

**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH SERANGAN MAGNESIUM SULFAT**  
**DAN PENAMBAHAN FLY ASH**  
**TERHADAP KUAT DESAK BETON**



Disusun oleh:

**SARWONO PUTRO**

No. Mhs : 91 310 164  
NIRM : 910051013114120164

**ELFIANDI NAIN**

No. Mhs : 92 310 075  
NIRM : 920051013114120075

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

**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH SERANGAN MAGNESIUM SULFAT**  
**DAN PENAMBAHAN FLY ASH**  
**TERHADAP KUAT DESAK BETON**

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

Disusun oleh:

**SARWONO PUTRO**

No. Mhs : 91 310 164  
NIRM : 910051013114120164

**ELFIANDI NAIN**

No. Mhs : 92 310 075  
NIRM : 920051013114120075

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

LEMBAR PENGESAHAN

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH SERANGAN MAGNESIUM SULFAT  
DAN PENAMBAHAN FLY ASH  
TERHADAP KUAT DESAK BETON**

Disusun oleh:

**SARWONO PUTRO**

No. Mhs : 91 310 164

NIRM : 910051013114120164

**ELFIANDI NAIN**


No. Mhs : 92 310 075

NIRM : 920051013114120075

Telah diperiksa dan Disetujui Oleh:


Ir.H.M.SAMSUDIN, MT

Dosen Pembimbing I

  
Tanggal: 9 - 11 - '98.

Ir.FAISOL AM. MS

Dosen Pembimbing II

  
Tanggal: 6 - 11 - 1998

## HALAMAN MOTTO

*"Sesungguhnya disamping kesulitan ada kemudahan....."*

*(QS. Al Aaq: 6)*

*"Raihlah ilmu setinggi langit....."*

*"Memang baik jadi orang penting, tapi lebih penting jadi orang baik"*

# **HALAMAN PERSEMBAHAN**

**Dipersembahkan Kepada  
Bapak, Ibu, Kakak, dan Adik  
Yang Kami Cintai**

## **KATA PENGANTAR**

**Bismillahirrohmanirrohim**

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah –Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini merupakan salah satu prasyarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa dalam memperoleh derajat kesarjanaaan dalam bidang ilmu bidang Teknik Sipil program Strata Satu (S<sub>1</sub>) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penelitian yang kami sajikan dalam Tugas Akhir ini, tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini perkenankanlah kami dengan rasa hormat dan rendah diri menyampaikan rasa terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE. Phd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H.M.Samsudin, MT, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Ir. Faisol AM, MS, selaku Dosen Pembimbing II
5. Segenap karyawan terutama karyawan di bagian Laboratorium Bahan Konstruksi dan di bagian Perpustakaan Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak, ibu, dan kakak serta adik kami tercinta yang telah memberikan dorongan moril.
7. Rekan-rekan yang telah banyak memberi dorongan dan semangat yang tidak dapat kami sebut satu-persatu sehingga selesainya pembuatan tugas akhir ini.

Segala kritik dan saran demi penyempurnaan Laporan Tugas Akhir ini lebih lanjut, diterima dengan senang hati dan tidak lupa pada kesempatan ini kami mengucapkan terimakasih.

Akhir kata, semoga buah dari bimbingan, dorongan moril, bantuan dan kerja sama ini mendapat berkah dan rahmat Allah SWT. Dengan harapan bahwa Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dapat dijadikan sebagai bahan masukan bagi penelitian lebih lanjut.

Wabillahittaufiq Walhidayah

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Oktober 1998

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Pokok Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Batasan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.6 Metodologi Penelitian .....</b>	<b>4</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Tinjauan Pustaka .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Landasan Teori .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.1 Bahan pembentuk beton .....</b>	<b>9</b>



2.2.1.1 Semen portland	10
2.2.1.2 Agregat	11
2.2.1.3 Air	19
2.2.1.4 Fly ash	20
2.2.1.5 Senyawa Magnesium Sulfat	22
2.2.2 Pengaruh kimia	23
2.2.3 Faktor air semen	24
2.2.4 Kekentalan	25
2.2.5 Workability	26
2.2.6 Kekuatan beton	27
2.2.7 Metode perancangan campuran beton	30
<b>BAB III PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN</b>	<b>35</b>
3.1 Pelaksanaan	35
3.1.1 Umum	35
3.1.2 Persiapan bahan dan material	36
3.1.3 Peralatan penelitian	37
3.1.4 Perencanaan bahan susun adukan beton	38
3.1.5 Pembuatan dan perawatan benda uji	41
3.1.6 Perendaman dalam larutan Magnesium Sulfat	42
3.1.7 Pengujian benda uji	43
3.2 Hasil Penelitian	45

BAB IV ANALISA HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisa .....	65
4.1.1 Umum .....	65
4.1.2 Slump .....	65
4.1.3 Berat volume beton .....	66
4.1.4 Hasil perhitungan pengurangan berat beton .....	67
4.1.5 Perhitungan kuat desak beton yang disyaratkan .....	68
4.2 Pembahasan .....	72
4.2.1 Nilai slump .....	72
4.2.2 Nilai penurunan berat beton .....	73
4.2.3 Kuat desak beton .....	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	80
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Unsur Kimia Fly Ash dalam Satuan Persen Berat	21
Tabel 2.2	Sifat Fisik Fly Ash Ex.Batubara	21
Tabel 2.3	Perbandingan Kekuatan Tekan Beton	28
Tabel 2.4	Faktor Pengali Deviasi Standar bila Data Benda Uji yang Tersedia Kurang dari 30 Sampel	29
Tabel 2.5	Nilai Deviasi Standar ( $\text{kg/cm}^2$ )	31
Tabel 2.6	Hubungan Faktor Air Semen Dengan Kuat Tekan Silinder Beton pada Umur 28 Hari	31
Tabel 2.7	Faktor Air Semen Maksimum	32
Tabel 2.8	Nilai-nilai “Slump” untuk Berbagai Pekerjaan Beton	32
Tabel 2.9	Ukuran Maksimum Agregat (mm)	33
Tabel 2.10	Perkiraan Kebutuhan Air Berdasarkan Nilai Slump dan Ukuran Maksimum Agregat, (liter)	33
Tabel 2.11	Perkiraan Kebutuhan Kerikil per-Meter Kubik Beton, Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat dan Modulus Halus Butiran	34
Tabel 3.1	Berat Volume dan Kuat Desak Umur 28 Hari	45
Tabel 3.2	Berat Volume dan Kuat Desak Umur 28 Hari	46
Tabel 3.3	Berat Volume dan Kuat Desak Umur 28 Hari	47
Tabel 3.4	Berat Volume dan Kuat Desak Umur 28 Hari	48

Tabel 3.5 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari tanpa Rendaman .....	49
Tabel 3.6 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari Rendaman .....	50
Tabel 3.7 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari tanpa Rendaman .....	51
Tabel 3.8 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari Rendaman .....	52
Tabel 3.9 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari tanpa Rendaman ....	53
Tabel 3.10 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari Rendaman .....	54
Tabel 3.11 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari tanpa Rendaman .....	55
Tabel 3.12 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari Rendaman .....	56
Tabel 3.13 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari tanpa Rendaman .....	57
Tabel 3.14 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari Rendaman .....	58
Tabel 3.15 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari tanpa Rendaman .....	59
Tabel 3.16 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari Rendaman .....	60
Tabel 3.17 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari tanpa Rendaman .....	61
Tabel 3.18 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari Rendaman .....	62
Tabel 3.19 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari tanpa Rendaman .....	63
Tabel 3.20 Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari Rendaman .....	64
Tabel 4.1 Nilai Slump pada Campuran Beton .....	65
Tabel 4.2 Daftar Berat Volume Beton Rata-rata dengan/tanpa Rendaman	
MgSO <sub>4</sub> .....	67
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Pengurangan Berat Beton Rata-Rata .....	68
Tabel 4.4 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar .....	69

Tabel 4.5	Kuat Desak Beton yang Disyaratkan ( $f'c$ ) tanpa Rendaman $MgSO_4$ ..	70
Tabel 4.6	Kuat desak beton yang disyaratkan ( $fc'$ ) dengan Rendaman $MgSO_4$ ..	71
Tabel 4.7	Nilai-rata-rata slump .....	72
Tabel 4.8	Penurunan berat beton umur 58 hari .....	73
Tabel 4.9	Penurunan berat beton umur 88 hari .....	73
Tabel 4.10	Prosentase pengurangan berat rata-rata .....	74
Tabel 4.11	Kuat desak beton yang disyaratkan ( $fc'$ ) tanpa rendaman $MgSO_4$ ...	75
Tabel 4.12	Kuat desak beton yang disyaratkan ( $fc'$ ) dengan rendaman $MgSO_4$ ..	76
Tabel 4.13	Kuat desak beton yang disyaratkan ( $fc'$ ) secara keseluruhan .....	78

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Grafik Nilai rata-rata slump .....	72
Gambar 4.2 Grafik Prosentase penurunan berat rata-rata beton umur 28 hari dan 88 hari .....	74
Gambar 4.3 Grafik Kuat desak beton yang disyaratkan ( $f'c$ ) tanpa rendaman ....	75
Gambar 4.4 Grafik Kuat desak beton yang disyaratkan ( $f'c$ ) dari umur 58 hari ke 88 hari dengan rendaman .....	76
Gambar 4.5 Grafik Kuat desak beton yang disyaratkan ( $f'c$ ) secara keseluruhan ..	77

## ABSTRAK

*Beton merupakan bahan komposit dari beberapa bahan material pembentuk. Kualitas beton ini ditentukan oleh kualitas bahan material pembentuk beton dan mix design, sehingga didapat hasil beton yang benar-benar berkualitas, dan juga mampu menahan terhadap pengaruh alam, dalam hal ini adalah serangan Magnesium Sulfat.*

*Untuk mendapatkan hasil beton yang berkualitas dan mampu mengimbangi terhadap serangan Magnesium Sulfat, dipakai abu limbah batu bara ( Fly Ash ) sebagai bahan campuran beton sebesar 15%, 20%, dan 25% dari berat semen.*

*Dalam penelitian ini dibahas sejauh mana pengaruh Magnesium Sulfat terhadap penurunan kuat desak beton dan pengaruh penambahan Fly Ash, dengan cara merendam beton dalam larutan Magnesium Sulfat selama 30 dan 60 hari setelah beton berumur 28 hari kemudian diuji kuat desaknya.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa, kenaikan kuat desak terjadi pada penambahan Fly Ash 15% dan 20%, namun kenaikan maksimum terjadi pada penambahan Fly Ash 15% yaitu untuk beton tanpa rendaman umur 28 hari, 58 hari dan 88 hari masing-masing sebesar 28.6194 Mpa, 29.6304 Mpa, dan 30.3941 Mpa. Penelitian ini juga menunjukkan telah terjadi penurunan berat dan kuat desak beton akibat perendaman Magnesium sulfat, penurunan kuat desak maksimum berdasarkan penambahan Fly Ash, terjadi pada penambahan 15% yaitu 3.9068% untuk perendaman 30 hari dan 8.1926% untuk perendaman 60 hari. Namun demikian pada penambahan Fly Ash 15% nilai kuat desak beton secara keseluruhan masih tetap tertinggi diantara penambahan Fly Ash yang lain.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan kondisi geografi negara kita yang berupa daerah kepulauan yang wilayahnya berhubungan langsung dengan lautan, maka banyak terdapat daerah-daerah pantai. Pada perkembangannya nanti atau bahkan sekarang ini banyak sekali bangunan-bangunan yang ada di sekitar daerah pantai, maka perlu dipikirkan tentang kekuatan dan ketahanan bangunan untuk menahan agresi zat-zat kimia yang ada pada air laut.

Seiring dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat, teknologi beton pun mengalami perkembangan yang sangat berarti. Berbagai penelitian dan percobaan di bidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Salah satu spesifikasi produk beton yang diharapkan adalah beton yang mempunyai kekuatan desak beton yang cukup tinggi dan juga mempunyai daya tahan terhadap agresi zat-zat kimia khususnya Magnesium Sulfat tanpa mengabaikan nilai ekonomis.

Hal ini didasari adanya kegagalan struktur yang mengalami pengembangan, perusakan, dan disertai dengan adanya disintegrasi (pecah-pecah pada beton) akibat serangan senyawa sulfat (terjadi reduksi kekuatan ketika agresi zat kimia ini berlangsung) (L,J.Mudrock, 1986) sehingga menimbulkan kerugian yang sangat



besar pada pembangunan terutama pada lingkungan yang mengandung tanah sulfat, misalnya pada daerah pabrik, daerah tempat pipa saluran bawah tanah, daerah pantai, dan daerah laut. Namun pada pembahasan dan penelitian ini difokuskan pada agresi Magnesium Sulfat yang banyak terdapat dalam air laut. Kandungan air laut pada umumnya mengandung 3,5% larutan garam yang terdiri dari 78% Sodium Klorida, 15% magnesium sulfat (Kardiyono, 1992) atau 0.5% Magnesium Sulfat (Kusnadi, Teknologi Beton), atau 0,13% kadar Magnesium dari jumlah unsur-unsur air laut (Hiskia Ahmad, Kimia Unsur dan Radio Kimia) dan lainnya.

Dalam menghadapi permasalahan tersebut, penggunaan mineral admixture (bahan tambah) merupakan salah satu langkah yang cukup praktis dan sering kali dilaksanakan oleh para praktisi di lapangan. Salah satunya adalah *Fly Ash* yang kami angkat sebagai topik utama dalam judul, di samping penggunaan Magnesium Sulfat yang nantinya akan dipakai sebagai bahan uji rendamannya pada kuat desak beton, sehingga kita peroleh perbandingan antara kuat desak beton yang direndam ke dalam larutan Magnesium Sulfat dengan kuat desak beton yang tanpa perendaman.

## 1.2 Pokok Masalah

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka timbul pokok permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Sejauh mana pengaruh Magnesium Sulfat terhadap penurunan kuat desak beton.
2. Sejauh mana pengaruh penambahan *Fly Ash* pada beton terhadap pengurangan kuat desak beton akibat pengaruh Magnesium Sulfat.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengetahui pengaruh perendaman Magnesium Sulfat terhadap kuat desak beton.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan Fly Ash terhadap kuat desak beton akibat perendaman Magnesium Sulfat.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Untuk mendapatkan beton dengan spesifikasi beton tahan zat kimia khususnya senyawa Magnesium Sulfat, dengan memanfaatkan limbah batubara yang pemanfaatannya diupayakan untuk menunjang program pemerintah di bidang pembangunan yaitu pembangunan yang berwawasan lingkungan, di samping masalah finansial dapat diminimalisir.

### 1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dititikberatkan sesuai dengan tujuan penelitian. Agar pembahasan tidak meluas, maka diadakan batasan-batasan masalah yang meliputi sebagai berikut:

1. Variasi penambahan *Fly Ash* 0%, 15%, 20%, dan 25% terhadap berat semen,
2. Pengujian kuat desak beton setelah beton berumur 28 hari, (28 + 30) hari dan (28 + 60) hari,

3. Perendaman beton dalam larutan Magnesium Sulfat dilakukan setelah beton berumur 28 hari dan sebagian beton direndam selama 30 dan 60 hari,
4. Semen yang dipergunakan adalah semen portland Gresik tipe I.
5. Agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil pecah) diambil dari Kali Progo Yogyakarta,
6. *Fly Ash* sebagai bahan tambah berasal dari sisa pembakaran batubara pada proyek PLTU Suralaya, Banten, Jawa Barat,
7. Magnesium Sulfat yang dipakai, yang ada di pasaran Indonesia, dan dibuat campuran dengan kadar 8%.

### **1.6 Metodologi Penelitian**

Dalam suatu penelitian agar pelaksanaan penelitian dan tujuan yang diinginkan dapat berjalan dengan sistematis dan lancar, maka harus digunakan metodologi penelitian. Metodologi penelitian yang digunakan disesuaikan dengan prosedur, alat, serta jenis penelitian.

Metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap perumusan masalah

Tahap ini meliputi perumusan terhadap topik penelitian, perumusan tujuan, dan pembatasan permasalahan.

2. Tahap perumusan teori

Pada tahap ini dilakukan perumusan tinjauan pustaka dan landasan teori, terhadap teori yang melandasi penelitian serta ketentuan-ketentuan

yang dijadikan ukuran dalam penelitian. Dari tinjauan pustaka dan landasan teori tersebut, disusun hipotesis terhadap pokok penelitian.

### 3. Tahap pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian disesuaikan dengan jenis penelitian dan hasil yang ingin didapatkan. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Tahapan pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian terhadap bahan tambah pembentuk beton, yaitu *Fly Ash* dan perendaman beton dengan/tanpa *Fly Ash* dalam larutan Magnesium Sulfat untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan tersebut,
- b. Perhitungan rencana campuran beton berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian bahan di atas,
- c. Pelaksanaan pembuatan benda uji,
- d. Pelaksanaan pengujian.

### 4. Tahap analisis pembahasan

Analisis dilakukan terhadap hasil pengujian Laboratorium, hasil pengujian tersebut dibandingkan dengan hipotesis, kemudian dilakukan pembahasan terhadap hasil penelitian yang ditinjau berdasarkan teori yang melandasi.

#### 5. Tahap penarikan kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dapat diambil kesimpulan berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab pemecahan terhadap permasalahan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Teknologi beton terus berkembang seiring dengan tuntutan kebutuhan yang semakin meningkat baik kualitas maupun kuantitas. Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material yaitu; semen, agregat halus, agregat kasar, air, serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1992). Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuknya.

Beton merupakan bahan bangunan yang tersusun dari beberapa bahan material yang kekuatan kuat beton dipengaruhi oleh perbandingan bahan susun yang digunakan, oleh karena itu dengan mengatur perbandingan bahan susun beton dapat dihasilkan kuat desak beton yang bervariasi sesuai dengan perencanaan. Agar dihasilkan kuat desak beton yang sesuai dengan perencanaan diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah bahan susun yang dibutuhkan. Di samping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi *segregasi*. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan susun beton tersebut. Semakin kecil rongga (kandungan udara) yang dihasilkan dalam campuran beton, makin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan.

Perkembangan teknologi beton yang ditandai dengan semakin baik dari mutu beton, dengan 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 agregat kasar dengan masih menyisakan rongga atau pori-pori yang tidak dapat 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 kekuatan 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).

