan menurun kembali pada penambahan Fly Ash 30%.
2. Penambahan Fly Ash akan meningkatkan berat volume beton .
3. Asam sulfat akan merusak atau meluruhkan campuran material beton, menurunkan kualitas dan mengurangi berat beton.
4. Asam sulfat berpengaruh terhadap penurunan kuat desak beton pada perendaman 30 hari dan penambahan Fly Ash memperkecil penurunan kuat desak beton akibat perendaman didalam asam sulfat.

5.2 Saran

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan memperkecil jarak penambahan Fly Ash antara 10% sampai 20%.
2. Kadar asam yang bervariasi dan umur rendaman beton dapat diperpanjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1990, *Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*, SK-SNI-M-62-1990-03, Yayasan LPMB, Bandung.
- Anonim, 1990, *Spesifikasi Beton Tahan Sulfat*, SK-SNI-S-37-1990-03, Yayasan LPMB, Bandung .
- Antono, A. 1971, *Diktat Teknologi Beton*, FT UGM, Yogyakarta.
- Bambang Ismanto, 1991, *Stabilitas Abu Terbang Suralaya*, Seminar Mekanika Bahan – PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Dipohusodo, Istimawan., 1991, *Beton Bertulang*, Gramedia, Jakarta.
- Konstruksi (majalah), 1996, edisi Februari 1996.
- Murdock L.J, Brook., K.M, 1986, *Bahan dan Praktek Beton*, (Terjemahan oleh S.Hindarko) Erlangga, Jakarta.
- Nelson, Athur H., dan George Winter, 1993, *Concerete Mix Design*, Applied Science Publisher Ltd., London.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono., 1992, *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.

LAMPYRAN



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	EMRIZAL	90310159		STRUKTUR
2.	ADRIYANTO KUENIAWAN	90310057		STRUKTUR

Dosen Pembimbing I : IR. H.M. SAMSUDIN, MT
 Dosen Pembimbing II : IR. FAISOL AM., MS
 1 2

Yogyakarta, 28 Agustus 1997
 An. Dekan,
 Ketua Jurusan Teknik Sipil.

51

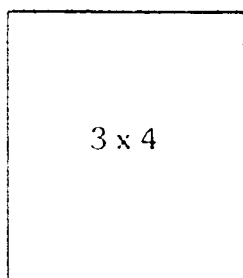
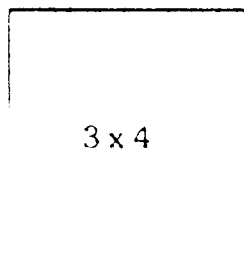
IR. BAMBANG SULISTIONO, MSCE



No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	EMRIZAL	90.310.159		STRUKTUR
2.	ADRIYANTO KUENIAWAN	90.310.057		STRUKTUR

Dosen Pembimbing I : IR. H.M. SAMSUDIN, MT.
 Dosen Pembimbing II : IR. FAISOL AM., MS
 1 2

Yogyakarta,
 Dekan,



CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN	Paraf
1	18/9 97	I	Praposal perbaikan dan kegiatan	<u>kel</u>
	23/9	II	Undangan Hari di lapangan - Reaksi kimia Ca(OH) ₂ dengan mempertahankan hipotesis, terutama kedua	<u>kel</u>
	24/9	III	Kejelasan dan kejelasan tentang laporan hasil di ked. ketan, jika di lapangan dan persisapan dan penelitian lab.	<u>kel</u>
	4/10 97	IV	Perbaikan lab I, lab II, dan III	<u>kel</u>
	18/10 97	V	Teori tentang praktik pengapadatan H ₂ O ₄ ked. ketan. dan pengapadatan Fly ash terkandung, perolehan waktu reaksi H ₂ O ₄ ked. ketan.	<u>kel</u>
	2/1 98	VI	Perbaikan analisis dan perbaikan - kuantitas dan - kualitas	<u>kel</u>
	8/1 97	VII VIII	Perbaikan analisis dan perbaikan laporan. Hal. ketan. ked. ketan. ketan.	<u>kel</u>
No.	Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN	Paraf
	15/1 98	VIII	• Perbaikan - Laporan awal - ketan ketan. - Fly ash ked. ketan. - ketan ketan.	
	14/1 98	IX	- Perbaikan perbaikan ketan - pengapadatan fly ash. - ketan ketan dan ketan Pengapadatan ketan ketan ketan	<u>kel</u>
	16/2 98		- Ketan ketan s/d. ketan ketan perbaikan - Perbaikan ketan ketan ketan ketan ketan	<u>kel</u>
	17/2 98		Perbaikan - ketan ketan ketan ketan ketan	<u>kel</u>



HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / /199

FLY ASH 0%

Pengirim : Benda uji asal :

Keperluan : Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) P x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
1	15,11 x 15,40 x 15,15	232,694	8,400	8.10.1997	3.11.97		665		
2.	15,20 x 15,15 x 15,35	230,280	8,264				660		
3.	15,20 x 15,40 x 15,11	234,080	8,235				580		
4.	15,25 x 15,11 x 15,15	230,427	8,400				630		
5.	15,15 x 15,34 x 15,13	232,401	8,465				680		
6	15,20 x 15,22 x 15,25	231,344	8,310				650		
7.	15,17 x 15,32 x 15,20	232,404	8,294				725		
8.	15,23 x 15,12 x 15,24	230,277	8,420				690		
9.	15,15 x 15,10 x 15,25	228,765	8,400				650		
10.	15 x 15,20 x 15,10	228,000	8,266				645		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur 28 hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = = kg/cm²

Skripsi = 9 cm.

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpun : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. 2 / / 1997

FLY ASH 0%
sebelum di Pandom . H₂SO₄

Pengirim :
Keperluan :
Benda uji asal :
Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
11	15,11 x 15,40 x 15,15		8,410	0 . 10 . 97	18 . 11 . 97				
12	15,20 x 15,15 x 15,35		8,310						
13	15,20 x 15,40 x 15,11		8,650						
14	15,25 x 15,11 x 15,15		8,260						
15	15,15 x 15,34 x 15,13		8,280						
16	15,20 x 15,22 x 15,25		8,510						
17	15,17 x 15,32 x 15,20		8,320						
18	15,23 x 15,12 x 15,21		8,505						

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm²

Yogyakarta, 199

Kepada Bagian Lab. BKT. FT. UII

slump : 9,5 cm

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpn : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199

FLY ASH 0%

Pengirim : Benda uji asal : Di terima tanggal : 18.11.97
Keperluan : Setelah Di Rendam 7/2 SO9

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
11			8,340	8.10.97	18.11.97		775		
12			8,250				680		
13			8,585				600		
14			8,210				695		
15			8,455				715		
16			8,250				800		
17							640		
18			8,450				695		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm²

SLUMP = 9,5 cm.



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpon : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO.4 / / 1997

FLY ASH 0%.

sebelum di Rendam H₂SO₄

Pengirim : Benda uji asal
Keperluan : Di terima tanggal

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
19	15,15 x 15,10 x 15,25		8,460	13.10.97	5.12.97				
20	15 x 15,20 x 15,10		8,240						
21	15,11 x 15,40 x 15,15		8,350						
22	15,20 x 15,15 x 15,35		8,620						
23	15,20 x 15,40 x 15,11		8,535						
24	15,25 x 15,11 x 15,15		8,340						
25	15,15 x 15,34 x 15,18		8,315						

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = _____ = kg/cm²

Slump : 9 cm

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpon : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199

Pengirim :
Keperluan :
Benda uji asal : FLY ASH 0%
Di terima tanggal : Setelah Di Rencanakan f_{1,2}SO₄

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
19			8,380	13.10.97	5.12.97		750		
20			8,170				730		
21			8,290				640		
22			8,560				585		
23			8,460				655		
24			8,290				670		
25			8,265				680		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = _____ = kg/cm²

alamp : 9 opp

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kalireng KM. 14.4 Telpn : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199

