

**TUGAS AKHIR**

**KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK  
BETON MUTU TINGGI DENGAN PENAMBAHAN *FLY ASH*  
DENGAN  $f'c$  RENCANA 50 MPa**



Disusun oleh :

NAMA : SOPRIYOGI  
NO. MHS : 00 511 298

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2008**

**TUGAS AKHIR**

**KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK  
BETON MUTU TINGGI DENGAN PENAMBAHAN *FLY ASH*  
DENGAN  $f'c$  RENCANA 50 MPa**

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka Memperoleh  
Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta**



**Disusun oleh :**

**NAMA : SOPRIYOGI  
NO. MHS : 00 511 298**

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

**2008**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK  
BETON MUTU TINGGI DENGAN PENAMBAHAN *FLY ASH*  
DENGAN  $f'c$  RENCANA 50 MPa**



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Diperiksa dan Disetujui Oleh  
Dosen Pembimbing,

Ir.H. Faisol AM, M.S.  
Tanggal :

Ir.H. A KADIR ABOE, M.S.  
Tanggal :

## HALAMAN PERSEMBAHAN

### **Kupersembahkan Tugas Akhir ini Kepada :**

*Kedua Orang Tua, Saudara, dan keluarga besar yang ada di Sukaurip – Indramayu, yang tiada henti-hentinya memberikan dorongan baik moral maupun material, terima kasih atas semua yang telah engkau berikan.*

*Istri dan My Little Paradise, serta keluarga besarnya, terimakasih atas support dan nasehat-nasehat nya.*

*Bapak Ir. H. Kadir Aboe, MS, Terimakasih telah membimbing dengan sabar dalam menyelesaikan tugas akhir ini.*

*Keluarga besar kost Bougenville, rekan kerja, dan teman-teman FTSP beserta karyawannya, terimakasih atas bantuannya.*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT Sang Pencipta, Pemelihara, Pembimbing bagi seluruh mahluk-Nya yang telah melimpahkan rahmat kasih sayang seiring taufiq dan hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Muhammad SAW tauladan dan pembawa risalah pencerahan bagi kehidupan kita.

Tugas Akhir ini disusun sebagai persyaratan untuk menyelesaikan jenjang sarjana satu (S1) di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Jogjakarta. Dalam Tugas Akhir ini yang berjudul KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON MUTU TINGGI DENGAN PENAMBAHAN *FLY ASH* DENGAN  $f'c$  RENCANA 50 MPa, telah kami usahakan dengan segenap kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki, berdasarkan pada buku-buku referensi dan pedoman yang ada.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini telah banyak diperoleh bantuan bimbingan dan petunjuk dari berbagai pihak, baik moral maupun materiil. Untuk itu kami ucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan kesempatan yang sangat berarti ini.
2. Kedua Orang Tua, Saudara, Istri dan *My Little Paradise*.
3. Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Ir. H. Faisol AM, MS selaku ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir. H. A Kadir Aboe, MS selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
6. Rekan Tugas Akhir, Gurdrenk dan Tomo's
7. Karyawan FTSP khususnya jurusan Teknik Sipil UII terima kasih atas semua bantuannya selama ini.
8. Teman kampus, rekan kerja, dan keluarga besar kost *Bougenville*
9. Semua pihak yang telah membantu dan tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dikarenakan keterbatasan waktu serta kemampuan yang dimiliki oleh penyusun. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kebaikan laporan tugas akhir ini.

Dan akhirnya penyusun berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semuanya, *Amien*.

***Wassalamu'Alaikum Wr. Wb***

Yogyakarta, Januari 2008

Penyusun

## MOTTO

*“ Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”*

(QS Al-Baqarah [2] : 286)

*“ Karena sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan”*

(QS Al-Insyirah [94] : 5-6)

*“ Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman dan berilmu pengetahuan beberapa derajat”*

(QS Al-Mujaadilah [58] : 11)



## ABSTRAKSI

*Upaya penelitian dan percobaan dibidang beton selalu dilakukan untuk meningkatkan kualitas beton, teknologi bahan dan teknik-teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan yang semakin tinggi terhadap pemakaian beton serta mengatasi kendala-kendala yang sering terjadi pada pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan beton adalah meningkatkan pematatannya, yaitu meminimumkan pori atau rongga yang terbentuk di dalam beton. Penggunaan bahan tambah (admixture) dapat membantu memecahkan permasalahan tersebut.*