Kendaraan tersebut diangkat oleh penyusun pada penelitian ini dengan memanfaatkan limbah pembakaran batubara (*Fly Ash*) Proyek PLTU di Suralaya, Banten. *Fly Ash* digunakan sebagai bahan pengisi untuk memperkecil pori-pori yang ada dan juga memanfaatkan sifat pozzolan dari *Fly Ash* untuk memperbaiki mutu beton.

## 2.2 Landasan Teori

Penelitian ini telah disampaikan dalam seminar dengan makalah seminar yang bertema “Stabilitas Abu Terbang Suralaya” oleh Bambang Ismanto, yang disebutkan sifat-sifat pozzolan dari *Fly Ash* yang memenuhi persyaratan standar ASTM yaitu kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  minimum 70% berat.

*Fly Ash* ini mengandung pozzolan yang telah memenuhi syarat tersebut, sehingga dapat menjadi bahan penambah (*aditif mineral*) yang baik untuk beton. Pozzolan adalah bahan yang mengandung silikon dioksida alami atau buatan yang tidak mempunyai sifat-sifat semen. Karena pozzolan mempunyai kandungan utama silikon dioksida, maka pozzolan pada suhu biasa dapat bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida membentuk 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 senyawa sulfat.

Penelitian mengenai beton tahan sulfat sudah pernah dilakukan dan dikembangkan di Indonesia oleh LPI dan Badan Penelitian dan Pengembangan DPU, yang dituangkan ke dalam SK-SNI-S-37-1990-03 tentang Standar Spesifikasi Beton Tahan Sulfat.

Beton dengan limbah pembakaran batubara (*Fly Ash*) sebagai bahan tambah material dengan komposisi tertentu yang diharapkan akan didapatkan kuat desak beton yang lebih tinggi dan ketahanan kuat desak beton *Fly Ash* terhadap agresi magnesium sulfat sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan untuk struktur utama dengan harga relatif lebih murah.

### **2.2.1 Bahan pembentuk beton**

Untuk mendapatkan beton yang baik dan sesuai dengan mutu yang disyaratkan, maka sifat-sifat dan persyaratan-persyaratan material beton mutlak harus diketahui karena sifat bahan yang tidak sesuai dan tidak memenuhi syarat, akan berpengaruh terhadap mutu beton yang akan diperoleh.



### 2.2.1.1 Semen portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan tambahan *gips* (kalsium sulfat). Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Suatu semen jika diaduk dengan agregat kasar, agregat halus, dan air akan terbentuk beton setelah mengalami proses pengerasan.

Semen portland dibuat dengan melalui beberapa langkah, sehingga hasilnya sangat halus. Semen diperoleh dengan membakar secara bersamaan, kapur, silika, alumina, dan besi. Dalam proses pembuatannya, ditambahkan *gips* ( $\text{CaSO}_4$ ) sebanyak 2%-4% yang berfungsi sebagai pengontrol terhadap waktu pengikatan. Penambahan tersebut memberikan perubahan pada susunan kimia dasar menjadi susunan kimia yang lebih kompleks dan menjadi unsur utama sebagai berikut:

- a. Trikalsium silikat  $(\text{C}_3\text{S})$  atau  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ,
- b. Dikalsium silikat  $(\text{C}_2\text{S})$  atau  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ,
- c. Trikalsium aluminat  $(\text{C}_3\text{A})$  atau  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ,
- d. Tetrakalsium aluminoforit ( $\text{C}_4\text{AF}$ ) atau  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Dalam pemakaian semen portland, perlu dilakukan pemeriksaan secara berkala terhadap sifat-sifat fisik agar tetap memenuhi syarat dan kualitas yang ditetapkan sehingga dapat berfungsi secara efektif. Sifat-sifat semen yang penting adalah: kehalusan butir, waktu ikatan, kekuatan, dan panas hidrasi.

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentasi empat komponen utama semen, dapat menghasilkan beberapa jenis sesuai dengan tujuan pemakaian, semen portland di Indonesia (PUBI-1982) dibagi menjadi 5 jenis sebagai berikut:

- a. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti pada jenis lainnya,
- b. Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang,
- c. Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan yang tinggi,
- d. Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah,
- e. Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

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

#### **2.2.1.2 Agregat**

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil *disintegrasi* alami dari batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alam. Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dalam beton. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat menempati sekitar 70% volume beton, karena itu agregat adalah komponen yang paling berpengaruh terhadap sifat-sifat dan kekuatan

dalam beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar, sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus. Dalam teknologi beton, agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,8 mm disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 4,8 mm disebut agregat halus.

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm (Gideon dan Vis, 1992). Pasir alam dapat digolongkan menjadi tiga macam (Kardiyono, T. 1992), 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 lekatan 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 arena 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 dari garam-garaman ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton. Oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

Pada penelitian ini dipakai pasir sungai yang diambil dari kali Progo.

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil *disintegrasi* alami dari batuan atau batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu dengan ukuran 5-40 mm (**Gideon dan Vis**, 1992). Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi tiga golongan (**Kardiyono.T**, 1992), yaitu:

#### 1. Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7  $\text{gr/cm}^3$ . Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa, dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3  $\text{gr/cm}^3$ .

#### 2. Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8  $\text{gr/cm}^3$ , misalnya magnetik ( $\text{FeO}_4$ ), barit ( $\text{BaSO}_4$ ) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5  $\text{gr/cm}^3$ . Penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radiasi.

### 3. Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari  $2,0 \text{ gr/cm}^3$  yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

Agregat kasar harus memenuhi persyaratan gradasi yang disyaratkan. 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 didapat volume pori yang kecil. Pada pelaksanaan beton, diinginkan komposisi butiran dengan kemampuan tinggi karena volume porinya sedikit dan ini hanya membutuhkan bahan ikat yang sedikit pula.

Menilai jenis agregat yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton, bergantung pada: mutunya, tersedia bahannya, harga bahannya, dan jenis konstruksi yang akan menggunakan bahan tersebut.

Untuk memenuhi syarat mutu yang ditetapkan, agregat harus memenuhi syarat sebagai berikut: ukuran, gradasi, kekuatan, bentuk butiran, bentuk permukaan, dan kebersihan.

#### A. Ukuran

Oleh karena harga agregat adalah lebih murah dari semen, maka penggunaan agregat secara maksimum dalam beton, baik jumlah maupun ukurannya sebagaimana yang disebutkan diatas akan menjadi lebih ekonomis. Penggunaan ukuran butir agregat dalam beton akan berpengaruh terhadap jumlah semen yang akan digunakan, maka jumlah kebutuhan semen semakin sedikit. Hal ini terjadi

karena penggunaan agregat yang besar mengurangi volume pori-pori dalam beton yang dapat diisi oleh semen. Namun demikian, penggunaan ukuran maksimum agregat perlu mempertimbangkan faktor pelaksanaan di lapangan, sehingga harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari  $1/4$  kali jarak bersih antara batang-batang atau antara berkas-berkas tulangan,
- b. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari  $1/3$  kali tebal plat,
- c. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari  $1/5$  kali jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.

### **B. Gradasi**

Gradasi agregat ialah distribusi ukuran butiran dari agregat. Penggunaan butir agregat dengan ukuran yang sama akan memperbesar pori dalam beton, sebaliknya dengan butir yang bervariasi (gradasi) volume pori akan semakin kecil. Dengan gradasi agregat, butiran yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-pori menjadi lebih sedikit.

Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai persentasi dari berat agregat yang tertinggal atau lewat di dalam suatu susunan ayakan.

### **C. Kekuatan**

Kekuatan agregat adalah kuat tekan yang dimiliki agregat. Sebagai bahan pembentuk beton yang menempati sebagian besar dari volume beton, kekuatan

agregat yang akan digunakan harus lebih tinggi dari pada kekuatan beton yang dibuat dari agregat tersebut.

Butir-butir agregat yang lemah tidak dapat menghasilkan beton yang kekuatannya yang dapat diandalkan, akan tetapi dengan butir-butir agregat yang kuat, akan diperoleh kekuatan beton yang dapat diandalkan. Agregat yang kuat mempunyai modulus elastisitas yang tinggi yang merupakan sifat penting dan berpengaruh besar terhadap kekuatan beton.

Dalam pelaksanaan, kekuatan agregat juga diperlukan karena pada waktu pembuatan beton, bahan ini harus mengalami gerakan-gerakan dan gesekan-gesekan yang kuat baik pada saat pencampuran pada *mixer* maupun pada saat pengecoran dan pemadatan. Agregat harus dapat menahan keausan dan pemecahan. Cara untuk menguji kekuatan agregat ialah dengan menggunakan mesin uji Los Angeles atau Bejana Rodellof. Pada cara ini contoh butir-butir agregat dimasukkan ke dalam silinder logam dengan bola-bola baja pemukul, kemudian silinder diputar sehingga butir-butir tersebut terpukul-pukul dan terabrasi. Kehilangan berat tidak boleh lebih dari 50%.

#### **D. Bentuk butiran**

Bentuk butiran agregat lebih berpengaruh pada beton segar daripada beton setelah mengeras. Berdasarkan bentuknya, butiran agregat dapat dibedakan menjadi sebagai berikut:

- a. Agregat bulat, mempunyai rongga udara minimum 33% sehingga hanya memerlukan pasta semen yang sedikit, namun ikatan antar butir-butirnya

kurang kuat sehingga lekatnya lemah. Agregat ini tidak cocok untuk beton mutu tinggi maupun perkerasan jalan,

- b. Agregat bulat sebagian, mempunyai rongga udara berkisar antara 35%-38%. Dengan membutuhkan lebih banyak pasta semen untuk mendapatkan beton segar yang dapat dikerjakan. Ikatan antar butir-butir lebih baik daripada agregat bulat, namun belum cukup untuk dibuat beton mutu tinggi,
- c. Agregat bersudut, mempunyai rongga udara berkisar antara 38%-40%. Pasta semen yang dibutuhkan lebih banyak untuk membuat adukan beton yang dapat dikerjakan, akan tetapi ikatan antar butir-butirnya baik sehingga membentuk daya lekat yang baik. Agregat ini baik untuk membuat adukan beton mutu tinggi maupun lapis perkerasan jalan,
- d. Agregat memanjang, ialah agregat yang ukuran terbesarnya lebih dari 9/5 ukuran rata-rata ayakan yang meloloskan dan menahan butiran agregat. Agregat ini berpengaruh jelek terhadap daya tahanan beton, karena cenderung berkedudukan pada bidang rata air sehingga terdapat rongga udara di bawahnya. Agregat ini tidak boleh lebih dari 15%,
- e. Agregat pipih, ialah agregat yang ukuran terkecilnya kurang dari 3/5 ukuran rata-rata ayakan yang meloloskan dan menahan butiran agregat. Sebagaimana agregat memanjang, agregat pipih juga kurang baik terhadap beton, sehingga tidak boleh lebih dari 15%.



memanjang untuk membuat beton. Pada penelitian ini dipakai agregat bulat sebagian dan agregat bersudut agar terjadi kelekatan yang baik.

#### **E. Tekstur permukaan**

Tekstur permukaan ialah suatu sifat permukaan yang bergantung pada ukuran apakah permukaan butir termasuk halus atau kasar, mengkilap atau kusam dan macam dari bentuk kekasaran permukaan. Berdasarkan pada pemeriksaan visual butiran agregat, tekstur permukaan butiran agregat dapat dibedakan menjadi: sangat halus, halus, granular, kasar, berkristal, berpori, dan berlobang-lobang.

Tekstur permukaan tergantung pada kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan, dan juga terhadap besar gaya yang bekerja pada permukaan butiran yang telah membuat licin atau kasar permukaan tersebut. Bentuk dari tekstur permukaan sangat berpengaruh terhadap sebagai berikut:

- a. daya serapan terhadap air,
- b. kemudahan pengerjaan terhadap beton segarnya,
- c. daya lekat antara agregat dengan pastanya.

Suatu agregat dengan permukaan yang berpori dan kasar lebih disukai daripada agregat dengan permukaan halus, karena agregat dengan permukaan kasar dapat meningkatkan rekatan antara agregat dengan semen sampai 1,75 kali dan kuat betonnya dapat meningkat sekitar 20%. Pada penelitian ini dipakai agregat kasar agar dapat ditingkatkan daya rekat yang baik dengan semen.

## **F. Kebersihan**

Agregat yang ada pada umumnya mengandung bahan-bahan yang dapat memberikan pengaruh yang merugikan terhadap kekuatan beton, permukaan beton, dan kemudahan pengerjaan.

Ditinjau dari aksi zat-zat yang berpengaruh buruk tersebut, maka dapat dibedakan menjadi tiga macam sebagai berikut:

- a. zat yang mengganggu proses hidrasi semen, yaitu bahan-bahan organik berupa sisa-sisa tumbuhan dalam bentuk humus,
- b. zat yang melapisi agregat sehingga mengganggu terbentuknya lekatan yang baik antar agregat dengan semen seperti tanah liat, dan lempung,
- c. butiran yang kurang tahan cuaca, yang bersifat lemah dan menimbulkan reaksi kimia antara agregat dengan semen seperti mika, butir-butir yang mengandung garam, arang, dan belerang.

Dalam penelitian ini digunakan agregat halus dan agregat kasar yang berasal dari Sungai Kali Progo, Yogyakarta.

### **2.2.1.3 Air**

Di dalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi, yaitu untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan serta sebagai pelumas campuran butir-butir kerikil, pasir, dan semen agar memudahkan pelaksanaan dan pencetakan. Seperti pada reaksi kimia lainnya, semen dan air dikombinasikan dalam proporsi tertentu. Untuk bereaksi dengan semen, air yang dibutuhkan sekitar 30% dari berat semen, namun dalam kenyataannya beton sulit untuk dikerjakan, oleh karena itu dibutuhkan tambahan air untuk menjadi

pelumas. Tetapi perlu diketahui tambahan air tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan menurun dan beton menjadi porous. Selain itu, kelebihan air mengakibatkan *bleeding* dan kemudian menjadi lapisan buih yang mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton.

Adapun syarat-syarat air yang digunakan sebagai bahan pembuat beton adalah sebagai berikut:

- a. tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gr/liter,
- b. tidak mengandung garam-garam (asam, zat organik) yang dapat merusak beton lebih dari 15 gr/liter,
- c. tidak mengandung klorida lebih dari 0,5 gr/liter,
- d. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter.

Secara umum, air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton ialah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan yang memakai air suling. Untuk air rawatan, dapat juga dipakai juga air yang digunakan untuk pengadukan.

Air yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, jalan Kaliurang km 14,4 Yogyakarta.

#### **2.2.1.4 Fly Ash**

*Fly Ash* umumnya diperoleh dari sisa pembakaran Pusat Listrik Tenaga Uap, yang mempergunakan batubara sebagai sumber energi. Sisa pembakaran berupa partikel halus, keluar bersama-sama gas buang. Partikel ini dinamakan *Fly Ash*, sedang sisa pembakaran yang berupa partikel kasar keluar melalui bagian bawah,

yang disebut Bottom Ash. Pada Penelitian ini *Fly Ash* akan digunakan sebagai bahan tambah (mineral admixture) yang berfungsi sebagai bahan pengisi pori adukan beton.

*Fly Ash* harus memenuhi syarat pozzolan dan persyaratan sebagai bahan tambah standar ASTM yaitu kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  minimum 70% berat. Oleh karena itu *Fly Ash* dengan memanfaatkan sifat-sifat fisika dan kimia, dapat dioptimalkan untuk meningkatkan mutu beton. Adapun sifat-sifat kimia maupun fisika dapat dilihat dalam Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Komposisi unsur kimia *Fly Ash* dalam satuan persen berat

No	Unsur Kimia	Persen berat <i>Fly Ash</i>
1	$\text{SiO}_2$	56.20
2	$\text{Al}_2\text{O}_3$	29.07
3	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	5.77
4	$\text{Na}_2\text{O}$	1.27
5	$\text{CaO}$	1.63
6	$\text{TiO}_2$	1.13
7	$\text{MgO}$	1.32
8	$\text{P}_2\text{O}_5$	0.29
9	$\text{K}_2\text{O}$	0.71
10	$\text{SO}_3$	0.74

Tabel 2.2 Sifat fisik *Fly Ash* ex batubara

No	Sifat fisik	Data yang ada
1	Berat Jenis	1,99 - 2,40 $\text{gr/cm}^3$
2	kehalusan Butir	163,25 - 227,19 $\text{m}^2/\text{kg}$
3	Kadar Air	0,55 - 4,6 %

Dengan sifat-sifat tersebut *Fly Ash* diharapkan dapat meningkatkan ketahanan dan keawetan terhadap rembesan senyawa sulfat.

### 2.2.1.5 Senyawa Magnesium Sulfat

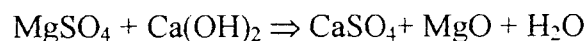
Larutan Magnesium Sulfat merupakan salah satu unsur terbesar di air laut yang bersifat merusak. Senyawa sulfat mengadakan agresi pada beton dan menyebabkan pengembangan, perusakan, dan dengan sendirinya menimbulkan pecah-pecah (**disintegrasi**). Agresi ini dibarengi dengan pengembangan yang tidak begitu banyak, yang mungkin tidak tampak pada betonnya sendiri, tapi mungkin menyebabkan kerusakan pada titik-titik yang tertahan, dan selama berlangsung agresi biasanya terdapat beberapa perubahan warna dari semen normal abu-abu, di samping terjadi retak-retak, penggelembungan, yang mulai dari permukaan beton padat, tetapi menembus lebih ke dalam pada beton yang porous. (**Mudrock dan Brook, 1986**).