FLY ASH 10%

Pengirim :

Benda uji asal

Keperluan :

Di terima tanggal

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (kN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ke:
1	15,23 x 15,11 x 15,15	230,125	8,340	9.10.97	4.11.97		790		
2	15,25 x 15,35 x 15,20	234,087	8,415				475		
3	15,15 x 15,10 x 15,18	228,765	8,325				660		
4	15,23 x 15,10 x 15,15	229,973	8,370				820		
5	15,30 x 15,12 x 15,15	231,336	8,460				575		
6	15,15 x 15,18 x 15,15	229,977	8,390				750		
7	15,12 x 15,20 x 15,18	229,824	8,385				710		
8	15,10 x 15,15 x 15,11	228,765	8,384				585		
9	15,30 x 15,25 x 15,15	233,325	8,205				815		
10	15,15 x 15,25 x 15,15	231,038	8,435				730		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm²

Yogyakarta, 199

Kepada Bagian Lab. BKT FT UH

Sal-vip 8,8 cm



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpun : 8953330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO.7 / / 1997

+ FLY ASH 10 %.
SEBELUM DI RENDAM H₂SO₄.

Pengirim : Benda uji asal :
Keperluan : Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
11	15,23 x 15,11 x 15,15		8.180	9.10.97	19.11.97				
12	15,25 x 15,35 x 15,20		8.150						
13	15,15 x 15,10 x 15,10		8.680						
14	15,23 x 15,12 x 15,15		8.250						
15	15,30 x 15,12 x 15,15		8.350						
16	15,15 x 15,10 x 15,15		8.425						
17	15,12 x 15,20 x 15,10		8.740						
18	15,10 x 15,15 x 15,11.		8.420						

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm²

Slump : 9 cm

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpun : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. 8 / / /1997

+ FLY ASH 10 %
Setelah Di Rendam . H₂SO₄

Pengirim :

Keperluan :

Benda uji asal

Di terima tanggal

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
11			8.130	9.10.97	19.11.97		910		
12			8.120				635		
13			8.630				935		
14			8.195				855		
15			8.310				800		
16			8.338				745		
17			8.695				735		
18			8.370				680		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = = kg/cm²

Slump : 9 cm

Yogyakarta.

Kepada Bagian Lab. BKT. FT. UII

199

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpun : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. 9 / / 1997

+ FLY ASH 10 %
SEBELUM DIRENDAM. H₂SO₄.

Pengirim :
Keperluan :
Benda uji asal :
Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
19	15,30 x 15,25 x 15,15		8.450	13.10.97	5.12.97				
20	15,15 x 15,25 x 15,15		8.530						
21	15,23 x 15,11 x 15,15		8.320						
22	15,25 x 15,35 x 15,20		8.380						
23	15,15 x 15,10 x 15,18		8.290						
24	15,23 x 15,10 x 15,15		8.450						
25	15,30 x 15,12 x 15,15		8.500						

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²
- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm²
Slump : 8,5 cm

Yogyakarta,
Kepada Bagian Lab. BKT. FT. UII
199

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpun : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO.10 / / 1997

+ FLY ASH 10 %
SETELAH DI BENDAM . H₂SO₄.

Pengirim :

Benda uji asal

Keperluan :

Di terima tanggal

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
19			8,380	13.10.97	5.12.97		915		
20			8,460				790		
21			8,220				720		
22			8,300				770		
23			8,250				725		
24			8,390				750		
25			8,400				690		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm²

Slump : 8,5 cm

Yogyakarta,

199

Kepada Bagian Lab. BKT. FT. UII

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpn : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199

FLY ASH 20%

Pengirim :
Keperluan :
Benda uji asal :
Di terima tanggal :