*Tujuan dari penelitian ini untuk meningkatkan kuat desak dan kuat tarik beton mutu tinggi dan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan abu terbang terhadap mutu kuat desak dan kuat tarik beton. Komposisi variasi penambahan abu terbang sebanyak 0%, 20%, 25%, 30% dan 35% dari berat semen. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder (diameter 150 mm, tinggi 300 mm), mutu beton yang direncanakan 50 MPa yang diuji pada umur 28 hari dengan terlebih dahulu dilakukan perawatan sebelum pengujian. Sampel yang digunakan sebanyak 75 sampel dan terdiri dari 5 variasi dan masing-masing variasi sebanyak 15 sampel. Dari penelitian ini bahwa akibat penambahan fly ash kuat desak dan kuat tarik beton ada yang mengalami peningkatan dan juga penurunan terhadap beton normal. Peningkatan optimum terjadi pada beton dengan penambahan 20% sebesar 51,70 MPa sedangkan kuat desak terkecil pada penambahan 35% sebesar 45,27 MPa.*

*Pengaruh fly ash sebagai bahan tambah pada penelitian ini dominan berfungsi sebagai filler/pengisi bukan sebagai pozzoland. Karena butiran fly ash yang jauh lebih kecil membuat beton lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh fly ash sehingga dapat memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozzolan dari fly ash untuk memperbaiki mutu beton. Fly ash merupakan bahan tambah yang bersifat aktif bila dicampur dengan kapur atau semen. Beton dengan campuran fly ash memiliki kuat tekan lebih tinggi daripada beton normal pada komposisi tertentu.*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAKSI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMBANG, NOTASI, DAN SINGKATAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Lokasi Penelitian.....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Umum.....	5
2.2 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2.1 Zeta Eridani (2004) .....	5
2.2.2 Muh. Rifai dan Haryadi (1997) .....	6
2.2.3 Budi Hendra Priyanto (2004) .....	7
2.2.4 Addi paradesca (2007) .....	7

<b>BAB III. LANDASAN TEORI.....</b>	<b>9</b>
3.1 Umum .....	9
3.2 Material Penyusun Beton mutu Tinggi .....	10
3.2.1 Semen Portland .....	10
3.2.2 Agregat .....	14
3.2.3 Air .....	18
3.2.4 Abu Terbang ( <i>Fly Ash</i> ) .....	20
3.3 Perencanaan Campuran Beton .....	22
3.4 Berat Volume Beton .....	26
3.5 Kuat Tekan Beton .....	26
3.6 Modulus Elastis .....	28
3.7 Kuat Tarik Beton .....	29
<b>BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>30</b>
4.1 Umum.....	30
4.2 Bahan Penelitian.....	32
4.3 Alat-alat.....	32
4.4 Pelaksanaan penelitian.....	33
4.4.1 Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir.....	33
4.4.2 Pemeriksaan Modulus Halus Butir.....	34
4.4.3 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat.....	35
4.4.4 Pemeriksaan Berat Volume Agregat.....	40
4.5 Pengujian <i>Slump</i> .....	41
4.6 Pembuatan Benda Uji.....	42
4.7 Perawatan Benda Uji.....	44
4.8 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji.....	45
4.9 Pengujian Kuat Tarik Benda Uji.....	45

<b>BAB V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>46</b>
5.1 Hasil Penelitian.....	46
5.2 Uji Material.....	46
5.3 Gradasi Agregat Halus dan Modulus Halus Butir.....	47
5.4 <i>Workability</i> / Kemudahan Pengerjaan.....	49
5.5 Berat Volume Beton.....	51
5.6 Kuat Tekan Beton.....	53
5.7 Perbandingan $f'_{cr}$ Rencana dan $f'_{cr}$ Hasil Penelitian.....	56
5.8 Hasil Uji Tegangan Regangan dan Modulus Elastisitas.....	58
5.9 Kuat Tarik Beton.....	61
<b>BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>64</b>
6.1 Kesimpulan.....	64
6.2 Saran.....	65
<b>PENUTUP</b>	
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR TABEL

### DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Gradasi agregat kasar dan agregat halus (ASTM C 33).....	18
Tabel 3.2	Persyaratan Kimia Abu Terbang.....	21
Tabel 3.3	Persyaratan Fisika Abu Terbang.....	22
Tabel 3.4	Fraksi Volume Agregat Kasar Yang Disarankan.....	23
Tabel 3.5	Estimasi Pertama Kebutuhan Air Pencampuran dan Kadar Udara Segar Berdasarkan Pasir dengan 35% Rongga Udara.....	24
Tabel 3.6	Rasio $W/(c + p)$ Maksimum yang disarankan.....	25
Tabel 4.1	Alat-alat yang digunakan dalam penelitian.....	32
Tabel 4.2	Jumlah benda uji.....	42
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Agregat.....	46
Tabel 5.2	Hasil Gradasi Pasir.....	47
Tabel 5.3	Nilai <i>Slump</i> Pada Tiap Variasi.....	50
Tabel 5.4	Hasil pemeriksaan berat jenis rata-rata.....	52
Tabel 5.5	Kuat tekan rata-rata.....	54
Tabel 5.6	Persentase peningkatan kuat tekan rata-rata.....	55
Tabel 5.7	Modulus Elastisitas.....	59
Tabel 5.8	Kuat tarik rata-rata dan persentase Kuat tarik rata-rata.....	61

## DAFTAR GAMBAR

### DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Susunan kimia semen.....	13
Gambar 4.1 <i>Flowchart</i> metode penelitian.....	31
Gambar 4.2 Pengukuran nilai slump.....	42
Gambar 5.1 Kurva Gradasi Pasir Kaliurang Yogyakarta.....	48
Gambar 5.2 Grafik Nilai <i>Slump</i> Pada Tiap Variasi.....	51
Gambar 5.3 Grafik Berat Volume Beton.....	52
Gambar 5.4 Grafik hubungan kuat tekan beton dengan variasi <i>fly ash</i> .....	54
Gambar 5.5 Grafik hubungan persentase kenaikan kuat tekan beton.....	56
Gambar 5.6 Pecahan Beton Setelah Diuji Desak.....	57
Gambar 5.7 Grafik Tegangan-regangan Variasi Beton.....	59
Gambar 5.8 Grafik Hubungan antara variasi campuran beton dengan kuat tarik rata-rata beton.....	62
Gambar 5.9 Grafik Hubungan antara variasi campuran beton dengan persen tase kuat tarik rata-rata beton.....	62
Gambar 5.10 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	63

## DAFTAR LAMBANG, NOTASI, DAN SINGKATAN

A	= Luas permukaan benda uji ( $\text{mm}^2$ )
B <sub>j</sub>	= Berat jenis
BMT	= Beton mutu tinggi dengan <i>Fly ash</i>
BN	= Beton Normal Tanpa <i>Fly ash</i>
B <sub>s</sub>	= Berat beton ( kg )
BV	= Berat volume beton ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )
D	= Diameter Silinder (cm)
E <sub>c</sub>	= Modulus elastisitas
f <sub>a</sub> s	= Faktor air semen, rasio berat air dan semen
f'c	= Kuat tekan beton ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
f'cr	= Kuat tekan rata-rata pada perencanaan campuran beton
f <sub>c</sub> r	= Kuat tarik beton ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
HSC	= <i>High Strength Concrete</i>
L	= Tinggi / panjang silinder (cm)
M <sub>hb</sub>	= Modulus halus butir
P	= Beban tekan maksimum (N)
PBI	= Peraturan Beton Bertulang Indonesia
PC	= <i>Portland cement</i>
PLTU	= Pembangkit Listrik Tenaga Uap
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SSD	= Berat jenis permukaan jenuh
V <sub>b</sub>	= Volume beton ( $\text{cm}^3$ )
W	= Rasio total berat air
W <sub>aa</sub>	= Berat agregat (batu pecah) dalam air, (gram)
W <sub>ko</sub>	= Berat kering oven, (gram)
W <sub>pi</sub>	= Berat piring, (gram)

- $W_{jn}$  = Berat agregat (batu pecah) jenuh, (gram)
- $W_{ko}$  = Berat kering oven, (gram)
- $W_t$  = Berat picnometer berisi air dan pasir, (gram)
- $W_g$  = berat agregat ditimbang diudara
- $W_{ta}$  = Berat tabung silinder berisi agregat, (kg)
- $W_{ts}$  = Berat tabung silinder, (kg)
- $\sigma$  = Tegangan pada 0,4 kuat tekan uji ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- $\varepsilon$  = Regangan yang dihasilkan dari tegangan



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Tidak dipungkiri bahwa beton adalah sesuatu yang sangat penting artinya bagi suatu bangunan, Pemakaian sebagai bahan bangunan itu sendiri telah dikenal mempunyai banyak kelebihan dibanding dengan bahan bangunan lain, seperti kuat desak tinggi, ekonomis, tahan terhadap aus dan perubahan cuaca. Selain itu untuk membuatnya juga tidak susah dan juga material-material pembuat beton mudah didapat.