Serangan sulfat yang dibahas adalah serangan yang disebabkan oleh senyawa Magnesium sulfat ( $MgSO_4$ ). Semua senyawa sulfat yang larut dalam air bersifat merusak. Faktor-faktor penting yang menentukan ketahanan beton terhadap agresi senyawa sulfat adalah sebagai berikut:

- a. Kepadatan beton, semakin padat betonnya, semakin baik ketahanannya. Faktor air semen rendah dan penambahan bahan tambahan halus, abu terbang, tras, atau silika fume, akan berdampak positif.
- b. Kehadiran aluminat pada semen, Semen dengan kadar Tricalcium aluminat ( $C_3A$ ) rendah ( $\leq 3\%$ ) cukup untuk menahan perusakan senyawa sulfat. Suatu semen berkadar rendah,  $C_3A$  juga merugikan yakni beton mempunyai struktur yang kurang padat (**Gideon dan Vis, 1992**)

### 2.2.2 Pengaruh kimia

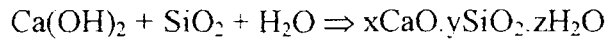
Untuk menguji ketahanan beton terhadap agresi Magnesium sulfat, beton tersebut harus direndam dulu ke dalam larutan tersebut dengan prosentasi berat tertentu selama selang waktu tertentu. Beton yang mengandung  $\text{Ca(OH)}_2$  dan  $\text{C}_3\text{A}$  akan bereaksi dengan sulfat, yang hasil akhir akan membentuk ettringite. Hasil reaksi ini menyebabkan terjadinya pemuaian sehingga terjadi craking. Reaksi berlangsung sebagai berikut:



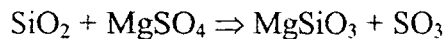
Kalsium hidroksida  $\{\text{Ca(OH)}_2\}$  yang berasal dari dalam beton yang dapat mengikat senyawa kimia terlarut menjadi beberapa molekul. Molekul -molekul ini terdiri dari Kalsium sulfat (gips), magnasia, dan air. Magnasia (magnesium oksida) merupakan salah satu sifat kimia dari Fly Ash dalam jumlah yang sangat kecil, yang berfungsi sebagai pembakaran semen, Sedangkan kalsium sulfat sering disebut gipsum, yang bila beraksi dengan  $\text{C}_3\text{A}$  yang ada dalam komposisi semen, akan membentuk ettringite (calciumsulfoaluminat) yang dapat menyebabkan retak-retak atau disintegrasi pada beton karena ettringite mempunyai volume 2,27 kali volume  $\text{C}_3\text{A}$  pada semen portland (**Kusnadi.M**, Teknologi Beton).

Kemampuan beton *Fly Ash* adalah yang dapat mengurangi permeabilitas dan mempunyai sifat pozzolan yang baik sehingga dapat menjamin keawetan terhadap rembesan senyawa sulfat. Salah satu sifat kimia pozzolan dari *Fly Ash* adalah  $\text{SiO}_2$  (Silikon Dioksida) bereaksi dengan Kalsium Hidroksida  $\{\text{Ca(OH)}_2\}$  akibat adanya hidrasi (reaksi antara air dengan semen) membentuk kalsium silikat. Karena kalsium hidroksida bersifat basa kuat maka akan sangat mudah bereaksi dengan senyawa

sulfat yang bersifat merusak. Dengan adanya  $\text{SiO}_2$  dalam *Fly Ash* sebagai bahan tambah maka dapat mengurangi kandungan Kalsium Hidroksida menjadi Kalsium Silikat Hidrat.



Beton direndam dalam larutan jenuh  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{SiO}_2$  dalam *Fly Ash* diharapkan dapat melarutkan Mg sehingga menghasilkan  $\text{MgSiO}_3$  dan  $\text{SO}_3$ , dan dengan adanya  $\text{SiO}_2$  dalam *Fly Ash* dapat melarutkan Magnesium sulfat.



### 2.2.3 Faktor air semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dengan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan beton. Hubungan antara faktor air semen dengan kuat desak beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919) sebagai berikut:

$$f'c = \frac{A}{B^{1.5 \cdot x}}$$

Keterangan :  $f'c$  = kuat desak beton

$x$  = faktor air semen

$A, B$  = konstanta

Dengan demikian semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat desak betonnya, walaupun menurut rumusnya tersebut tampak bahwa semakin kecil fas semakin tinggi kuat desak beton, tetapi nilai fas yang rendah akan menyulitkan pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat.

#### 2.2.4 Kekentalan

Beton yang padat dan kuat adalah beton dengan jumlah volume rongga yang minimal. Beton yang padat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal konsisten dengan derajat *workabilitas* yang dibutuhkan untuk memberikan kepadatan maksimal.

Tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton berkaitan dengan tingkat kekentalan adukan beton, makin kental suatu adukan beton makin susah cara pengerjaannya. Kekentalan adukan beton harus disesuaikan dengan cara pengangkutan, cara pemadatan, jenis konstruksi, dan kerapatan dari tulangan. Kekentalan tersebut tergantung pada jumlah dan jenis semen, nilai fas, jenis dan susunan butir agregat serta penggunaan bahan-bahan pembantu. Untuk mengetahui tingkat kekentalan adukan beton, dapat dilakukan percobaan slump. Adukan beton untuk keperluan pengujian slump ini harus diambil langsung dari mesin pengaduk. Hasil pengukuran dari pengujian slump yang dilakukan disebut ukuran slump yang merupakan nilai atau ukuran dari kekentalan adukan beton yang dibuat.

Untuk mencegah penggunaan adukan beton yang terlalu kental atau terlalu encer, dianjurkan untuk menggunakan nilai-nilai slump yang terletak dalam batas-batas yang ditunjukkan dalam Tabel 2.10.

Untuk maksud dan alasan tertentu, maka dengan persetujuan pengawas ahli, dapat dipakai nilai-nilai slump yang menyimpang daripada yang tercantum dalam



Tabel 2.3 asal dipenuhi hal-hal sebagai berikut:

- a. beton dapat dikerjakan dengan baik,
- b. tidak terjadi pemisahan dari adukan beton,
- c. mutu beton yang disyaratkan tetap terpenuhi.

### 2.2.5 Workability

*Workability* (kemudahan pengerjaan) merupakan ukuran tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, dituangkan, dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan penyusun beton, secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton antara lain:

- a. Jumlah air yang dipergunakan dalam campuran adukan beton. Jumlah air ini akan mempengaruhi konsistensi adukan, yaitu semakin banyak air yang digunakan maka adukan beton semakin encer, sehingga semakin mudah untuk dikerjakan,
- b. Jumlah semen yang dipergunakan. Penambahan jumlah semen ke dalam campuran adukan beton akan memudahkan pengerjaan adukan betonnya, karena akan diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai *fas* tetap,
- c. Penambahan bahan tambah tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan kemudahan pengerjaan adukan pada *fas* rendah misalnya dengan penambahan *plastizier*.

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:

- a. air campuran yang dipakai sebanyak yang diperlukan sesuai hitungan *mix design*,
- b. pasir yang dipakai mempunyai bentuk yang beragam dan mempunyai kadar butiran yang halus,
- c. gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yang dipakai.

Penggunaan Fly Ash pada workability juga berpengaruh terhadap kelecakan adukan beton. Semakin besar penggunaan Fly Ash maka semakin kental adukan beton karena Fly Ash mempunyai daya serap terhadap air. Hal ini akan memperngaruhi faktor air semen sehingga adukan menjadi kental dan susah untuk dikerjakan.

### **2.2.6 Kekuatan beton**

Kekuatan tekan beton ditentukan dengan pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air terhadap semen, semakin tinggi kekuatan tekan beton. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimia di dalam pengerasan beton. Kelebihan air akan meningkatkan kemampuan pengerjaan akan tetapi menurunkan kekuatan beton karena semakin banyak air akan berpengaruh setelah beton mengering, tempat yang terisi air setelah mengering akan menjadi rongga rongga.

Yang dimaksud dengan kekuatan tekan beton ialah kekuatan tekan yang diperoleh dari pemeriksaan benda uji kubus yang bersisi 15 cm pada umur 28 hari. Apabila kekuatan beton tidak ditentukan dengan benda uji kubus yang bersisi 15 cm, tetapi dengan benda uji kubus yang bersisi 20 cm atau dengan benda uji silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, maka perbandingan antara kekuatan tekan yang didapat dari benda uji-benda uji terakhir ini dan dengan benda uji kubus yang bersisi 15 cm, harus diambil menurut Tabel 2.3

Tabel 2.3 Perbandingan kekuatan tekan beton

Benda uji	Perbandingan kekuatan beton
Kubus 15x15x15 cm	1,00
Kubus 20x20x20 cm	0,95
Silinder 15x30 cm	0,83

Kekuatan tekan beton yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tertentu, dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$f_c = \frac{P}{A} (\text{kg/cm}^2)$$

Keterangan:  $f_c$  = kuat desak beton,  $\text{kg/cm}^2$

$P$  = beban maksimum, kg

$A$  = luas penampang benda uji,  $\text{cm}^2$

Beton dari hasil pengujian perlu diperiksa dengan perkiraan variasi kuat tekan beton dari keseluruhan sampel beton yang telah diuji. Perkiraan yang lebih baik standar deviasi untuk keseluruhan sampel benda uji dihitung dengan rumus berikut ini:

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

dengan :

S = deviasi standar, Mpa

f'c = kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji, Mpa

f'cr = kuat tekan beton rata-rata, Mpa

n = jumlah benda uji.

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

$$f'cr = f'c - 1.64k.S$$

dengan : k = pengali deviasi standar

Untuk mencari angka konversi dari jumlah benda uji yang disyaratkan berdasarkan jumlah benda uji 30 sampel dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4. Faktor pengali deviasi standar bila data benda uji yang tersedia kurang dari 30 sampel

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

### 2.2.7 Metode perancangan campuran beton

Pada penelitian ini digunakan ACI (American Concrete Institute) sebagai metode perancangan beton. Metode ini digunakan karena menyarankan suatu cara perancangan campuran yang memperlihatkan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan serta kekuatan yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air per meter kubik adukan beton menentukan tingkat konsistensi/kekentalan adukan beton.

Tahapan perhitungan perancangan campuran beton berdasarkan metode ACI (Kardiyono.T, 1992) adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kuat desak beton rata-rata berdasarkan kuat desak karakteristik beton dan nilai margin

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

dengan :  $f'_c$  = kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji, Mpa

$f'_{cr}$  = kuat tekan beton rata-rata, Mpa

$m$  = nilai margin, Mpa

Nilai margin tergantung pada tingkat pengawasan mutu dan didefinisikan sebagai:

$$m = 1,64 \times k \cdot S_d$$

dengan :  $S_d$  = nilai deviasi standar,

dan dapat dilihat dalam Tabel 2.5

Tabel 2.5 Nilai deviasi standar ( $\text{kg/cm}^2$ )

Volume Pekerjaan ( $\text{m}^3$ )	Mutu Pekerjaan		
	baik sekali	baik	cukup
kecil : < 1000	$45 < s_d \leq 55$	$55 < s_d \leq 65$	$65 < s_d \leq 85$
sedang : 1000-3000	$35 < s_d \leq 45$	$45 < s_d \leq 55$	$55 < s_d \leq 75$
besar : > 3000	$25 < s_d \leq 35$	$35 < s_d \leq 45$	$45 < s_d \leq 65$

- Menentukan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur beton yang dikehendaki tertera pada Tabel 2.6, dan keawetan berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan tertera pada Tabel 2.7, dari keduanya dipilih yang paling rendah.

Tabel 2.6 Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari

Faktor air semen	Perkiraan kuat tekan (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 2.7 Faktor air semen maksimum

Beton di dalam ruang bangunan:	
a. keadaan keliling non korosif:	0,60
b. keadaan keliling korosif, atau disebabkan oleh kondensasi atau uap air:	0,52
Berat di luar ruang bangunan:	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung:	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung:	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah:	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti:	0,55
b. mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau dari air tanah:	0,52
Beton yang kontinu berhubungan dengan air:	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

3. Berdasarkan jenis strukturnya, ditetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat, bisa dilihat dalam Tabel 2.8 dan Tabel 2.9

Tabel 2.8. Nilai-nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton

Jenis Konstruksi	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
- Dinding, plat pondasi, pondasi bertulang	12.5	5.0
- Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan konstruksi di bawah tanah	9.0	2.5
- Plat, balok, kolom, dan dinding	15.0	7.5
- pengerasan jalan	7.5	5.0
- pembetonan masal	7.5	2.5

Tabel 2.9 Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi minimum, mm	balok/kolom	plat
62.5	12.5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

4. Menentukan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump, dilihat dari Tabel 2.10

Tabel 2.10 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat, (liter)

Slump (mm)	Ukuran maksimum agregat, mm		
	10	20	40
25-50	206	182	162
75-100	226	203	177
150-75	240	212	188
Udara Terperangkap	3%	2%	1%

5. Menghitung berat semen yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (2) dan (4) diatas.
6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan per satuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum dari agregat dan nilai modulus halus agregat halusnya, dilihat pada Tabel 2.11



Tabel 2.11. Perkiraan kebutuhan kerikil per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butiran

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butiran			
	2.4	2.6	2.8	3.0
10	0.46	0.44	0.42	0.40
20	0.64	0.63	0.61	0.59
40	0.76	0.74	0.72	0.70
80	0.84	0.82	0.80	0.78
150	0.90	0.88	0.86	0.84

Modulus halus butiran didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal diatas satu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Susunan pada lubang ayakan adalah 38 mm, 19 mm, 9,6 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm. Makin nilai modulus halus menunjukkan makin besar butiran agregatnya. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butiran antara 1,5 sampai 3,8, sedangkan kerikil antara 5 sampai 8. Modulus halus campuran kerikil dengan pasir berkisar antara 5 sampai 6,5.

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan, serta udara yang terperangkap dalam adukan (lihat Tabel 2.10), dengan cara hitungan volume absolut.
8. Hitung berat masing-masing bahan susun beton.

## BAB III

### PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN

#### 3.1 Pelaksanaan

##### 3.1.1 Umum

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

1. Penentuan sampel benda uji sebanyak 160 buah sampel kubus beton dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm dengan pembagian sebagai berikut:

Prosentasi Fly Ash	28 hari	+30 hari		+60 hari	
		TR	R	TR	R
0%	10	8	8	7	7
15%	10	8	8	7	7
20%	10	8	8	7	7
25%	10	8	8	7	7

2. Sampel pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari, 58 hari dan 88 hari,
3. Sampel pengujian ketahanan beton dengan/tanpa *Fly Ash* terhadap serangan magnesium sulfat dilakukan setelah beton berumur 28 hari dan direndam selama 30 hari dan 60 hari,

4. Alat yang dipergunakan 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 kuat desak beton, dan alat bantu lainnya
5. Rencana campuran beton berdasarkan metode ACI dengan mutu beton  $f_c = 22,5 \text{ Mpa}$ ,
6. Analisa data hasil penelitian menggunakan statistik dengan metode perbandingan.

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Hal-hal yang dibahas dalam bab ini adalah mengenai pelaksanaan penelitian yang dilakukan yang meliputi sebagai berikut:

- a. Persiapan bahan dan material,
- b. Persiapan alat yang akan digunakan,
- c. Perencanaan Campuran Beton,
- d. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji,
- e. Pengujian Berat Volume dan Pengujian Kuat Tekan.

### **3.1.2 Persiapan bahan dan material**

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

a. Semen portland

Semen yang digunakan adalah semen portland tipe I merk Gresik dengan berat jenis  $3.15 \text{ t/m}^3$ ,

b. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir, yang diambil dari sungai Kali Progo, Yogyakarta, dengan berat jenis  $2,42 \text{ t/m}^3$  dan mhbnya 2,91,

c. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah kerikil, yang diambil dari sungai Kali Progo, Yogyakarta, dengan berat jenis  $2,66 \text{ t/m}^3$ , berat kering tusuk kerikil (ssd)  $1,5 \text{ t/m}^3$ , dan ukuran maksimum butiran 40 mm,

d. Air

Air yang digunakan adalah air yang telah tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang KM 14,4 Yogyakarta,

e. Fly Ash

Fly Ash yang diperoleh dari Proyek PLTU di Suralaya, Banten

f. Magnesium Sulfat

Senyawa ini didapat dari PT Alfa Kimia di jalan Simanjutak dan dari PT Aneka Kimia di jalan Katamso, Yogyakarta.

### 3.1.3 Peralatan penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian, digunakan beberapa jenis alat yang berfungsi sebagai alat bantu untuk mempermudah jalannya pelaksanaan penelitian. Alat bantu itu dibagi dua tahap. Pertama (pembuatan): Ayakan, baki adukan, cetok, timbangan,

ember, cetakan kubus. Kedua (pengujian): Kerucut Abrams, Penumbuk, Mistar, alat desak beton merk "CONTROL".

### 3.1.4 Perencanaan bahan susun adukan beton

Perencanaan dan perhitungan kebutuhan proporsi dari masing-masing bahan untuk adukan beton berdasarkan metoda ACI. Data-data yang diperlukan untuk perhitungan adalah sebagai berikut:

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. Kuat desak beton yang direncanakan ( $f'c$ ) | : 22,5 Mpa              |
| 2. Ukuran maksimum butiran agregat              | : 40 mm                 |
| 3. Modulus halus butiran ( $mhb$ )              | : 2,91                  |
| 4. Berat jenis pasir ( $ssd$ )                  | : 2,42 t/m <sup>3</sup> |
| 5. Berat jenis kerikil ( $ssd$ )                | : 2,66 t/m <sup>3</sup> |
| 6. Berat kering tusuk kerikil ( $\gamma_b$ )    | : 1,5 t/m <sup>3</sup>  |
| 7. Berat jenis semen                            | : 3,15 t/m <sup>3</sup> |

Rencanakan campuran adukan beton setiap m<sup>3</sup> dengan mutu  $f'c = 22,5$  Mpa

Solution:

- Menghitung kuat desak beton rata-rata berdasarkan kuat desak karakteristik beton dan nilai margin

$$- m = 1,64 \times s_d \text{ (untuk pekerjaan kecil dan pengawasan baik, } s_d = 60 \text{ kg/cm}^2\text{)}$$

$$= 1,64 \times 6 = 9,84 \text{ Mpa}$$

$$- f'cr = f'c + m$$

$$= 22,5 + 9,84 = 32,34 \text{ Mpa}$$

2. Menentukan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur beton yang dikehendaki tertera pada Tabel 2.6, dan keawetan berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan tertera pada Tabel 2.7, dari keduanya dipilih yang paling rendah.