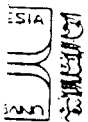
No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
1	15,15 x 15,18 x 15,15	229,977	8,360	10.10.97	5.11.97		680		
2	15,20 x 15,15 x 15,15	230,280	8,415				695		
3	15,15 x 15,25 x 15,20	231,0375	8,340				685		
4	15,20 x 15,18 x 15,15	230,736	8,345				760		
5	15,25 x 15,15 x 15,20	231,0375	8,330				705		
6	15,16 x 15,15 x 15,10	229,674	8,385				715		
7	15,20 x 15,15 x 15,11	230,280	8,615				715		
8	15,11 x 15,15 x 15,15	228,9165	8,390				750		
9	15,18 x 15,20 x 15,20	230,736	8,420						
10	15,15 x 15 x 15	227,25	8,350				690		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = _____ = kg/cm²

Slump = 6,5 cm.

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpn : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO.12 / / 1997

+ FLY ASH 20 %
SEBELUM DI PENDAM H₂SO₄.

Pengirim :
Keperluan :

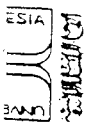
Benda uji asal
Di terima tanggal

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
11	15,15 x 15,18 x 15,15		8,480	10.10.97	20.11.97				
12	15,20 x 15,15 x 15,15		8.600						
13	15,15 x 15,25 x 15,20		8.270						
14	15,20 x 15,18 x 15,15		8,280						
15	15,25 x 15,15 x 15,20		8,470						
16	15,16 x 15,15 x 15,10		8,210						
17	15,20 x 15,15 x 15,11		8,500						
18	15,11 x 15,15 x 15,15.		8,580						

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²
 - Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm²
 Slump : 9 cm

Yogyakarta,
 Kepada Bagian Lab. BKT. FT. UII
 199

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpun : 8953330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. 13 / / 1997

+ FLY ASH 20 %

SETELAH DI RENDAM. H₂SO₄

Pengirim :

Benda uji asal

Keperluan :

Di terima tanggal

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
11			8,450	10.10.97	20.11.97		860		
12			8,570				905		
13			8,250				805		
14			8,220				935		
15			8,410				1100 < DITENTUKAN >		
16			8,140				685		
17			8,445				1100 < DITENTUKAN >		
18			8,440				905		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = _____ = kg/cm²

S / ump : 9 tin

Yogyakarta.

199

Kepada Bagian Lab. BKT. FT. UII

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpn : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO.14 / / 199

+ FLYASH 20 %

SEBELUM DI RENDAM. H₂SO₄

Pengirim : Benda uji asal :
Keperluan : Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
19	15,18 x 15,20 x 15,20		8,430	13.10.97	5.12.97				
20	15,15 x 15 x 15		8,450						
21	15,15 x 15,18 x 15,15		8,520						
22	15,20 x 15,15 x 15,15		8,520						
23	15,15 x 15,25 x 15,20		8,250						
24	15,20 x 15,18 x 15,15		8,510						
25	15,25 x 15,15 x 15,20		8,340						

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²
- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = = kg/cm²

slump: 7,5 cm

Yogyakarta. 199
Kepada Bagian Lab. BKT. FT. UII

(.....)



HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199

Pengirim

Keperluan

Benda uji asal

Di terima tanggal

PLY ASIH 20%

SEKELAH PF REMDAM 12.304

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
19			8,380	13.10.97	15.12.97		1000		
20			8,410				865		
21			8,475				760		
22			8,450				960		
23			8,170				915		
24			8,425				920		
25			8,300				820		

Keterangan

Kuat desak rata rata umur hari = kg/cm²

Perataan rata rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm²

slump = 7,5 cm

Yogyakarta,

Kepada Bagian Lab. BKT. FT UIR

199



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telpun : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / /199