Namun untuk membuat beton yang sesuai dengan yang diinginkan tidak serta merta langsung didapat hanya dengan mencampur semen, agregat kasar dan halus serta air. Usaha penelitian perlu dilakukan untuk mendapatkan kualitas beton yang lebih baik ataupun mendapatkan suatu alternatif baru dalam teknologi beton, dengan penambahan abu terbang (*fly ash*) misalnya, diharapkan dapat memberikan pengaruh atau perubahan baik terhadap kuat desak maupun kuat tarik beton.

Peningkatan kualitas campuran beton akan menghasilkan beton mutu tinggi. Pemakaian beton mutu tinggi dan berkinerja tinggi merupakan material bangunan yang sudah banyak digunakan dalam pelaksanaan struktur bangunan bertingkat tinggi. Kualitas yang baik pada campuran beton dengan bahan tambah (*admixture*), bertujuan untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat bahan penyusun beton yang baik dalam keadaan segar maupun setelah keras,



Abu terbang (*fly ash*) adalah produk sampingan dari industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar, berupa butiran halus ringan, bundar, tidak porous serta bersifat *pozzolanik*. Penambahan abu terbang (*fly ash*) pada campuran beton bersifat *pozzolan* ataupun pengisi (*filler*).

Kaitannya dengan penelitian kali ini hal yang diteliti adalah seberapa besar pengaruh penambahan abu terbang (*fly ash*) terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton mutu tinggi, yang diharapkan dapat menghasilkan kuat tekan beton yang lebih tinggi, yaitu beton dengan kekuatan lebih dari 50 MPa.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang dapat diambil suatu rumusan masalah untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton mutu tinggi adalah seberapa besar kuat tekan dan kuat tarik beton akibat variasi penambahan abu terbang 0%, 20%, 25%, 30%, 35% dari berat total semen.

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk mempermudah dalam pelaksanaan penelitian ini, maka permasalahan yang ditinjau dibatasi sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada beton mutu tinggi atau *High Strength Concrete* (HSC), dengan kuat tekan beton direncanakan ( $f^c$ ) = 50 MPa.
2. Desain campuran beton menggunakan metode SNI 03-6468-2000.

3. Nilai slump rencana adalah 75 - 100 mm.
4. Semen yang digunakan adalah semen Portland tipe I merek Gresik (1 zak = 50 kg).
5. Bahan tambah yang digunakan adalah *Fly Ash* tipe C dari sisa pembakaran serbuk batu bara yang didapat dari PLTU Cilacap, Desa Karang kandri, Kecamatan Kesugihan, Kabupaten Cilacap.
6. Agregat kasar batu pecah yang digunakan maksimum berdiameter 15 cm berasal dari kali Celereng.
7. Pasir (agregat halus) yang digunakan adalah pasir yang berasal dari kaki gunung merapi, kaliurang.
8. Air yang digunakan berasal dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
9. Variasi penambahan *fly ash* adalah 0%, 20%, 25%, 30%, 35%.
10. Penelitian ini menggunakan benda uji bentuk silinder dengan ukuran tinggi 30 cm, diameter 15 cm.
11. Bahan penyusun beton yang digunakan untuk benda uji sudah dianggap baik dan sama (*homogen*).
12. Pengaruh suhu, udara, dan faktor lain diabaikan.
13. Perawatan terhadap benda uji beton dilaksanakan dengan cara merendam dalam bak selama 28 hari, dengan cara tersebut diharapkan hidrasi semen berlangsung dengan baik.
14. Pengujian dilakukan pada umur beton mencapai 28 hari.