Didapat :  $f_{as} = 0,4742$  (diinterpolasikan)

3. Berdasarkan jenis strukturnya, ditetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat, bisa dilihat dalam Tabel 2.8 dan Tabel 2.9

Didapat : - nilai slump = 75 - 150 mm

- ukuran maksimum butiran = 40 mm

4. Menentukan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump, dilihat dari Tabel 2.10 (berdasarkan hasil langkah 3)

Didapat : - kebutuhan air = 177 liter

- udara yang terperangkap = 1%

5. Menghitung berat semen yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (2) dan (4) diatas.

$$W_{PC} = \frac{W_{air}}{f_{as}} = \frac{0,177}{0,4247} = 0,3733 \text{ ton}$$

$$V_{pc} = \frac{W_{PC}}{Bj_{PC}} = \frac{0,3733}{3,15} = 0,1185 \text{ m}^3$$

6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan per satuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum dari agregat dan nilai modulus halus agregat halusnya, dilihat pada Tabel 2.11

$$\text{Didapat : - } V_{\text{agregat}} = 0,709 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{- } W_{\text{kerikil}} &= \gamma_b \times V_{\text{kerikil}} \\ &= 1,5 \times 0,709 = 1,0635 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\text{- } V_{\text{kering udara}} = \frac{W_{\text{kerikil}}}{Bj_{\text{kerikil}}} = \frac{1,0635}{2,66} = 0,3998 \text{ m}^3$$

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan, serta udara yang terperangkap dalam adukan (lihat Tabel 2.10), dengan cara hitungan volume absolut.

$$\text{- } V_{\text{PC}} + V_{\text{kerikil}} + V_{\text{air}} + V_{\text{udara terperangkap}} + V_{\text{pasir}} = 1$$

$$\Rightarrow V_{\text{pasir}} = 1 - 0,1185 - 0,3998 - 0,177 - 0,01 = 0,2947 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{- } W_{\text{pasir}} &= Bj_{\text{pasir}} \times V_{\text{pasir}} \\ &= 0,4242 \times 0,2947 = 0,7144 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kebutuhan bahan dalam pembuatan sampel penelitian (dalam satuan ton)

$$W_{\text{PC}} = 0,3733$$

$$W_{\text{air}} = 0,1770$$

$$W_{\text{pasir}} = 0,7144$$

$$W_{\text{kerikil}} = 1,0635$$

Menghitung volume adukan beton yang diperlukan dalam penelitian (dalam satuan  $\text{m}^3$ )

$$\text{- volume kubus} = 15 \times 15 \times 15 = 0,003375$$

$$\text{- jumlah sampel } 160 \Rightarrow 160 \times 0,003375 = 0,54$$

$$\text{- cadangan volume } 20\%, \text{ volume total} = 0,54 \times 1,2 = 0,648$$

Menentukan masing-masing bahan dalam  $0,648 \text{ m}^3$

$$W_{\text{pc}} = 0,3733 \times 0,648 = 0,2420 \text{ ton}$$

$$W_{\text{pasir}} = 0,7144 \times 0,648 = 0,4629 \text{ ton}$$

$$W_{\text{kerkil}} = 1,0635 \times 0,648 = 0,6890 \text{ ton}$$

$$W_{\text{air}} = 0,1770 \times 0,648 = 0,1147 \text{ ton}$$

f'c dalam perbandingan PC : Ps : Kr  $\Rightarrow 1 : 1,92 : 2,847$

### 3.1.5 Pembuatan dan perawatan benda uji

Langkah-langkah yang ditempuh dalam pembuatan beton dan pemeriksaan slump pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bahan-bahan dan alat yang diperlukan dalam pembuatan beton dipersiapkan sebelumnya, sesuai dengan kebutuhan rencana pembuatan campuran beton,
- b. Bahan-bahan yang telah dipersiapkan, sebagian dimasukkan ke dalam mixer, dan dilanjutkan dengan menghidupkan mixer dan dilakukan penambahan bahan-bahan sedikit demi sedikit,
- c. Pengukuran slump dari adukan beton dilakukan segera setelah adukan tercampur rata. Pengukuran slump dari adukan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams yaitu berupa kerucut terpancung dengan ukuran diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm. Pelaksanaan pengukuran slump, dilakukan dengan memasukkan adukan secara bertahap sebesar  $1/3$  bagian dari tinggi kerucut dan dilakukan pemadatan dengan penusukan sebanyak 25 kali.



Setelah kerucut penuh dan sisi atasnya diratakan, adukan didiamkan selama ± 30 detik. Selanjutnya, kerucut diangkat secara perlahan-lahan vertikal keatas. Nilai slump adalah tinggi jatuh adukan diukur dari sisi atas kerucut ke sisi atas adukan.

- d. Dilakukan pengisian adukan dengan menggunakan cetok ke dalam cetakan yang terlebih dahulu diolesi oli, sedikit demi sedikit sambil ditusuk-tusuk agar tidak keropos.
- e. setelah pengisian dan pemadatan selesai, permukaan cetakan diratakan, kemudian diletakkan ke tempat yang terlindung, dan setelah 24 jam cetakan dapat dibuka.
- f. Setiap benda uji diberi kode agar tidak tertukar dan mudah dikelompokkan.
- g. Benda uji diberi perawatan untuk dapat menjamin terjadinya proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna dengan menjaga kelembaban permukaan beton. Untuk mempertahankan beton supaya beton selalu dalam keadaan basah selama beberapa hari tertentu, digunakan dengan cara merendam sebagian benda uji ke dalam bak kedap air dan sebagian lainnya disitapan ke dalam lapisan karung yang selalu dalam keadaan basah

### **3.1.6 Perendaman dalam larutan Magnesium Sulfat**

Guna membuktikan adanya serangan kandungan yang ada pada air laut yaitu magnesium sulfat terhadap beton, maka dilakukan perendaman dalam larutan

Magnesium Sulfat selama 30 hari dan 60 hari. Larutan yang digunakan adalah senyawa Magnesium Sulfat ( $MgSO_4$ ). Senyawa ini yang digunakan dilarutkan ke dalam air hingga mencapai kadar 8%.

Pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- a. Melarutkan senyawa Magnesium Sulfat ke dalam air dengan perbandingan tertentu hingga mencapai 8%,
- b. Sebelum direndam sampel beton perlu ditandai sesuai dengan spesifikasi *Fly Ash* yang berbeda variasi dalam prosentasi berat dari semen,
- c. Merendam sampel benda uji ke dalam larutan  $MgSO_4$  tersebut.

### 3.1.7 Pengujian benda uji

Pengujian akan dilaksanakan setelah beton berumur 28 hari dan ditambah 30 hari dan 60 hari rendaman Magnesium Sulfat, dengan pengujian sebagai berikut:

- a. Pengujian berat volume normal

Berat volume beton dihasilkan dengan cara mengukur volume masing-masing benda uji dan menimbanginya. Berat volume yang dihasilkan dapat dihitung dengan cara membagi berat benda uji dengan volumenya.

- b. Pengujian pengurangan berat beton.

Salah satu sebab yang ditimbulkan oleh serangan Magnesium Sulfat terhadap beton adalah terjadinya peluruhan sebagian bahan dari beton. Hal ini dapat terdeteksi dengan mengukur perubahan berat beton setelah terjadinya serangan Magnesium Sulfat.

c. Pengujian desak beton

Beban vertikal yang dikerjakan pada benda uji, digunakan mesin desak hidrolis. Setelah benda uji siap pada tempat pengujian, pembebanan dilakukan secara berangsur-angsur sampai mencapai beban maksimum, yaitu saat benda uji mengalami kehancuran.

### **3.2 Hasil Penelitian**

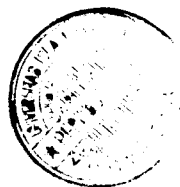
Hasil pengukuran dan pengujian benda uji secara keseluruhan merupakan hasil penelitian dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 3.1 s/d 3.20

### Hasil Penelitian

Tabel 3.1. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 28 Hari

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/cm <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	0	222.6060	8.127	3356.8985	680	311.3888	258.4527	2.4210			
2	0	222.4500	8.208	3365.6685	815	373.4704	309.9804	2.4387			
3	0	227.8480	8.465	3472.4035	795	355.6746	295.2160	2.4378			
4	0	223.6520	8.167	3363.7361	765	348.6741	289.3995	2.4280			
5	0	221.2600	8.206	3323.3252	885	407.7288	338.4149	2.4692	357.7236	296.9106	2.4268
6	0	225.4460	8.242	3449.3238	845	382.0720	317.1197	2.3895			
7	0	230.5836	8.585	3548.6816	750	331.5613	275.1959	2.4192			
8	0	229.3698	8.318	3481.8336	775	344.4264	285.8739	2.3890			
9	0	226.9452	8.403	3449.5670	815	366.0729	303.8405	2.4360			
10	0	227.5332	8.465	3469.8813	795	356.1667	295.6184	2.4396			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)



Tabel 3.2. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 28 Hari

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/m <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton cm <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	15	220.7426	8.248	3404.9997	835	385.5949	320.0438	2.4223			
2	15	235.0655	8.152	3206.0078	870	377.2779	313.1407	2.5427			
3	15	224.9964	8.222	3442.4449	895	405.4884	336.5554	2.3884			
4	15	228.7656	8.424	3504.6890	900	401.0355	332.8594	2.4036			
5	15	226.2000	8.051	3354.5460	785	333.7594	293.6203	2.4001	394.8150	327.6964	2.4180
6	15	226.0240	8.319	3469.4684	930	419.4299	348.1268	2.3978			
7	15	227.4000	8.345	3463.3020	1005	450.5122	373.9252	2.4096			
8	15	228.3122	8.389	3468.0471	930	415.2263	344.6378	2.4189			
9	15	229.9014	8.435	3511.7518	790	350.2809	290.7332	2.4019			
10	15	230.2804	8.422	3516.3817	880	389.5442	323.3216	2.3951			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

Tabel 3.3. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 28 Hari

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton.m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton cm <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	20	227.9904	8.059	3447.2148	1030	460.5234	382.2234	2.3378			
2	20	223.4944	8.119	3394.8799	800	364.8836	302.8534	2.3915			
3	20	225.5979	8.431	3489.9995	860	388.5925	322.5318	2.4105			
4	20	233.0182	8.459	3590.8105	915	400.2785	332.2311	2.3557			
5	20	227.5152	8.455	3524.2105	735	329.3123	273.3292	2.3991	400.1244	332.1055	2.4003
6	20	228.1538	8.348	3447.3738	950	424.4504	352.2938	2.4216			
7	20	227.2514	8.469	3458.6631	1045	468.7494	389.0620	2.4486			
8	20	225.2985	8.077	3392.9954	815	368.7485	306.0613	2.3805			
9	20	222.7094	8.218	3387.4100	890	407.3638	338.1120	2.4260			
10	20	225.7434	8.403	3456.1315	860	284.4831	236.1210	2.4313			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

Tabel 3.4. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 28 Hari

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/cm <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	25	223.0360	8.168	3416.9115	730	333.6406	276.9217	2.3905			
2	25	225.7476	8.263	3501.3453	685	309.3132	256.7299	2.3600			
3	25	228.0000	8.322	3474.7200	855	382.2630	317.2783	2.3950			
4	25	223.8456	8.238	3386.0575	905	412.1269	342.0654	2.4329			
5	25	226.6488	8.362	3408.7980	840	377.7956	313.5703	2.4531	369.9923	307.0936	2.4041
6	25	224.5496	8.190	3367.43355	770	349.5501	290.1266	2.4106			
7	25	226.6410	8.246	3445.0952	795	357.5688	296.7821	2.3956			
8	25	227.5552	8.431	3454.2879	885	396.4492	329.0528	2.4407			
9	25	228.0100	8.408	3456.6316	955	426.9534	354.3713	2.4324			
10	25	231.6340	8.227	3451.3466	805	354.2620	294.0375	2.3318			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.85)

Tabel 3.5. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	0	227.8570	8.390	3499.8835	690	308.6866	256.2098	2.3972			
2	0	230.3840	8.353	3582.4712	960	424.7662	352.5559	2.5316			
3	0	226.2000	8.180	3420.1440	975	439.3828	364.6877	2.3917			
4	0	229.2180	8.450	3484.1136	1070	475.8456	394.9518	2.4253	403.2061	334.6611	2.3985
5	0	230.7360	8.490	3521.0314	935	413.0734	342.8509	2.4112			
6	0	231.1918	8.425	3537.2345	885	390.2131	323.8769	2.3813			
7	0	228.7600	8.468	3484.0148	790	352.0286	282.1839	2.4365			
8	0	227.2500	8.360	3465.5625	940	421.6528	349.9715	2.4123			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)



Tabel 3.6. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	0	228.4476	8.536	3490.3793	900	401.5937	333.3228	2.4459			
2	0	226.8011	8.303	3440.5727	900	404.5091	335.7426	2.4133			
3	0	226.7892	8.348	3449.4637	755	339.3560	281.6655	2.4201			
4	0	228.1478	8.404	3490.6613	860	384.2494	318.9270	2.4076	379.3789	314.8845	2.4204
5	0	231.6480	8.364	3452.0122	835	367.4421	304.9770	2.4348			
6	0	231.1878	8.492	3532.5496	880	388.0152	322.0526	2.3904			
7	0	228.0064	8.457	3488.4979	990	442.6079	367.3645	2.4243			
8	0	225.5988	8.244	3415.56589	680	307.2579	255.0241	2.4137			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

Tabel 3.7. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	15	220.8195	8.367	3369.7056	870	401.6177	333.3427	2.4830			
2	15	229.6720	8.218	3493.3111	1010	448.748	372.0681	2.3525			
3	15	222.9048	8.138	3385.9234	950	434.4454	360.5897	2.4035			
4	15	230.4323	8.548	3511.7883	900	398.1348	330.4519	2.4341	417.4739	346.5033	2.4165
5	15	223.0530	8.092	3365.8698	1040	475.2874	394.685	2.4041			
6	15	227.1048	8.264	3429.2825	820	368.0539	305.4897	2.4098			
7	15	230.4288	8.473	3514.0392	985	435.743	361.6667	2.4112			
8	15	230.4323	8.428	2500.2666	855	378.2281	313.9293	2.4078			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

Tabel 3.8. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	15	224.3923	8.061	3395.0555	985	447.4652	371.3961	2.3743			
2	15	228.9160	8.415	3511.5714	1020	458.6613	380.6889	2.3964			
3	15	228.7276	8.272	3515.5432	990	441.2123	366.2062	2.3530			
4	15	226.1952	8.273	3451.7388	1100	495.7244	411.4512	2.3968	429.1947	356.2316	2.3749
5	15	225.1480	7.994	3397.4833	1200**	-	-	2.3529			
6	15	226.3508	8.159	3415.6336	970	436.8383	362.5756	2.3887			
7	15	228.9144	8.296	3484.6772	880	391.8687	352.2510	2.3807			
8	15	226.8036	8.341	3540.4042	740	332.5927	276.0520	2.3560			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

\*\* Kuat desak dihentikan

Tabel 3.9. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	20	228.0096	8.275	3454.3454	735	328.5982	272.7365	2.3955			
2	20	230.8874	8.387	3518.7240	940	415.0101	344.4583	2.3835			
3	20	223.6430	8.384	3455.2844	910	414.7793	344.2668	2.4264			
4	20	226.0456	8.342	3451.7163	1050	473.5046	393.0088	2.4168	409.2613	339.6869	2.4135
5	20	228.1610	8.359	3458.9208	870	388.6949	322.6168	2.4167			
6	20	227.2550	8.324	3452.0035	995	446.3141	370.4407	2.4114			
7	20	222.4440	8.157	3352.2311	805	368.8979	306.1853	2.4333			
8	20	225.6003	8.352	3444.9168	970	438.2915	363.7819	2.4244			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

Tabel 3.10. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton.m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton.m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	20	229.0676	8.554	3529.9317	710	315.9533	262.2429	2.4233			
2	20	226.0510	8.294	3451.7988	935	421.6345	349.9566	2.4028			
3	20	227.4039	8.137	3472.4576	960	430.3327	357.1761	2.3433			
4	20	222.9000	8.363	3439.3470	750	342.9906	284.6822	2.4316	405.1027	336.2352	2.4087
5	20	219.9288	8.431	3307.7292	935	461.1816	382.7807	2.5489			
6	20	228.4602	8.305	3493.1565	895	399.3406	331.4527	2.5775			
7	20	228.2797	8.502	3545.1837	950	424.2163	352.0995	2.3982			
8	20	230.1289	8.237	3514.0683	1005	445.1700	369.4911	2.3440			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

Tabel 3.1.1. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	25	229.9770	8.413	3511.7488	785	347.9495	288.7981	2.3957			
2	25	225.7500	8.363	3460.7475	925	417.6812	346.6754	2.4165			
3	25	229.6734	8.353	3509.4096	850	377.2587	313.1247	2.3802			
4	25	226.5021	8.113	3420.1817	715	321.7843	267.0809	2.3721	381.1065	316.3184	2.3832
5	25	225.8960	8.234	3433.6192	870	392.5922	325.8516	2.3981			
6	25	228.4560	8.276	3493.0922	1015	452.8918	375.9002	2.3693			
7	25	233.6310	8.464	3594.9174	815	355.5970	295.1455	2.3544			
8	25	231.4950	8.410	3534.9287	870	383.0969	317.9704	2.3791			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

Tabel 3.12. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 58 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	25	229,8220	8,442	3539,2588	1200**	-	-	2,3853	-	-	-
2	25	229,5200	8,511	3536,9032	750	333,0978	276,4711	2,4063	-	-	-
3	25	224,9744	8,296	3428,6099	850	385,1384	319,6649	2,4196	-	-	-
4	25	225,7374	8,167	3419,9216	895	404,1574	335,4506	2,3881	375,9098	312,0052	2,3984
5	25	229,8252	8,339	3507,1326	690	366,0430	254,0157	2,5777	-	-	-
6	25	223,0540	8,072	3356,9627	925	422,7296	350,8656	2,4089	-	-	-
7	25	225,7434	8,235	3420,0125	935	422,2091	350,4335	2,4079	-	-	-
8	25	229,2195	8,327	3479,5520	805	357,936	297,1347	2,3931	-	-	-

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0,83)

\*\* Kuat desak dihindarkan

Tabel 3.13. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	0	227.8534	8.369	3456.8146	985	440.6682	365.7546	2.4210			
2	0	224.8120	8.392	3482.3379	925	419.4240	348.1219	2.4095			
3	0	228.3021	8.356	3472.4749	1040	464.3596	385.4185	2.4064			
4	0	225.4446	8.308	3444.7935	890	402.4215	334.0098	2.4118	397.5853	329.9958	2.4424
5	0	234.3957	8.567	3593.2861	845	367.4837	305.0115	2.3842			
6	0	227.6960	8.516	3495.1336	790	353.6736	293.5491	2.4365			
7	0	225.1290	8.510	3421.9608	740	335.0667	278.1054	2.4869			

Keterangan:

\* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.85)