FLY ASH 30 %

Pengirim :
Keperluan :
Benda uji asal :
Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
1	15,10 x 15,15 x 15,30	228,765	8,525	11.10.97	6.11.97		690		
2	15,20 x 15,11 x 15,17	229,672	8,530				730		
3	15,10 x 15,11 x 15,12	228,161	8,210				660		
4	15 x 15,21 x 15,11	228,15	8,250				745		
5	15 x 15 x 15	225	8,530				675		
6	15 x 15 x 15,22	225	8,290				665		
7	15,11 x 15,12 x 15,12	228,4632	8,240				660		
8	15 x 15,32 x 15,25	229,8	8,230				710		
9	15 x 15,31 x 15,40	229,65	8,310				725		
10	15 x 15,12 x 15,20	226,8	8,420				645		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = _____ = kg/cm²

SLUMP = 8,5 cm

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpn : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199

FLY ASH 30 %
SBL DIPENDAM, U₂ SO₄

Pengirim :
Keperluan :
Benda uji asal :
Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
11	15,10 x 15,15 x 15,30	228,765	8,490	11.10.97	21.11.97				
12	15,20 x 15,11 x 15,17	229,672	8,270						
13	15,10 x 15,11 x 15,12	228,141	8,690						
14	15 x 15,21 x 15,11	228,15	8,310						
15	15 x 15 x 15	225	8,180						
16	15 x 15 x 15,22	225	8,310						
17	15,11 x 15,12 x 15,12	228,4632	8,620						
18	15 x 15,32 x 15,25	229,8	8,420						

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = _____ = kg/cm²

slump = 7,5 cm.

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpn : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199

Pengirim :
Keperluan :
Benda uji asal :
Di terima tanggal :

FLY ASH 30 %

SECELAH PEREMBAH 1/2 SO₂

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
11			8,410	11. 10. 97	21. 11. 97		845		
12			8,190				775		
13			8,600				925		
14			8,290				780		
15			8,140				660		
16			8,270				810		
17			8,535				620		
18			8,380				765		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = _____ = kg/cm²

slump = 7,5 cm.

Yogyakarta. 199

Kepada Bagian Lab. BKT. FT. UJI

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpn : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

+ FLY ASH 30 %
SEBELUM DI PENDAM H₂SO₄.

Pengirim :

Benda uji asal

Keperluan :

Di terima tanggal

NO. 19 / / 1997

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
19	15, x 15,31 x 15,40		8,590	13.10.97	5.12.97				
20	15,12 x 15 x 15,20		8,530						
21	15,15 x 15,30 x 15,10		8,420						
22	15,10 x 15,11 x 15,17		8,610						
23	15,16 x 15,12 x 15,11		8,420						
24	15,21 x 15 x 15,11		8,690						
25	15 x 15 x 15		8,380						

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = _____ = kg/cm²

Slump: 8 cm

Yogyakarta.

199

Kepada Bagian Lab. BKT. FT. UII

(.....)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpun : 895330 Yogyakarta

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. 20 / / 1997

+ FLY ASH 30 %

SESUDAH DI PENIDAM H_2SO_4 .

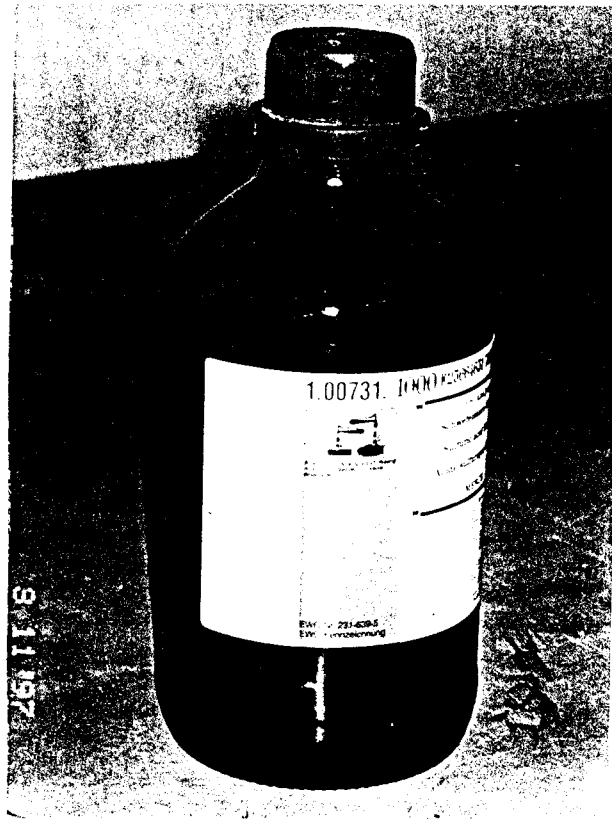
Pengirim :
Keperluan :
Benda uji asal :
Di terima tanggal :