15. Pelaksanaan penelitian dilakukan di laboratorium Bahan Kontruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan serta kuat tarik beton mutu tinggi akibat pengaruh penambahan abu terbang (*fly ash*) pada umur beton 28 hari.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang bisa diharapkan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Manfaat teoritis, untuk mengembangkan pengetahuan tentang teknologi beton terutama pemanfaatan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan tambah..
2. Menambah pengetahuan tentang sifat mekanik beton mutu tinggi dengan variasi bahan tambah abu terbang (*fly ash*), terutama pengaruhnya terhadap kuat tekan serta kuat tarik beton mutu tinggi tersebut.

#### **1.6 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan di Labolatorium Beton, Fakultas Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Beton adalah bahan gabungan yang diperoleh dengan cara mencampurkan semen *portland*, air, agregat dan kadang-kadang ditambah dengan bahan tambah lain yang bervariasi. Campuran tersebut bilamana dituang akan mengeras seperti batuan, yang diakibatkan oleh reaksi kimia antara air dan semen dan akan bertambah keras sesuai dengan umur beton tersebut (Tjokrodimuljo. 1996).

Sesuai dengan sifat beton yang kuat dalam menahan tekanan, maka yang disebut dengan beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan yang tinggi, disamping pula umumnya diikuti oleh sifat-sifat atau kinerja beton lainnya yang lebih baik pula (Supartono, 1996). Untuk membedakan dengan beton normal ACI committee 363, 1979 mendefinisikan beton mutu tinggi untuk perencanaan yaitu beton yang mempunyai sifat kekuatan karakteristik  $41,1$  MPa atau lebih.

#### **2.2 Penelitian Terdahulu**

##### **2.2.1 Zeta Eridani (2004)**

Menurut Zeta Eridani (2004) pada penelitiannya “Pemanfaatan abu terbang sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kualitas beton”, untuk mengetahui kuat tekan dan kekedapan air betonnya, dibuat benda uji beton dengan hitungan perancangan campuran beton menggunakan metode SNI, dengan nilai  $f_{as}$  0.5, slump  $10 \pm 1$  cm dan variasi penambahan abu terbang 0 %, 10 %, 15 %,

20 %, 25 %, 30 %, 35 %, dan 40 % dari berat total semen. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan bentuk benda uji silinder ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm, yang diuji pada umur 7, 28, dan 90 hari, sedangkan untuk menguji kekedapan air dengan bentuk benda uji kubus ukuran tiap sisinya 15 cm, diuji setelah beton berumur 28 hari.

Dalam penelitian ini, beton dengan kandungan abu terbang 10 % - 40 % termasuk beton kedap air agresif sedang, yaitu beton yang tahan terhadap air limbah industri, air payau, dan air laut, tetapi tidak termasuk beton kedap air agresif kuat, yaitu beton yang tahan terhadap air yang mengandung garam-garam agresif minimal 1500 ppm. Penambahan kandungan abu terbang dapat menghemat semen sampai 180 kg per 1 m<sup>3</sup> adukan beton (40 % dari berat semen). Beton dengan bahan tambah abu terbang lebih tepat digunakan untuk menghemat penggunaan semen dan menambah kekedapan beton terhadap air pada beton.

### **2.2.2 Muh. Rifai dan Haryadi (1997)**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muh. Rifai.S dan Haryadi (1997) dapat diambil kesimpulan, yaitu: tegangan beton untuk umur mudah (dibawah 21 hari) akan memberikan hasil sedikit lebih rendah dibandingkan beton tanpa *fly ash*. Tegangan beton untuk umur diatas 21 hari persentasi pemakaian *fly ash*. 10%, 15%, 20,% dan 25% pada campuran beton akan menghasilkan tegangan yang lebih baik dari beton normal. Nilai modulus elastisitas beton pada umur 45 hari dengan pemakaian *fly ash* akan memberikan nilai yang lebih besar

dibandingkan dengan beton tanpa *fly ash*. Pemakaian *fly ash* sebesar 20% akan memberikan nilai modulus elastisitas beton yang terbesar. Bertambah persentase *fly ash* yang digunakan bertambah pula nilai slumpnya.

### 2.2.3 Budi Hendra Priyanto (2004)

Penelitian ini berjudul Analisis kuat tekan dan kuat tarik beton mutu tinggi dengan penambahan abu terbang (*fly ash*) pada perendaman air laut, yang didapat bahwa:

1. Pengaruh air laut pada perendaman 7 hari kuat tekan dan kuat tariknya melebihi dari benda uji pada perendaman air tawar, sedangkan pada umur 14 hari lebih rendah.
2. Semakin banyak penambahan *fly ash* maka semakin rendah nilai slumpnya.
3. Berat jenis beton semakin menurun dengan peningkatan kadar *fly ash*, karena berat jenis *fly ash* lebih kecil dibanding semen.