Tabel 3.14. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/.m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	0	228.3117	8.441	3465.7716	760	339.3254	281.6401	2.4355			
2	0	228.0096	8.574	3486.2668	835	373.3055	309.8435	2.4020			
3	0	228.6135	8.328	3472.6391	950	423.5969	351.5854	2.3982			
4	0	223.6508	8.204	3372.6541	690	314.4920	261.0284	2.4325	380.0488	315.4405	2.4098
5	0	227.2214	8.474	3579.6595	835	374.6004	310.9183	2.4076			
6	0	223.5016	8.195	3410.6544	975	444.6876	369.0907	2.4028			
7	0	225.8973	8.260	3456.2287	865	390.3337	323.9770	2.3899			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

Tabel 3.15. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/ m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	15	228.6128	8.440	3474.9156	1200**	-	-	2.4288	-	-	-
2	15	228.0075	8.338	3465.4860	915	407.9978	338.6382	2.4060	-	-	-
3	15	231.9430	8.417	3548.8044	1050	476.9815	395.8946	2.3718	-	-	-
4	15	222.7556	8.306	3457.1679	1020	448.7244	372.4412	2.4026	425.7952	353.4101	2.4277
5	15	227.2500	8.495	3461.0185	960	428.3621	355.5406	2.4545	-	-	-
6	15	228.3040	8.560	3477.0709	840	369.8851	307.0046	2.4617	-	-	-
7	15	225.5979	8.540	3469.6967	955	322.8207	350.9412	2.4684	-	-	-

Keterangan:

\* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

\*\* Kuat desak dihentikan

Tabel 3.16. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	15	229.9742	8.445	3518.6053	770	341.3050	283.2831	2.4691			
2	15	230.4245	8.433	3532.4045	950	420.2680	348.8224	2.3706			
3	15	224.8470	8.425	3440.1591	910	412.5583	342.4234	2.4208			
4	15	225.6004	8.253	3415.5901	810	365.9958	30.3777	2.4019	416.9836	346.0964	2.4141
5	15	228.1568	8.371	3495.3622	1010	451.2518	37.4539	2.4244			
6	15	225.2997	8.244	3386.2545	985	445.6630	36.9900	2.4201			
7	15	224.2494	8.323	3453.4408	1060	481.843	39.9930	2.3918			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

Tabel 3.17. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	20	231.8004	8.473	3544.2281	860	376.2158	312.2591	2.4523			
2	20	224.2476	8.159	3424.2609	935	415.2834	344.6852	2.3827			
3	20	230.1285	8.345	3502.5558	995	439.8725	365.0942	2.3826			
4	20	224.7001	8.150	3390.7245	1005	452.9040	375.9103	2.4036	404.0494	335.3610	2.4068
5	20	229.2147	8.491	3506.9849	775	342.6321	284.3846	2.4212			
6	20	227.5570	8.373	3436.1107	1200**	-	-	2.4368			
7	20	228.0084	8.370	3534.1302	910	397.3889	329.8328	2.3683			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

\*\* Kuat desak dihentikan

Tabel 3.18. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton/ m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton/ m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	20	227.5572	8.318	3474.7984	680	303.6070	251.9938	2.3938			
2	20	223.6518	8.165	3408.4534	960	437.5522	363.1083	2.3955			
3	20	227.5572	8.340	3463.4206	930	416.6039	345.7813	2.4080			
4	20	228.6143	8.430	3463.5066	805	358.9413	297.9213	2.4340	402.6777	334.2225	2.4004
5	20	227.5552	8.262	3488.4212	890	398.890	330.9119	2.3684			
6	20	224.9975	8.159	3410.9621	1000	453.6575	376.0377	2.3920			
7	20	226.9500	8.284	3436.0230	995	446.9139	370.9386	2.4109			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

Tabel 3.19. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	25	224.6997	8.108	3372.7425	750	331.1703	274.8713	2.4040			
2	25	224.6920	8.176	3449.0222	1040	471.8204	391.6109	2.3705			
3	25	222.7544	8.201	3408.1423	855	391.2648	324.7498	2.4063			
4	25	223.6478	8.080	3403.9195	950	433.0021	359.3917	2.3737	399.2153	331.3487	2.3943
5	25	226.0512	8.286	3413.3731	985	444.1814	368.6706	2.4275			
6	25	224.7001	8.039	3372.7485	790	358.3891	297.4630	2.3835			
7	25	230.7361	8.398	3507.1887	830	366.4441	304.1486	2.3945			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0,83)

Tabel 3.20. Berat Volume dan Kuat Desak Umur 88 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume (ton m <sup>3</sup> )	Kuat Desak Rata-Rata (kg/cm <sup>2</sup> )		Berat Volume Rata-Rata (ton m <sup>3</sup> )
						Kubus	Silinder*		Kubus	Silinder*	
1	25	222.8880	8.310	3448.074	755	343.2958	286.5955	2.4100			
2	25	226.3448	8.246	3424.5968	815	367.0440	304.6465	2.4079			
3	25	229.8220	8.295	3500.1891	820	363.7083	301.8779	2.3699			
4	25	229.5221	8.527	3423.1642	975	453.0231	359.4092	2.4910	373.8993	310.3364	2.4112
5	25	228.3120	8.282	3479.4749	840	375.0434	311.2860	2.3802			
6	25	227.2550	8.210	3438.3682	950	426.1291	353.6871	2.3878			
7	25	225.7506	8.317	3420.1216	680	407.0513	254.8526	2.4318			

Keterangan: \* telah dikonversi dari kubus ke silinder (kubus dikalikan 0.83)

**BAB IV**  
**ANALISA HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Analisa**

**4.1.1 Umum**

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

**4.1.2 Slump**

Nilai-nilai slump yang dicapai pada berbagai variasi adukan beton adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Nilai Slump Pada Campuran Beton

Variasi campuran	Nilai slump	Nilai rata-rata slump
0%	9,5	10,5
	10,5	
	10,5	
	11,5	
15%	9,5	10,3
	9,5	
	11,5	
	11	
20%	10	10,25
	10	
	11	
	10,25	
25%	9,5	10,06
	10,5	
	10,25	
	10	



#### 4.1.3 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 :

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{Berat Beton}}{\text{Volume Beton}(P \times L \times T)}$$

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 tiap variasi.

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

Perhitungan Berat Volume (V) yang Disyaratkan pada penambahan Fly Ash 0 % umur 28 hari adalah sebagai berikut :

- Untuk Sampel pertama

Diketahui : - berat beton = 8.127 kg

- volume = 3356.8985 cm<sup>3</sup>

- Menghitung berat volume (V)

$$V = \frac{\text{berat beton}}{\text{volume}} = \frac{8.127}{3356.8985} = 0.00240984 \text{ kg/cm}^3$$

$$= 2.4210 \text{ t/m}^3$$

- Dengan langkah-langkah seperti diatas sehingga untuk perhitungan sampel-sampel berikutnya diperoleh berat volume beton seperti pada lampiran 2A.
- Mencari nilai berat volume beton rata-rata diperoleh  $2.4268 \text{ t/m}^3$ .
- Dengan cara yang sama dicari untuk sampel berikutnya.
- Hasil perhitungan berat volume beton secara keseluruhan seperti dalam tabel berikut.

Tabel 4.2 Daftar Berat Volume Beton Dengan Tanpa Rendaman  $\text{MgSO}_4$

No (1)	% Fly Ash (2)	Berat Volume Beton Tanpa Rendaman			Berat Volume Beton dengan Rendaman		Prosentase Pengurangan Berat Volume %	
		28 hari (3)	58 hari (4)	88 hari (5)	58 hari (6)	88 hari (7)	$\frac{(4)-(6)}{(4)} \times 100$ (4)	$\frac{(5)-(7)}{(5)} \times 100$ (5)
1	0 %	2.4268	2.3985	2.4424	2.4204	2.4098	0.9131	1.3348
2	15%	2.4180	2.4180	2.4277	2.3749	2.4141	1.7753	0.5602
3	20%	2.4003	2.4135	2.4068	2.4087	2.4004	0.1989	0.3446
4	25%	2.4041	2.3832	2.3943	2.3984	2.4112	0.6756	0.7058

#### 4.1.4 Hasil perhitungan pengurangan berat beton

Dalam perendaman sulfat ternyata telah terjadi peluruhan beton yang mengakibatkan berat beton berkurang.

Perhitungan pengurangan berat beton pada penambahan Fly Ash 0 % umur 58 hari adalah sebagai berikut :

- Untuk sampel pertama

Diketahui : - berat beton awal (a) = 8.5470 kg

- berat beton akhir (b) = 8.5360 kg

- Menghitung selisih berat

$$\text{Selisih berat (c)} = 8.5470 - 8.5360 = 0.0110 \text{ kg}$$

- Menghitung prosentase pengurangan berat beton (d)

$$(d) = \frac{(c)}{(a)} * 100\% = \frac{0.0110}{8.5470} * 100\% = 0.1287\%$$

- Dengan langkah-langkah seperti diatas sehingga untuk perhitungan sampel-sampel berikutnya diperoleh pengurangan berat beton untuk semua variasi Fly Ash, seperti pada lampiran.
- Mencari nilai pengurangan berat beton rata-rata diperoleh 0.5342%.
- Hasil perhitungan selisih berat beton untuk tiap variasi seperti dalam tabel berikut :

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Pengurangan Berat Beton Rata-Rata

No	Fly Ash (%)	Umur	Selisih Rata-Rata (kg)	Prosentase Pengurangan Rata-Rata (%)
1	0%	58	0.0450	0.5342
		88	0.0480	0.5756
2	15%	58	0.0466	0.5650
		88	0.0541	0.6420
3	20%	58	0.0460	0.5469
		88	0.0503	0.6036
4	25%	58	0.0443	0.5314
		88	0.0476	0.5692

#### 4.1.5 Perhitungan 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 (  $\text{kg}/\text{cm}^2$  )

$f'cr$  = Kuat desak rata-rata (  $\text{kg}/\text{cm}^2$  )

$k$  = Pengali deviasi standar

$S$  = Deviasi standar

Untuk memenuhi persyaratan diatas perlu dicari hal sebagai berikut :

- a. Mencari deviasi standar

Deviasi standar dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (fc - fcr)^2}{(n-1)}}$$

Keterangan :

$S$  = Deviasi Standar (  $\text{kg}/\text{cm}^2$  )

$f'c_{28}$  = Kuat Tekan beton masing-masing benda uji (  $\text{kg}/\text{cm}^2$  )

$f'cr$  = Kuat Tekan beton rata-rata (  $\text{kg}/\text{cm}^2$  )

$n$  = 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 40 buah sampel tiap variasi. Untuk itu dapat dilihat faktor pengali terhadap deviasi standar yang dihitung berdasarkan Tabel 2.4.

- 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.

Perhitungan Kuat Desak Beton yang Disyaratkan pada penambahan Fly Ash 0 % umur 28 hari adalah sebagai berikut :

Untuk sampel 1

$$\begin{aligned} - \text{Diketahui : Beban Maksimum (P)} &= 680 \text{ kN} = 680 \times 101.9368 \\ &= 69317.0240 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Luas Kubus Beton (A)} = 222.6060 \text{ cm}^2$$

$$\text{KuatDesak Beton} = \frac{P}{A} = \frac{693170240}{2226060} = 311.3889 \text{ kg/cm}^2$$

- Dari perhitungan kuat desak diatas dikonversikan ke silinder (dikali 0.83)

$$\text{sehingga diperoleh} = 258.4527 \text{ Kg/cm}^2 = 25.8453 \text{ MPa}$$

- Dengan langkah-langkah seperti diatas sehingga untuk perhitungan sampel-sampel berikutnya diperoleh hasil kuat desak beton dan hasil konversi secara lengkap dalam lampiran 1.

- Mencari nilai kuat desak rata-rata ( $f'_{cr}$ ) diperoleh 29.6911 Mpa.

- Mencari nilai Deviasi Standar

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c_{28}} - f_{cr})^2}{(n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{(44.8318)^2}{(10-1)}} = 2.2319 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Hitung Kuat desak yang sebenarnya

$$f'_c = f'_{cr} - 1,64 * S$$

$$= 29.6911 - 1,64 * 2.2319 = 26.0308 \text{ Mpa}$$

Hasil keseluruhan perhitungan kuat desak beton berdasarkan dengan ketentuan-ketentuan yang disyaratkan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5 Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan ( f'c )  
Tanpa Rendaman MgSO<sub>4</sub>

No	Fly Ash	Kuat Desak Beton ( f'c )		
		Umur 28	Umur 58	Umur 88
1	0%	26.0308	26.3354	26.5288
2	15%	28.6194	29.6304	30.3941
3	20%	27.3795	27.6749	27.9610
4	25%	25.7901	26.0169	26.1677

Tabel 4.6 Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan ( f'c )  
Dengan Rendaman MgSO<sub>4</sub>

No	Fly Ash	Kuat Desak Beton ( f'c )	
		Umur 58	Umur 88
1	0%	25.8130	25.4031
2	15%	28.4728	27.9040
3	20%	26.7471	26.1871
4	25%	25.5053	25.0324

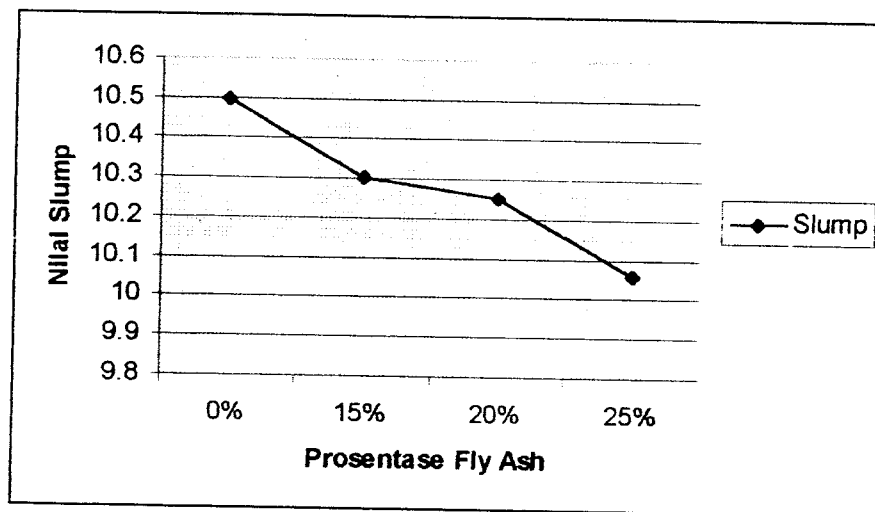
## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Nilai slump

Hasil nilai rata-rata slump dicantumkan pada tabel berikut:  
Tabel 4.7 Nilai Rata-Rata Slump

No	Fly Ash	Nilai Slump
1	0%	10.50
2	15%	10.30
3	20%	10.25
4	25%	10.06

Dari nilai rata-rata slump dapat digambarkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Nilai Rata-Rata Slump

Dari Tabel 4.7 dan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai slump sejalan dengan adanya penambahan Fly Ash, ini membuktikan bahwa didalam adukan, Fly Ash juga mempunyai daya serap. Namun nilai penurunannya tidak terlalu besar sehingga perubahan nilai slump disini tidak begitu berpengaruh terhadap workability dan faktor air semennya.

#### 4.2.2 Nilai penurunan berat beton

Pada perendaman telah terjadi penurunan berat beton, baik pada beton umur 58 maupun 88 hari. Besarnya penurunan bisa dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.8 Penurunan Berat Beton Umur 58 Hari

No	% Fly Ash	Berat Awal	Berat Akhir	Selisih
1	0	8.4285	8.3935	0.0450
2	15	8.2730	8.2264	0.0466
3	20	8.2989	8.3529	0.0460
4	25	8.3429	8.2986	0.0443

Tabel 4.9 Penurunan Berat Beton Umur 88 Hari

No	% Fly Ash	Berat Awal	Berat Akhir	Selisih
1	0	8.3731	8.3251	0.0480
2	15	8.4104	8.3771	0.0541
3	20	8.3300	8.2797	0.0503
4	25	8.3600	8.3981	0.0476

Pada Tabel 4.8 dan 4.9 menunjukkan penurunan berat beton sebelum dan setelah direndam, maka pada rendaman 30 dan 60 hari ini membuktikan bahwa pengaruh Magnesium Sulfat dapat mengakibatkan terjadinya peluruhan terhadap bahan campuran beton. Secara fisik yang terjadi pada beton terlihat lapisan luar berwarna kekuning-kuningan dan pengelupasan pada sisi luarnya.

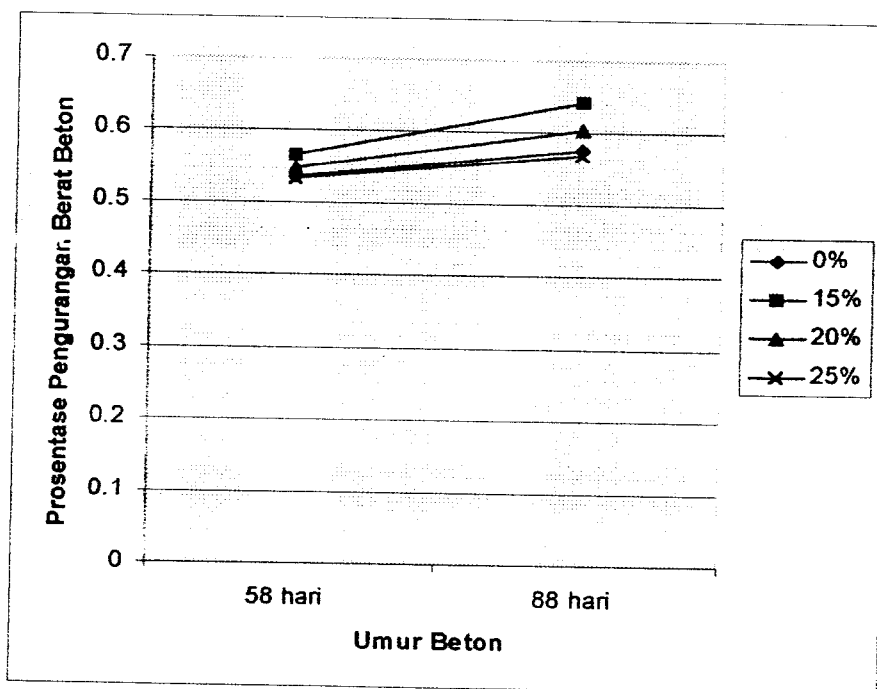
Dilihat dari prosentase penurunan berat rata-rata akibat perendaman dapat dilihat pada tabel berikut:



Tabel 4.10 Prosentase Pengurangan Berat Rata- Rata

No	% Fly Ash	% Pengurangan berat rata-rata pada umur beton	
		58 hari	88 hari
1	0%	0.5342	0.5756
2	15%	0.5650	0.6420
3	20%	0.5469	0.6036
4	25%	0.5314	0.5692

Prosentase penurunan berat rata-rata beton umur 58 dan 88 hari dapat digambarkan pada grafik berikut:



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Penurunan Berat Rata-Rata Beton Umur 28 Hari Dan 88 Hari Dalam Prosentase

Pada tabel 4.10 dan gambar 4.2 menunjukkan bahwa makin lama perendaman maka makin besar penurunan beratnya untuk semua prosentase penambahan Fly Ash.

besar peluruhan yang akan terjadi, hal ini akan berpengaruh terhadap penurunan kuat desak beton.