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m ³	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm ²)	Ket.
19			8,540	13.10.97	5.12.97		710		
20			8,425				835		
21			8,380				870		
22			8,580				760		
23			8,390				720		
24			8,650				725		
25			8,300				680		

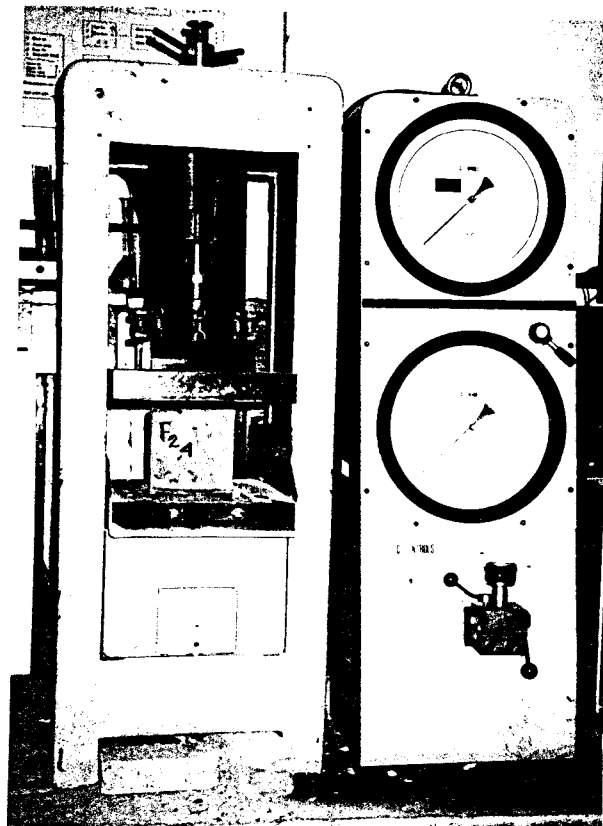
Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm²

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = _____ = kg/cm²

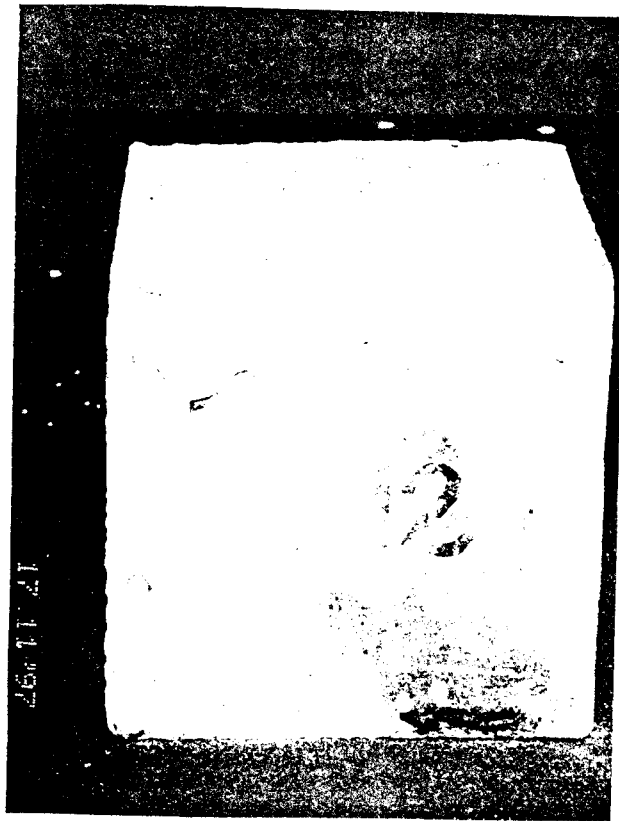
Slump: 8 cm.



•7 CONTOH ASAM SULFAT
 H_2SO_4 100 %



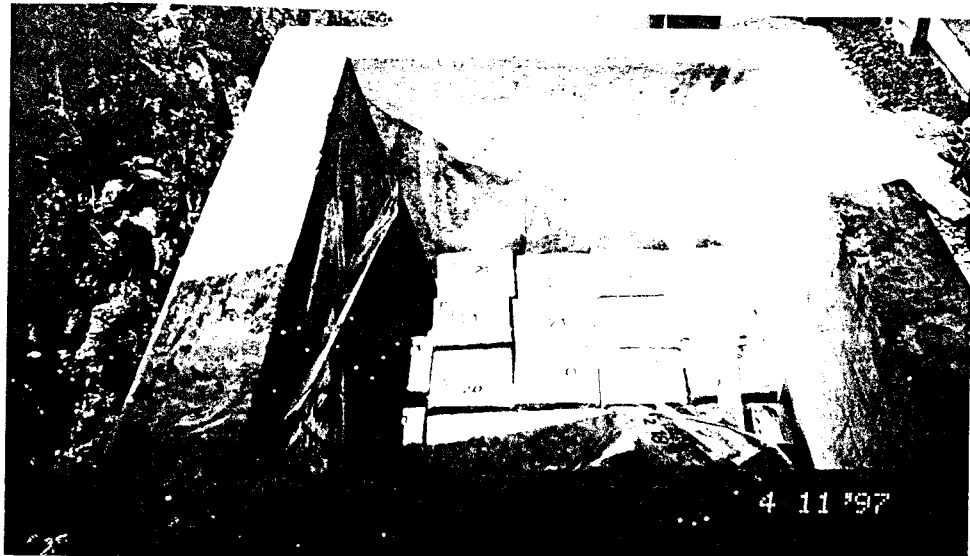
•7 MESIN PRESS MERK CONTROL
KEKUATAN 2000 KN.



•> PEMBARUH ASAM SULFAT
 H_2SO_4 TERHADAP LAPISAN BETON.



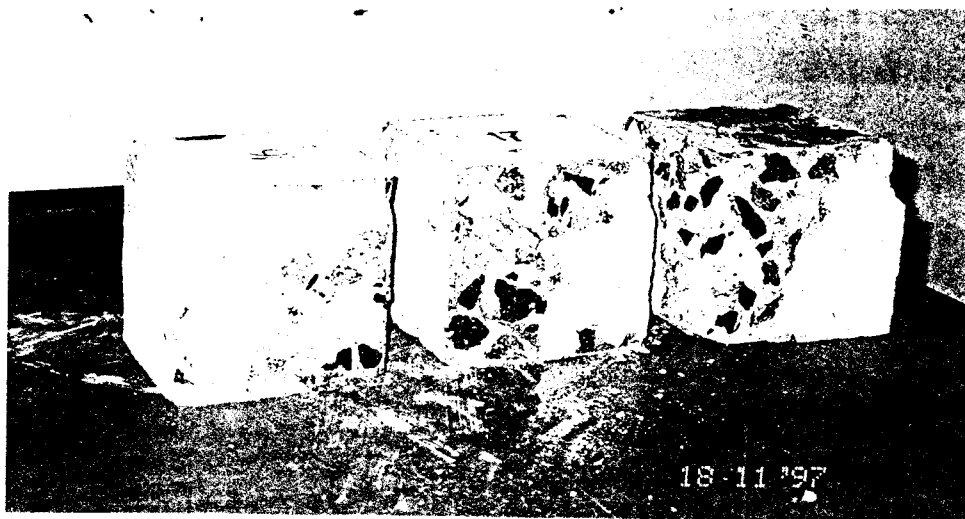
•> RETAKAN BAGIAN LUAR KARETA
PEMBARUH PENYADAPAN H_2SO_4 .