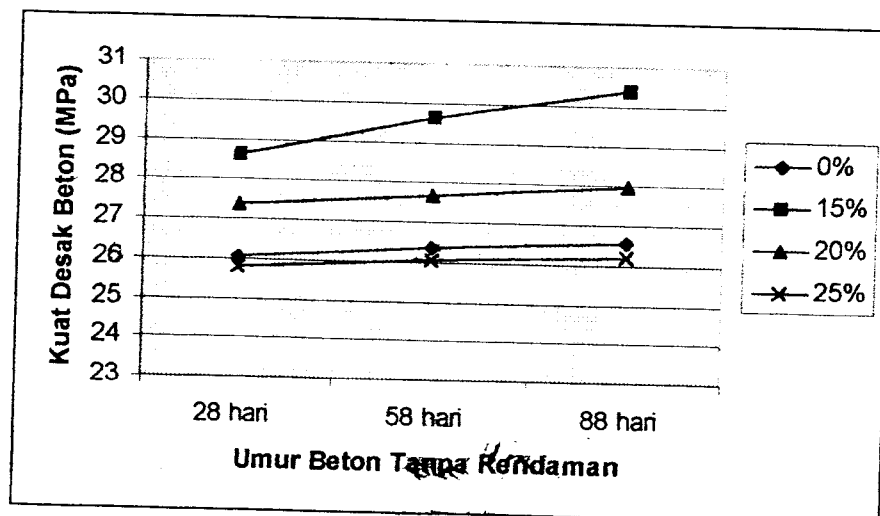
#### 4.2.3 Kuat desak beton

Hasil perhitungan kuat desak yang disyaratkan ( $f_c$ ) dicantumkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.11 Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan ( $f_c$ ) Tanpa Rendaman  $MgSO_4$

No	Fly Ash	Kuat Desak Beton		
		Umur 28	Umur 58	Umur 88
1	0%	26.0308	26.3354	26.5288
2	15%	28.6194	29.6304	30.3941
3	20%	27.3795	27.6749	27.9610
4	25%	25.7901	26.0169	26.1677

Kuat desak beton yang disyaratkan tanpa rendaman dapat digambarkan pada grafik berikut:



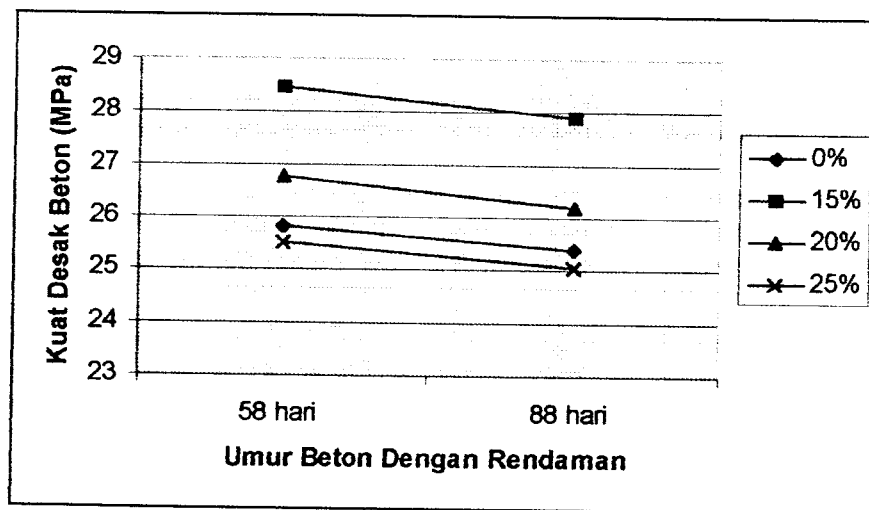
Gambar 4.3 Grafik Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan ( $f_c$ ) Tanpa Rendaman

Pada Tabel 4.11 dan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa kuat desak mengalami kenaikan akibat penambahan Fly Ash 15% dan 20%, penambahan Fly Ash 25% mengalami penurunan dari beton normal, dan mengalami kenaikan kuat desak baik dari beton umur 28 ke beton umur 58 dan umur 28 ke umur 88 hari, hal ini akan dipakai sebagai bahan perbandingan pada pembahasan berikutnya.

Tabel 4.12 Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan ( $f'c$ ) Dengan Rendaman  $MgSO_4$

No	Fly Ash	Kuat Desak Beton	
		Umur 58	Umur 88
1	0%	25.8130	25.4031
2	15%	28.4728	27.9040
3	20%	26.7471	26.1871
4	25%	25.5053	25.0324

Penurunan kuat desak beton yang disyaratkan dari umur 58 hari ke 88 hari dengan rendaman dapat digambarkan pada grafik berikut:



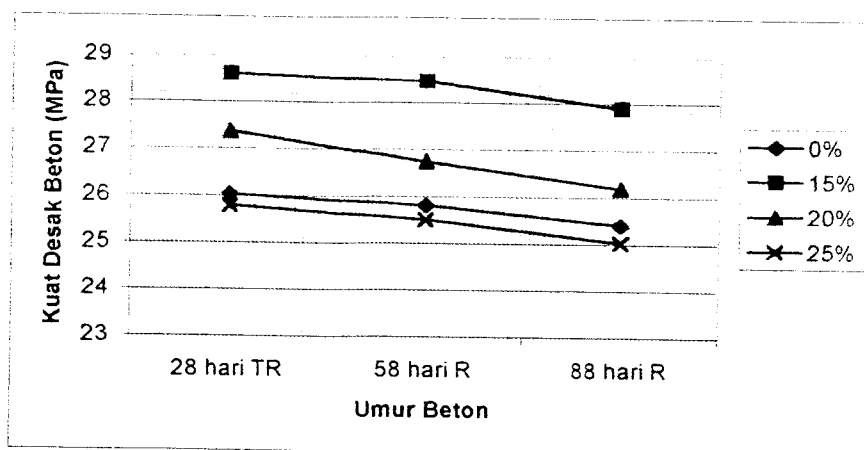
Gambar 4.4 Grafik Penurunan Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan ( $f'c$ ) Dari Umur 58 Hari Ke 88 Hari Dengan Rendaman

Pada Tabel 4.12 dan Gambar 4.4 dimana beton rendaman 30 hari (umur 58 hari) kuat desak betonnya sudah mengalami penurunan dibandingkan beton yang tanpa rendaman umur 28 hari dan 58 hari. begitu juga beton rendaman 60 hari (umur 88 hari) juga mengalami penurunan bila dibanding beton umur 28 hari dan 88 hari yang tanpa rendaman. Hal ini menunjukkan bahwa akibat yang ditimbulkan oleh serangan Magnesium Sulfat sangat berpengaruh terhadap kuat desak beton.

Tabel 4.13 Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan Secara Keseluruhan.

No	Jenis	Variasi Fly Ash	Umur ( hari )	Kuat Desak Beton ( f <sub>c</sub> )		Prosentase Penurunan (%)
				Tanpa Direndam (MPa)	Direndam (MPa)	
1	Beton Normal	0%	28	26.0308	25.8130	1.9836
2		0%	58	26.3354		
3		0%	88	26.5288		
4	Beton Fly Ash	15%	28	28.6194	28.4728	3.9068
5		15%	58	29.6304		
6		15%	88	30.3941		
7		20%	28	27.3795	26.7471	3.3523
8		20%	58	27.6749		
9		20%	88	27.9610		
10		25%	28	25.7901	25.5053	1.9666
11			58	26.0169		
12			88	26.1677		

Dari Tabel kuat desak beton yang disyaratkan secara keseluruhan dapat digambarkan grafik penurunan kuat desak dari beton tanpa rendaman umur 28 hari ke beton rendaman 30 hari (umur 58 hari) dan beton rendaman 60 hari (umur 88 hari)



Gambar 4.5 Grafik hubungan kuat desak beton yang disyaratkan ( $f'_c$ ) umur 28 hari, 58 dan 88 hari dengan rendaman

Tabel 4.13 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kuat desak beton akibat dari pengaruh perendaman Magnesium Sulfat, beton rendaman lebih kecil dari beton tanpa direndam baik umur 58 hari maupun umur 88. Pada beton Fly Ash 0% umur 58 hari tanpa rendaman kuat desaknya 26.3354 MPa setelah direndam menjadi 25.8130 MPa terjadi penurunan sebesar 1,8936%. Namun pada beton Fly Ash 15% umur 58 hari tanpa rendaman yang kuat desak betonnya meningkat menjadi 29.6304 MPa dan setelah direndam menjadi 28.4728 MPa. Dari hubungan tersebut telah terjadi kenaikan dari 26.3354 MPa ke 28.4728 MPa, dari 25.8130 MPa ke 28.4728 MPa dan dari 26.3354 MPa ke 29.6304 MPa. Begitu juga apabila beton Fly Ash 0% umur 58 dengan beton Fly Ash 20% umur 58 hari tanpa rendaman masih mengalami kenaikan kuat desak dari 26.3354 MPa ke 27.6749 MPa. Dan untuk yang direndam juga mengalami kenaikan kuat desak baik dari 26.3354 MPa ke 26.7471 MPa dan dari 25.8130 MPa ke 26.7471 MPa.

Tetapi apabila dibandingkan antara besarnya kuat desak beton Fly Ash 15% umur 58 hari dan beton Fly Ash 20 % umur 58 hari yang terbesar terjadi pada kuat desak beton Fly Ash 15% umur 58 hari yaitu yang tanpa direndam 29.6304 MPa dibandingkan kuat desak beton Fly Ash 20 % tanpa direndam sebesar 27.6749 MPa dan beton yang direndam dari 28.4728 MPa lebih besar dari 26.7471 MPa.

Hal ini menjelaskan bahwa penambahan Fly Ash 15% lebih maksimal dapat meningkatkan kuat desak beton dibandingkan penambahan Fly Ash 20%. Tetapi pada penambahan Fly Ash 15% juga justru terjadi penurunan maksimum akibat perendaman Magnesium Sulfat, hal ini disebabkan karena pengaruh dari unsur-unsur kimia yang ada, hubungan dari unsur-unsur kimia tersebut telah dijelaskan dalam bab 2, dalam penelitian ini prosentase Magnesium Sulfat dan semen tidak bervariasi, sedangkan penambahan Fly Ash bervariasi, dari hubungan ini ternyata mengakibatkan penurunan yang diakibatkan perendaman Magnesium Sulfat, penurunan itu seiring dengan kenaikan kuat desak akibat prosentase penambahan Fly Ash. Maksudnya besarnya penurunan akibat perendaman Magnesium Sulfat dipengaruhi juga besarnya penambahan Fly Ash yang bisa meningkatkan kuat desak beton. Namun demikian kenaikan kuat desak pada penambahan Fly Ash 15% masih lebih besar dibandingkan penurunan kuat desak akibat perendaman Magnesium Sulfat. Penambahan Fly Ash 25% terjadi penurunan kembali kuat desaknya hal ini disebabkan karena dengan penambahan Fly Ash yang berlebihan justru mengganggu kelekatan semen terhadap agregat.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pelaksanaan penelitian di laboratorium dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin banyak prosentase penambahan Fly Ash maka nilai slump semakin menurun, tetapi penurunannya kecil.
2. Perendaman dengan Magnesium Sulfat selama 30 hari dan 60 hari akan mengurangi berat beton. Makin lama perendaman makin besar penurunan berat beton.
3. Kuat desak pada penambahan Fly Ash 15% dan 20% mengalami kenaikan dari beton normal, dan pada penambahan Fly Ash 25% mengalami penurunan kembali, kenaikan maksimum terjadi pada penambahan Fly Ash 15% yaitu untuk beton tanpa rendaman umur 28 hari, 58 hari dan 88 hari masing-masing sebesar 28.6194 Mpa, 29.6304 Mpa, dan 30.3941 Mpa dan rendaman 30 hari dan 60 hari sebesar 28.4728 Mpa dan 27.9040 MPa.
4. Kuat desak beton akibat perendaman Magnesium Sulfat mengalami penurunan, pengurangan maksimum terjadi pada penambahan Fly Ash 15% yaitu 3.9068% untuk perendaman 30 hari dan 8.1926% untuk perendaman 60 hari.

## **5.2 Saran**

Kadar Magnesium Sulfat di alam sangat bervariasi maka penelitian dapat dilanjutkan dengan prosentase Magnesium Sulfat yang lebih variatif.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Hiskia, Drs, 1992, KIMIA UNSUR DAN RADIO KIMIA
- 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.
- Anonim, 1990, METODE PENGUJIAN KUAT DESAK, SK-SNI-M-14-1989-F, Yayasan LPMB, Bandung.
- Anonim, 1990, TATA CARA PERHITUNGAN BETON BERTULANG INDONESIA, SK-SNI-T-15-1990-03, Yayasan LPMB, Bandung.
- Bambang Ismanto.S, , Ph.D, Ir, STABILITAS ABU TERBANG SURALAYA, Seminar Mekanika Bahan-PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Emrizal dan A.Kurniawan , 1998, Laporan Tugas Akhir PENELITIAN PENGARUH PENAMBAHAN ABU LIMBAH BATUBARA (FLY ASH) TERHADAP KUAT DESAK BETON DAN KETAHANAN ASAM SULFAT, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Gideon Kusuma, dkk, 1991, PEDOMAN Pengerjaan Beton, SK-SNI-T-15-1991-03, Yayasan LPMB, Bandung
- Istimawan Dipohusodo, 1994, STRUKTUR BETON BERTULANG, Gramedia Pusaka Utama Jakarta.
- Kusnadi, Ir, 1989, DIKTAT TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik ITB, Bandung.
- L.J.Murdock dan K.M.Brook,1986, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Erlangga, Bandung.
- Tjokrodimuljo, Kardijono, ME, Ir, 1992, DIKTAT TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.



**LAMPIRAN**

**LAMPIRAN**

Hasil Pengurangan Berat Beton Sebelum dan Sesudah Rendaman pada Beton Umur 58 Hari dengan Fly Ash 0%

No	Berat Awal (1)	Berat Akhir (2)	Selisih (1)-(2)=(3)	% Pengurangan $\frac{(3)}{(1)} * 100\%$
1	8.5470	8.5360	0.0110	0.1287
2	8.3610	8.3030	0.0580	0.6937
3	8.3950	8.3480	0.0470	0.5599
4	8.4640	8.4040	0.0600	0.7089
5	8.4520	8.3640	0.0880	1.0412
6	8.5210	8.4920	0.0290	0.3403
7	8.4840	8.4570	0.0270	0.3182
8	8.2840	8.2440	0.0400	0.4829
x	8.4385	8.3935	0.0450	0.5342

Hasil Pengurangan Berat Beton Sebelum dan Sesudah Rendaman pada Beton Umur 58 Hari dengan Fly Ash 15%

No	Berat Awal (1)	Berat Akhir (2)	Selisih (1)-(2)=(3)	% Pengurangan $\frac{(3)}{(1)} * 100\%$
1	8.0690	8.0610	0.0080	0.0991
2	8.4250	8.4150	0.0100	0.1187
3	8.3290	8.2720	0.0570	0.6844
4	8.3480	8.2730	0.0750	0.8984
5	8.1010	7.9940	0.1070	1.3208
6	8.2140	8.1590	0.0550	0.6696
7	8.3090	8.2960	0.0130	0.1565
8	8.3890	8.3410	0.0480	0.5722
x	8.2730	8.2264	0.0466	0.5650

Hasil Pengurangan Berat Beton Sebelum dan Sesudah Rendaman pada Beton Umur 58 Hari dengan Fly Ash 20%

No	Berat Awal (1)	Berat Akhir (2)	Selisih (1)-(2)=(3)	% Pengurangan $\frac{(3)}{(1)} * 100\%$
1	8.6230	8.5540	0.0690	0.9002
2	8.3860	8.2940	0.0920	1.0971
3	8.1870	8.1370	0.0500	0.6107
4	8.3970	8.3630	0.0340	0.4049
5	8.4940	8.4310	0.0630	0.7417
6	8.3350	8.3050	0.0300	0.3599
7	8.5080	8.5020	0.0060	0.0705
8	8.2610	8.2370	0.0240	0.2905
x	8.3989	8.3529	0.0460	0.5469

Hasil Pengurangan Berat Beton Sebelum dan Sesudah Rendaman pada Beton Umur 58 Hari dengan Fly Ash 25%

No	Berat Awal (1)	Berat Akhir (2)	Selisih (1)-(2)=(3)	% Pengurangan $\frac{(3)}{(1)} * 100\%$
1	8.4540	8.4420	0.0120	0.1419
2	8.5170	8.5110	0.00600	0.0704
3	8.3550	8.2960	0.0590	0.7062
4	8.2060	8.1670	0.0390	0.4723
5	8.4310	8.3390	0.0920	1.0912
6	8.1280	8.0720	0.0560	0.6890
7	8.2590	8.2350	0.0240	0.2906
8	8.3930	8.3270	0.0660	0.7864
x	8.3429	8.2986	0.0443	0.5314

Hasil Pengurangan Berat Beton Sebelum dan Sesudah Rendaman pada Beton Umur 88 Hari dengan Fly Ash 0%

No	Berat Awal (1)	Berat Akhir (2)	Selisih (1)-(2)=(3)	% Pengurangan $\frac{(3)}{(1)} * 100\%$
1	8.4540	8.4410	0.0130	0.1538
2	8.4070	8.3740	0.033	0.3925
3	8.3550	8.3280	0.0590	0.7062
4	8.2860	8.2040	0.0820	0.9896
5	8.5130	8.4740	0.0390	0.4581
6	8.2840	8.1950	0.0890	1.0744
7	8.3130	8.2600	0.0530	0.6376
x	8.3731	8.3251	0.0480	0.5756