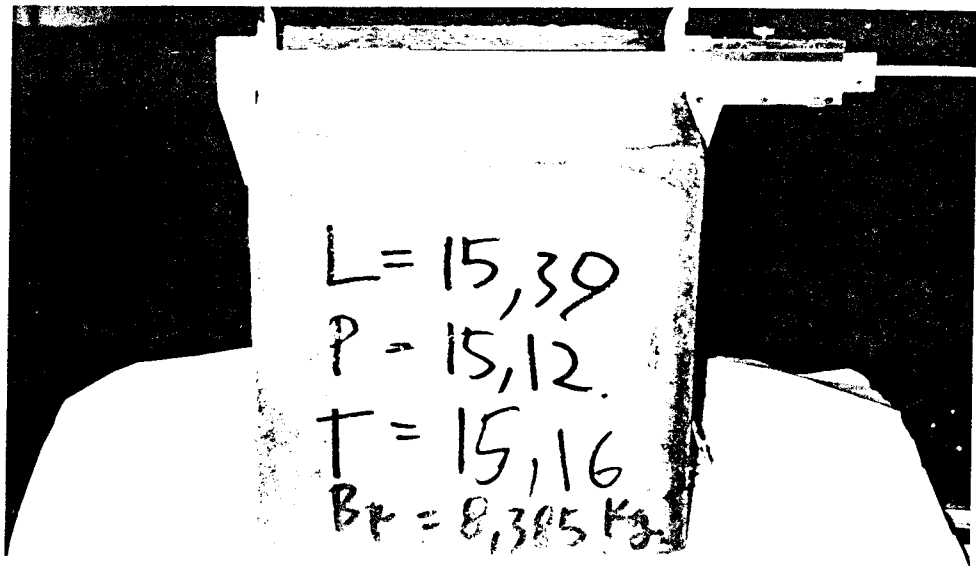
•> PERENDAMAN KUBUS BETON DALAM LARUTAN H_2SO_4



•> CONTOH RETAKAN BETON DENGAN PROSENTASE 10% 20% 30% FLY ASH DIRENDAM H_2SO_4



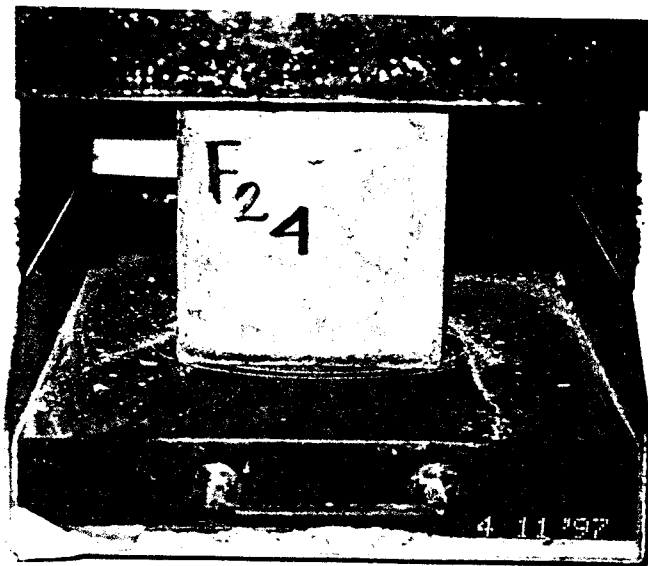
•> CONTOH RETAKAN BETON DENGAN PROSENTASE 10%, 20%, 30% FLY ASH DIRENDAM H_2SO_4



→ PEMBUKURAN KUBUS BETON.



→ PENIMBANGAN KUBUS BETON.



→ PENBUJIAN DAYA DESAK BETON.