Hasil Pengurangan Berat Beton Sebelum dan Sesudah Rendaman pada Beton Umur 88 Hari dengan Fly Ash 15%

No	Berat Awal (1)	Berat Akhir (2)	Selisih (1)-(2)=(3)	% Pengurangan $\frac{(3)}{(1)} * 100\%$
1	8.4560	8.4450	0.0110	0.1301
2	8.5120	8.4330	0.0790	0.9284
3	8.4450	8.4250	0.0200	0.2368
4	8.3120	8.2530	0.0590	0.7198
5	8.4790	8.3710	0.1080	1.2737
6	8.2570	8.2440	0.0130	0.1574
7	8.4120	8.3230	0.0890	1.0580
x	8.4104	8.3563	0.0541	0.6420

Hasil Pengurangan Berat Beton Sebelum dan Sesudah Rendaman pada Beton Umur 88 Hari dengan Fly Ash 20%

No	Berat Awal (1)	Berat Akhir (2)	Selisih (1)-(2)=(3)	% Pengurangan $\frac{(3)}{(1)} * 100\%$
1	8.3660	8.3180	0.0480	0.5738
2	8.1970	8.1650	0.0320	0.3904
3	8.3970	8.3400	0.0570	0.6788
4	8.4690	8.4300	0.0390	0.4605
5	8.3080	8.2620	0.0460	0.5537
6	8.2190	8.1590	0.0600	0.7300
7	8.3540	8.2840	0.0700	0.8379
x	8.3300	8.2797	0.0503	0.6036

Hasil Pengurangan Berat Beton Sebelum dan Sesudah Rendaman pada Beton Umur 88 Hari dengan Fly Ash 25%

No	Berat Awal (1)	Berat Akhir (2)	Selisih (1)-(2)=(3)	% Pengurangan $\frac{(3)}{(1)} * 100\%$
1	8.3890	8.3100	0.0790	0.9417
2	8.2890	8.2460	0.0430	0.5188
3	8.3350	8.2950	0.0400	0.4799
4	8.5640	8.5270	0.0370	0.4320
5	8.3390	8.2820	0.0570	0.6835
6	8.2560	8.2100	0.0460	0.5572
7	8.3480	8.3170	0.0310	0.3716
x	8.3600	8.3481	0.0476	0.5692

## Kuat Desak Beton Umur 28 Hari

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	0	258.4527	25.8453	29.6911	14.7904	2.2319	26.0308
2	0	309.9804	30.9980		1.7081		
3	0	295.2100	29.5210		0.0289		
4	0	289.3995	28.9400		0.5642		
5	0	338.4149	33.8415		17.2257		
6	0	317.1197	31.7120		4.0839		
7	0	275.1959	27.5196		4.7155		
8	0	285.8739	28.5874		1.2182		
9	0	303.8405	3.3841		0.4802		
10	0	295.6184	29.5618		0.0167		

## Kuat Desak Beton Umur 28 Hari

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	15	320.0438	32.0044	32.7696	0.5856	2.5306	28.6194
2	15	313.1407	31.3141		2.1186		
3	15	336.5554	33.6555		0.7849		
4	15	332.8594	33.2859		0.2666		
5	15	293.6203	29.3620		11.6115		
6	15	348.1268	34.8127		4.1742		
7	15	373.9252	37.3925		21.3714		
8	15	344.6378	34.4638		2.8702		
9	15	290.7332	29.0733		13.6625		
10	15	323.3216	32.3322		0.1913		



## Kuat Desak Beton Umur 28 Hari

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	20	382.2234	38.2223	33.2103	25.1316	3.5554	27.3795
2	20	302.8534	30.2853		8.5554		
3	20	322.5318	32.5312		0.9161		
4	20	332.2311	33.2231		0.0002		
5	20	273.3292	27.3329		34.5436		
6	20	352.2938	35.2294		4.0767		
7	20	389.0620	38.9062		32.4433		
8	20	306.0613	30.6061		6.7817		
9	20	338.1120	33.8112		0.3611		
10	20	236.1210	23.6121		0.9563		

## Kuat Desak Beton Umur 28 Hari

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	25	276.9217	27.6922	30.7094	9.1037	2.9996	25.7901
2	25	256.7299	25.6730		25.3654		
3	25	317.2783	31.7278		1.0372		
4	25	342.0654	34.2065		12.2300		
5	25	313.5703	31.3570		0.4194		
6	25	290.1266	29.0127		2.8789		
7	25	296.7821	29.6782		1.0633		
8	25	329.0528	32.9053		4.8219		
9	25	354.3713	35.3713		22.3514		
10	25	294.0375	29.4038		1.7047		

## Kuat Desak Beton Umur 58 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	0	256.2098	25.6210		61.5458		
2	0	352.5559	35.2556		3.2023		
3	0	364.6877	36.4688		9.0160		
4	0	394.9518	39.4952	33.4661	36.3499	4.3480	26.3354
5	0	342.8509	34.2851		0.6708		
6	0	323.8769	32.3877		1.1630		
7	0	282.1839	28.2184		18.0432		
8	0	349.9715	34.9972		2.3442		

## Kuat Desak Beton Umur 58 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	0	333.3228	33.3323		3.5486		
2	0	335.7426	33.5743		4.5189		
3	0	281.6655	29.1666		10.7712		
4	0	318.9270	31.8927	31.4885	0.1973	3.4606	25.8130
5	0	275.7576	27.5758		0.9040		
6	0	322.0526	32.2053		0.5727		
7	0	367.3646	36.7365		27.9625		
8	0	255.0241	25.5024		35.3560		

## Kuat Desak Beton Umur 58 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	15	333.3427	33.3343		1.7319		
2	15	372.0681	37.2068		6.5357		
3	15	360.5897	36.0590		1.9843		
4	15	330.4519	33.0452	34.6503	2.5764	3.0609	29.6304
5	15	394.4885	39.4489		23.0261		
6	15	305.4897	30.5490		16.8209		
7	15	361.6667	36.1667		2.2994		
8	15	313.9293	31.3929		10.6105		

## Kuat Desak Beton Umur 58 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	15	371.3961	37.1396	35.6232	2.2995	4.3600	28.4728
2	15	380.6889	38.0689		5.9814		
3	15	366.2062	36.6206		0.9948		
4	15	411.4512	41.1451		30.4917		
5	15	-	-		-		
6	15	362.5756	36.2576		0.4024		
7	15	325.2510	32.5251		9.5982		
8	15	276.0520	27.6052		64.2884		

## Kuat Desak Beton Umur 58 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	20	272.7365	27.2737	33.9687	44.8237	3.8377	27.6749
2	20	344.4583	34.4458		0.2277		
3	20	344.2668	34.4267		0.2097		
4	20	393.0088	39.3009		28.4322		
5	20	322.6168	32.2617		2.9139		
6	20	370.4407	37.0441		9.4579		
7	20	306.1853	30.6185		11.2237		
8	20	363.7819	36.3782		5.8057		

## Kuat Desak Beton Umur 58 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	20	262.2429	26.2243	33.6235	54.7483	4.1929	26.7471
2	20	349.9567	34.9957		1.8828		
3	20	357.1761	35.7176		4.3853		
4	20	284.6822	28.4682		26.5769		
5	20	382.7907	38.2781		21.6650		
6	20	331.4527	33.1453		0.2287		
7	20	352.0995	35.2099		2.5168		
8	20	369.4911	36.9491		11.0597		

## Kuat Desak Beton Umur 58 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	F <sub>cr</sub> (Mpa)	(f <sub>c</sub> -f <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>	S	F <sub>c</sub> '
1	25	288.7981	28.8798	31.6318	7.5734	3.4237	26.0169
2	25	346.6754	34.6675		9.2157		
3	25	313.1247	31.3125		0.1020		
4	25	267.0809	26.7081		24.2429		
5	25	325.8516	32.5852		0.9089		
6	25	375.9002	37.5900		35.5004		
7	25	295.1455	29.5146		4.4827		
8	25	317.9704	31.7970		0.0273		

## Kuat Desak Beton Umur 58 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	F <sub>cr</sub> (Mpa)	(f <sub>c</sub> -f <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>	S	F <sub>c</sub> '
1	25	-	-	31.2005	-	3.4727	25.5053
2	25	276.4711	27.6471		12.6265		
3	25	319.6649	31.9665		0.5867		
4	25	335.4506	33.5451		5.4970		
5	25	254.0157	25.4016		33.6276		
6	25	350.8656	35.0866		15.1015		
7	25	350.4335	35.0434		14.7675		
8	25	297.1347	29.7135		2.2113		

## Kuat Desak Beton Umur 88 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	0	365.7546	36.5755		12.9777		
2	0	348.1219	34.8122		3.3826		
3	0	385.4185	38.5419		31.0121		
4	0	334.0098	33.4010	32.9996	0.1832	3.9458	26.5288
5	0	305.0115	30.5011		6.1101		
6	0	293.5491	29.3549		13.0906		
7	0	278.1054	27.8105		26.6510		

## Kuat Desak Beton Umur 88 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	0	281.6401	28.1640		15.2392		
2	0	309.8435	30.9844		0.0246		
3	0	351.5854	35.1585		16.1382		
4	0	261.0284	26.1028	31.5441	41.8528	3.7445	25.4031
5	0	310.9183	31.0918		0.2613		
6	0	369.0907	36.9091		33.2671		
7	0	323.9770	32.3977		1.5785		

## Kuat Desak Beton Umur 88 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	15	-	-		-		
2	15	338.6382	33.8638		2.1821		
3	15	395.8946	39.895		18.0494		
4	15	372.4412	37.2441	35.3410	3.6219	3.0164	30.3941
5	15	355.5406	35.5541		0.0454		
6	15	307.0046	30.7005		21.5346		
7	15	350.9412	35.0941		0.0610		

## Kuat Desak Beton Umur 88 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	15	283.2831	28.3283	34.6096	39.4546	4.0888	27.9040
2	15	349.8224	34.8822		0.0743		
3	15	342.4234	34.2423		0.1349		
4	15	303.7765	30.3777		17.9094		
5	15	374.5390	37.4539		8.0900		
6	15	309.9003	36.9900		5.6665		
7	15	399.9297	39.9930		28.9807		

## Kuat Desak Beton Umur 88 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	20	312.2591	31.2259	33.5361	5.3370	3.3994	27.9610
2	20	344.6852	34.4685		0.8694		
3	20	365.0942	36.5094		8.8406		
4	20	375.9103	37.5910		16.4425		
5	20	284.3846	28.4385		25.9859		
6	20	-	-		-		
7	20	329.8328	32.9833		0.3058		

## Kuat Desak Beton Umur 88 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	Fcr (Mpa)	(fc-fcr) <sup>2</sup>	S	Fc'
1	20	251.9938	25.1994	33.4222	67.6148	4.4117	26.1871
2	20	363.1083	36.3108		4.4823		
3	20	345.7813	34.5781		0.9923		
4	20	297.9213	29.7921		8.8143		
5	20	330.9119	33.0912		0.0798		
6	20	376.0377	37.6038		19.6537		
7	20	370.9386	37.0939		14.7803		

## Kuat Desak Beton Umur 88 Hari Tanpa Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	F <sub>cr</sub> (Mpa)	(f <sub>c</sub> -f <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>	S	F <sub>c</sub> '
1	25	274.8713	27.4871	33.1349	31.8973	4.2475	26.1677
2	25	391.6109	39.1611		36.3150		
3	25	324.7498	32.4750		0.4355		
4	25	359.3917	35.9392		7.8639		
5	25	368.6706	36.8671		12.8570		
6	25	297.4630	29.7463		11.4826		
7	25	304.1486	30.4149		7.3986		

## Kuat Desak Beton Umur 88 Hari Rendaman

No	Fly Ash (%)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak (Mpa)	F <sub>cr</sub> (Mpa)	(f <sub>c</sub> -f <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>	S	F <sub>c</sub> '
1	25	286.5955	28.6596	31.0336	5.6361	3.6593	25.0324
2	25	304.6465	30.4647		0.3237		
3	25	301.8779	30.18789		0.7154		
4	25	359.4092	35.9409		24.0818		
5	25	311.2860	31.1286		0.0090		
6	25	353.6871	35.3687		18.7932		
7	25	254.8526	25.4853		30.7841		

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	14,04 x 15,08 x 14,9		8,127	29/5 98	24/6 98		680		
2	14,83 x 15,0 x 15,13		8,206				815		
3	14,99 x 15,24 x 15,20		8,465				795		
4	14,96 x 15,04 x 14,95		8,167				705		
5	15,02 x 14,95 x 14,8		8,206				885		
6	15,08 x 14,88 x 15,30		8,242				845		
7	15,21 x 15,16 x 15,39		8,565				750		
8	15,8 x 15,8 x 15,11		8,318				775		
9	15,16 x 16,20 x 14,97		8,403				815		
10	15,25 x 15,24 x 14,93		8,465				795		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur ..... hari = ..... kg/cm<sup>2</sup>  
- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ..... kg/cm<sup>2</sup>

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





**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1.	14,91 x 14,805 x 15,42		8,248	28/5 - '98	26/6 - '98		835		
2.	15,10 x 14,905 x 15,235		8,152				870		
3.	15,06 x 15,30 x 14,94		8,222				895		
4.	15,12 x 15,315 x 15,13		8,424				900		
5.	14,83 x 15,00 x 15,08		8,051				785		
6.	15,20 x 14,87 x 15,345		8,319				930		
7.	15,00 x 15,23 x 15,16		8,345				1085		
8.	15,14 x 15,19 x 15,08		8,389				930		
9.	15,155 x 15,17 x 15,27		8,435				798		
10.	15,16 x 15,19 x 15,27		8,422				880		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur ..... hari = ..... kg/cm<sup>2</sup>  
 - Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ..... = ..... kg/cm<sup>2</sup>

LADY YOGYAKARTA  
 KEPADA BAGIAN LAB. BKT. FT. UII  
 BAHIN KONSTRUKSI  
 FAKULTAS TEKNIK  
 199

(.....)



**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	14,96 x 15,24 x 15,12	2220,096	8,059	23/5 98	20/6 98		1030		
2	14,86 x 15,19 x 15,04	2220,096	8,119	SDA	SDA		800		
3	15,07 x 15,47 x 14,97	2220,096	8,413	SDA	SDA		860		
4	15,41 x 15,31 x 15,22	2220,096	8,459	25/5 98	22/6 98		915		
5	14,88 x 15,49 x 15,29	2220,096	8,455				735		
6	15,09 x 15,21 x 15,02	2220,096	8,348				950		
7	15,14 x 15,01 x 15,22	2220,096	8,469				1045		
8	15,05 x 14,97 x 15,06	2220,096	8,077	SDA	SDA		815		
9	14,71 x 15,21 x 15,14	2220,096	8,218				890		
10	15,11 x 15,31 x 14,94	2220,096	8,463				860		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>  
 - Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta, 199

LABORATORIUM Beda Bagian Lab. BKT. FT. UII  
**BAHAN KONSTRUKSI**  
 FAKULTAS TEKNIK

(.....)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpon : 8953330 Yogyakarta

DKI UII

25 % FLY ASH

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	14,8 x 15,07 x 15,32	3416,9115	8,168	19/5 '98	19/6 '98		730		
2	14,97 x 15,451 x 15,08		8,263				605		
3	15,0 x 15,24 x 15,20		8,322				855		
4	14,89 x 15,12 x 15,04		8,238				905		
5	14,99 x 15,12 x 15,12		8,362				840		
6	15,01 x 14,96 x 15,13		8,190				770		
7.	15,01 x 15,20 x 15,10		8,246	20/5	19/6 '98		795		
8.	15,04 x 15,18 x 15,13		8,431				805		
9.	15,10 x 15,10 x 15,16		8,408				935		
10.	15,10 x 14,90 x 15,34	231,634	8,237				805		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta, 199

LABORATORIUM Kepada Bagian Lab. BKT. FT. UII

FAKULTAS TEKNIK

(.....)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpn : 8953330 Yogyakarta

28 + 30 hari Tanpa Rendaman

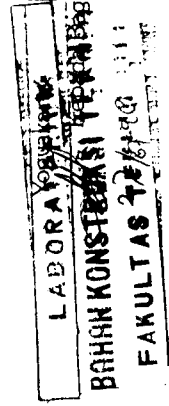
HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,14 x 15,05 x 15,36		8,390	30/5	27/7		690		
2	14,96 x 15,40 x 15,55		8,353				960		
3	15,0 x 15,12 x 15,08		8,180				975		
4	15,195 x 15,18 x 15,1		8,450				1070		
5	15,2 x 15,18 x 15,26		8,490				935		
6	15,19 x 15,3 x 15,215		8,425				885		
7	15,195 x 15,05 x 15,23		8,468				990		
8	15,0 x 15,25 x 15,15		8,360				940		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>  
- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = kg/cm<sup>2</sup>





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpun : 895336 Yogyakarta

28 + 30 hari Endaman MgSO4

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	14,99 x 15,28 x 15,24		8,536	29/5 98	23/7 '98		900		
2	15,11 x 15,01 x 15,17		8,303				900		
3	14,94 x 15,18 x 15,21		8,348				755		
4	15,22 x 14,99 x 15,3		8,404				860		
5	15,24 x 15,20 x 15,42		8,697				835		
6	15,28 x 15,19 x 15,27		8,492				880		
7	15,04 x 15,3 x 15,16		8,457				990		
8	15,06 x 14,98 x 15,14		8,244				680		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>  
- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>



**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
 Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpun : 895330 Yogyakarta

28h + 30 hari <sup>pendaman</sup>  
 tanpa

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	14,85 x 14,87 x 15,26		8,367	27/5 98	24/7 98		870		
2	15,11 x 15,21 x 15,12		8,218				1010		
3	14,94 x 14,92 x 15,22		8,138				950		
4	15,17 x 15,19 x 15,24		8,548				908		
5	14,9 x 14,97 x 15,09		8,092				1040		
6	15,06 x 15,08 x 15,10		8,264				820		
7	15,12 x 15,24 x 15,25		8,473				985		
8	15,17 x 15,19 x 15,19		8,428				885		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta, 199

**LABORATORIUM** <sup>Struktur</sup> ~~Struktur~~ Bagian Lab. BKT. FT. UII

**BOHIM KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK UII**

(.....)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 Jl. Kaliurang KM. 14.- Telpn : 895330 Yogyakarta

28 h + 30 h dengan kendaraan

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Duji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,065 x 4,885 x 15,13		8,061	23/5	20/7		985		
2	15,095 x 15,34 x 15,16		8,415				1020		
3	15,37 x 14,93 x 15,32		8,272				1090		
4	15,12 x 15,26 x 14,955		8,273				1100		
5	15,09 x 15,05 x 14,96		7,994				1200 +		
6	15,085 x 15,01 x 15,08		8,159				970		
7	15,08 x 15,215 x 15,18		8,296				880		
8	15,61 x 15,06 x 15,035		8,341				740		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PSI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

1998

Yogyakarta,

LABORATORIUM Bagian Lab. BKT. FT. UII

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK

(.....)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp: 895330 Yogyakarta

Tanpa direndam 11/9/2004

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

Pengirim :

Keperluan :

Benda uji asal

Di terima tanggal

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1.	15,15 x 15,08 x 15,12		8,275	23/5 '98	20/7 '98		735		
2.	15,17 x 15,24 x 15,22		8,387				940		
3.	15,45 x 14,86 x 15,05		8,304				910		
4.	15,11 x 14,96 x 15,27		8,342				1050		
5.	15,10 x 15,11 x 15,16		8,359				870		
6.	15,19 x 15,05 x 15,10		8,324				995		
7.	14,80 x 15,07 x 15,03		8,157				805		
8.	15,27 x 15,01 x 15,03		8,352				970		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta

199

LABORATORIUM ~~STRUKTUR~~ <sup>KEKAWA</sup> Bagian Lab. BKT. FT. UII

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpun : 895330 Yogyakarta

28 h + 30 hari dengan rendaman

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1	15,11 x 15,16 x 15,41		8,554	27/5 98	24 / 7		710		
2	15,02 x 15,05 x 15,23		8,294				935		
3	15,03 x 15,13 x 15,27		8,137				960		
4	15,43 x 14,86 x 15,0		8,363				750		
5	8 14,84 x 15,04 x 14,82		8,431				995		
6	15,17 x 15,06 x 15,29		8,305				895		
7	14,93 x 15,29 x 15,53		8,502				950		
8	15,17 x 15,17 x 15,27		8,237				1005		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur ..... hari = ..... kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ..... = ..... kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta. 199

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII

(.....)



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

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpun : 895330 Yogyakarta

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

Umur 28 hari + banyak

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1.	15,27 x 15,15 x 15,18		8,413	10/5 '98	15/7 '98		785		
2.	15,05 x 15,33 x 15,0		8,363				925		
3.	15,13 x 15,18 x 15,28		8,353				850		
4.	15,07 x 15,10 x 15,03		8,113				715		
5.	14,96 x 15,20 x 15,10		8,234	19/5 '98	16/7 '98		870		
6.	15,03 x 15,29 x 15,20		8,276				7015		
7.	15,30 x 15,40 x 15,27		8,464				815		
8.	15,25 x 15,27 x 15,18		8,410				670		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur ..... hari = ..... kg/cm<sup>2</sup>  
- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ..... = ..... kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta, 199  
**LABORATORIUM BAHAN**  
**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpn : 895330 Yogyakarta

Umur 28 hari + ditrendam 11,504 --

12

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1.	15,22 x 15,40 x 15,10		8,442	19/5 '98	16/3 '98		1200		
2.	15,20 x 15,41 x 15,10		8,511				750		
3.	14,04 x 15,24 x 15,16		8,296				850		
4.	15,14 x 15,15 x 14,91		8,167				895		
5.	15,14 x 15,26 x 15,18		8,339				690		
6.	14,02 x 14,95 x 15,05		8,072				925		
7.	15,11 x 14,04 x 15,15		8,235				935		
8.	15,15 x 15,18 x 15,13		8,327				805		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

kg/cm<sup>2</sup>

=

=

kg/cm<sup>2</sup>

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

=

199

1999

16/98 Yogyakarta.  
LABORATORIUM

Bagian Lab. BKT. FT. UII

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII

(.....)



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

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

Umur 28 hari + 60 hari Tanpa dimunculin

12

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1.	15,02 x 15,18 x 15,17	227,8534	8,369	28/5'98	24/8'98		985		
2.	14,80 x 15,49 x 15,19	224,8180	8,392				925		
3.	15,21 x 15,01 x 15,21	228,3027	8,356				1040		
4.	14,94 x 15,09 x 15,28	225,446	8,308				890		
5.	15,33 x 15,29 x 15,33	234,3957	8,567				845		
6.	14,98 x 15,35 x 15,20	227,6960	8,516				990		
7.	14,89 x 15,15 x 15,20	225,1290	8,510				740		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur ..... hari = ..... kg/cm<sup>2</sup>  
- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ..... = ..... kg/cm<sup>2</sup>

27/8/98 Yogyakarta, 199

Kepada Bagian Lab. BKT. FT UII

**LABORATORIUM**

**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**

**FAKULTAS TEKNIK UII**



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

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpon : 8953330 Yogyakarta

Umur 28 hari + direndam 1114204

14

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

Pengirim : .....

Benda uji asal : .....

Keperluan : .....

Di terima tanggal : .....

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1.	15,13 x 15,09 x 15,18	228,3117	8,441	26/5 ' 98	22/8 ' 98		760		
2.	15,08 x 15,12 x 15,29	228,0096	8,374				835		
3.	15,15 x 15,09 x 15,19	228,6135	8,328				950		
4.	14,92 x 14,94 x 15,08	223,5608	8,204				690		
5.	14,89 x 15,49 x 15,26	227,2214	8,474				835		
6.	14,98 x 14,92 x 15,26	223,5016	8,194				975		
7.	15,09 x 14,97 x 15,36	225,8973	8,260				865		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

kg/cm<sup>2</sup>

199

22/8 Yogyakarta,

LABORATORIUM BAGIAN Lab. BKT. FT. UII

**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK**



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

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpn : 895330 Yogyakarta

Umur 28 hari + 100%  
dengan penambahan FA 15%

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1.	15,08 x 15,20 x 15,16	228,6128	8,440	25/5 '98	21/8 '98		1200		
2.	15,05 x 15,19 x 15,15	228,0075	8,338				915		
3.	15,03 x 15,3 x 15,16	231,9430	8,417				1050		
4.	14,93 x 15,52 x 14,92	222,7556	8,306				1010		
5.	15,0 x 15,23 x 15,15	227,2500	8,495	26/5 '98	22/8 '98		960		
6.	15,20 x 15,23 x 15,02	228,304	8,560				840		
7.	14,97 x 15,38 x 15,07	225,5979	8,540				955		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta.  
LABORATORIUM Struktur Betonada Bagian Lab. BKT. FT. UII

**BAHAG KONSTRUKSI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

.....)



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

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpn : 895330 Yogyakarta

Umur 28 h + direncanakan

16

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1.	15,11 x 15,3 x 15,22	229,9742	8,445	18/5 ' 98	14/8 ' 98		770		
2.	15,09 x 15,33 x 15,27	230,4243	8,433				950		
3.	14,94 x 15,3 x 15,05	224,8470	8,425				910		
4.	15,02 x 15,14 x 15,02	225,6004	8,253				810		
5.	15,17 x 15,32 x 15,04	228,1568	8,371				1010		
6.	15,03 x 15,03 x 14,99	225,2997	8,244				985		
7.	15,01 x 15,40 x 14,94	224,2494	8,323				1060		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

19/90 Yogyakarta

199

Kepada Bagian Lab. BKT. FT. UII

**LABORATORIUM**

**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**

**FAKULTAS TEKNIK**



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

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

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1.	15,24 x 15,29 x 15,21	231,8004	8,473	23/5	19/8		860		
2.	15,03 x 15,27 x 14,92	224,2476	8,159				965		
3.	15,15 x 15,22 x 15,19	230,1285	8,453				995		
4.	14,99 x 15,09 x 14,99	224,7001	8,150				1005		
5.	15,07 x 15,30 x 15,21	229,2147	8,491				975		
6.	15,10 x 15,10 x 15,07	227,5570	8,373				1200		
7.	15,06 x 15,50 x 15,14	228,0084	8,370				1085		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

19/98  
1/8 Yogyakarta.

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK

(.....)





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

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpn : 895330 Yogyakarta

Umur 28 hari + dirondan

18

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1.	15,08 x 15,27 x 15,09	227,5572	8,318	23/5	19/8		695		
2.	14,97 x 15,24 x 14,94	223,6518	8,165				960		
3.	15,08 x 15,22 x 15,09	227,5572	8,34				930		
4.	15,11 x 15,15 x 15,13	228,6143	8,43				805		
5.	15,13 x 15,33 x 15,04	227,5552	8,262				890		
6.	14,95 x 15,16 x 15,05	224,9975	8,159				1000		
7.	15,13 x 15,14 x 15,00	226,9500	8,284				995		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

19/98  
1/7 Yogyakarta

**LABORATORIUM**  
**Bagian Lab. BKT. FT. UII**

**BHIAN KONSTRUKSI TE**

**FAKULTAS TEKNIK**



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

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpun : 8953330 Yogyakarta

Umur 28 hari +  $\sqrt{\text{randam}}$  tanpa

**HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON**

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1.	15,01 x 14,97 x 15,01	224,6997	8,108	18/5	14/8		730		
2.	14,90 x 15,08 x 15,35	224,6920	8,176				1040		
3.	14,89 x 14,96 x 15,30	222,7544	8,201				955		
4.	14,89 x 15,02 x 15,22	223,6478	8,080				950		
5.	15,03 x 15,10 x 15,04	226,0512	8,286				985		
6.	14,99 x 14,99 x 14,99	224,7001	8,039				790		
7.	15,19 x 15,20 x 15,19	230,7361	8,398				830		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur hari = kg/cm<sup>2</sup>

- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = \_\_\_\_\_ = kg/cm<sup>2</sup>

199

14/11/98 Yogyakarta,  
**LABORATORIUM** Bagian Lab. BKT. FT. UII  
**BAHAR KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK**

(.....)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telpun : 895330 Yogyakarta

Umur 28 hari + direndam 14/004

29

HASIL KUAT DESAK KUBUS BETON

NO. / / 199

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

No.	Ukuran (cm) p x t x l	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat satuan Ton/m <sup>3</sup>	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Ket.
1.	15,06 x 15,49 x 14,80	22238880	8,310	18/5	14/8		785		
2.	15,13 x 15,13 x 14,96	226,3448	8,246				815		
3.	15,10 x 15,23 x 15,22	229,8220	8,295				820		
4.	15,13 x 15,35 x 15,17	227,5221	8,527				975		
5.	15,12 x 15,24 x 15,1	228,3120	8,282				840		
6.	15,10 x 15,13 x 15,05	227,2550	8,210				950		
7.	15,02 x 15,15 x 15,03	225,7506	8,317				680		

Keterangan : - Kuat desak rata-rata umur ..... hari = ..... kg/cm<sup>2</sup>  
- Perkiraan rata-rata kuat desak umur 28 hari menurut PBI 1971 = ..... = ..... kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta, 199

Kepada Bagian Lab. BKT. FT. UII

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK



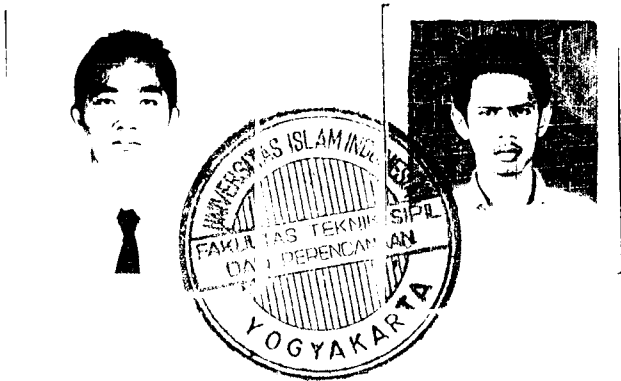
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	SARWONO PUTRO	91 310 164		STRUKTUR
2.	ALFIANDI NAJH	92 310 075		STRUKTUR

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

Yogyakarta, 09 MARET 1998  
 An. Dekan,  
 Ketua Jurusan Teknik Sipil.



*[Signature]*  
 IR. BAMBANG SULISTIONO, MSCE

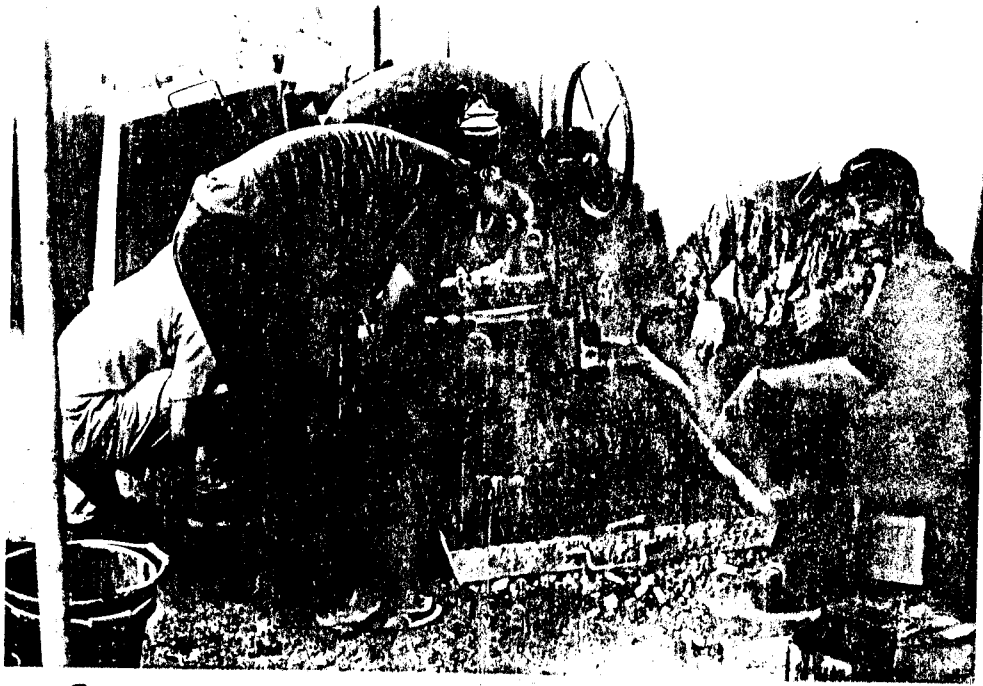
No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	Sarwono Putro	91 310 164		struktur
2.	Afiandi Nain	92 310 075		struktur

JUDUL TUGAS AKHIR : ~~SERAT~~  
 PENGARUH SERANGAN MAGNESIUM SULFAT DAN  
 PENAMBAHAN FLY ASH TERHADAP KUAT DESAK BETON

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

Yogyakarta,  
 Dekan,

3 x 4	3 x 4
-------	-------



• Pembuatan Sampel



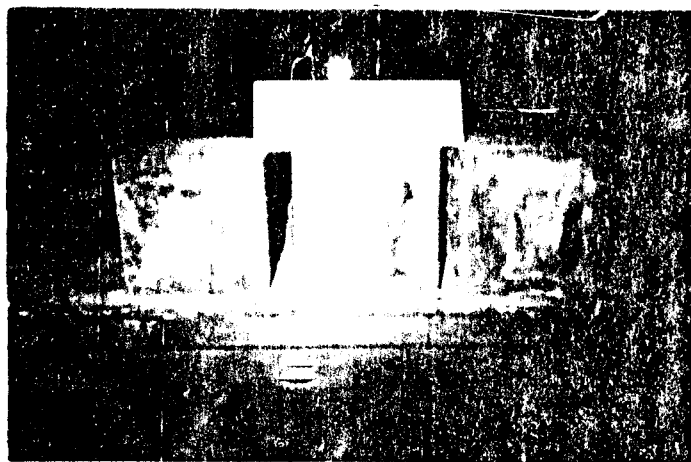
• Pengukuran Slump



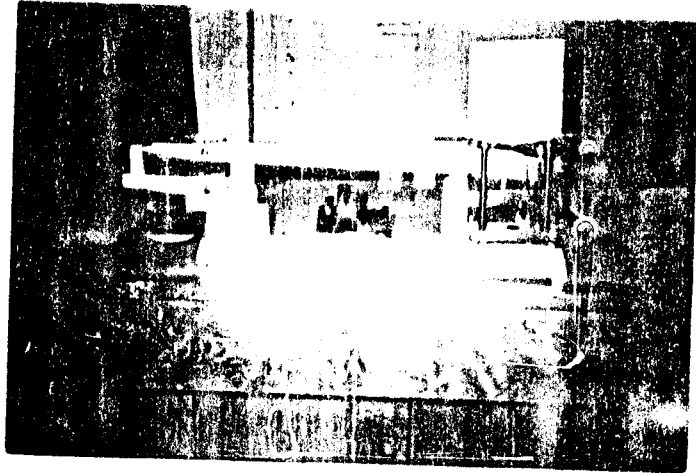
• Pemeliharaan Sampel Beton



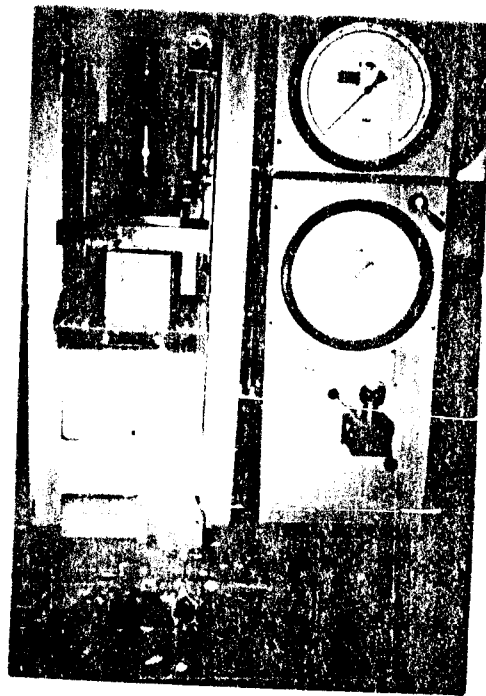
• Perendaman dengan larutan Magnesium Sulfat



• Pengaruh Magnesium sulfat pada Lapisan Beton



• Pengukuran Berat Sampel Beton



• Pengujian Kuat Tekan Sampel Beton