### 2.2.3 Addi Paradesca (2007)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Addi Paradesca (2007), dengan judul penelitian “Perencanaan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi Dengan Semen Portland Dan Penggantian *Fly Ash* Serta Penambahan *Superplasticizer* Terhadap Beton Kuat Desak 70 MPa” dari penelitiannya diperoleh bahwa kuat desak beton yang tertinggi terdapat pada campuran beton #2 yaitu sebesar 45,560 MPa dan kuat desak beton yang terendah terdapat pada

campuran Beton #1 yaitu sebesar 32,407 MPa. Bahwa dengan menambahkan 25% *fly ash* mempunyai kuat desak lebih tinggi dibandingkan dengan beton variasi campuran *fly ash* lainnya. Adukan dengan tingkat kelecakan tinggi mempunyai resiko yang besar terhadap terjadinya bleeding, hal ini terjadi pada semua sampel beton. Hal ini disebabkan oleh penggunaan dosis *Superplasticizer* (*Sika Viscocrete-10*) yang terlalu banyak dan gradasi agregat yang dipakai seragam.



## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Umum**

Untuk memahami dan mempelajari seluruh perilaku elemen-elemen campuran dalam beton, diperlukan pengetahuan tentang karakteristik masing-masing komponen bahan campuran beton. Dengan demikian, seorang perencana dapat mengembangkan pemilihan material yang layak serta komposisi yang tepat, sehingga diperoleh mutu beton sesuai dengan perencanaannya. Perencanaan campuran beton dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya, yaitu yang kuat tekannya tinggi, mudah dikerjakan, murah, tahan lama dan tahan aus.

Produksi beton mutu tinggi yang efektif dapat dicapai dengan mengadakan pemilihan, pengontrolan dan perbandingan yang tepat untuk semua bahan. Serta untuk perancangan campuran beton mutu tinggi ini lebih kompleks bila dibandingkan dengan perancangan campuran beton normal, karena di dalamnya banyak parameter yang harus diperhitungkan, misalnya : mempertimbangkan karakteristik semen Portland dan abu terbang, kualitas agregat, kandungan air pada agregat dan faktor air semen harus selalu terjaga dan stabil, proporsi pasta, interaksi agregat – pasta, macam dan jumlah bahan campuran tambahan, dan pelaksanaan pengadukan.



### 3.2 Material Penyusun Beton Mutu Tinggi

Pada dasarnya material penyusun beton mutu tinggi sama dengan beton normal. Material ini terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambah (*admixture*) bila diperlukan.

#### 3.2.1 Semen Portland

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150 (1985) semen Portland didefinisikan sebagai bahan hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*) (Mulyono, 2003).

Menurut Nawy, (1990) Pada bahan pembentuk semen terdiri dari 4 unsur penting, yaitu :

1. Trikalsium silikat ( $C_3S$ ).
2. Dikalsium silikat ( $C_2S$ ).
3. Trikalsium aluminat ( $C_3A$ ).

4. Tetrakalsium aluminoforit ( $C_4AF$ ).

Menurut Nawy (1985) secara ringkas proses pembuatan semen Portland dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Bahan baku yang berasal dari tambang (*quarry*) berupa campuran  $CaO$ ,  $SiO_2$ , dan  $Al_2O_3$  digiling (*blended*) bersama – sama beberapa bahan tambah lainnya, baik dalam proses basah maupun dalam proses kering.
2. Hasil campuran tersebut di tuangkan ke ujung atas *ciln* yang diletakkan agak miring.
3. Selama *ciln* berputar dan dipanaskan, bahan tersebut mengalir dengan lambat dari ujung atas ke bawah.
4. Temperatur dalam *ciln* dinaikkan secara perlahan hingga mencapai temperatur klinker (*clinker temperature*) dimana difusi awal terjadi. Temperature ini dipertahankan sampai campuran membentuk butiran semen Portland pada suhu  $1400^\circ C$  ( $2700^\circ F$ ). Butiran yang dihasilkan disebut sebagai *klinker* dan memiliki diameter antara 1,5 - 50 mm.
5. *Klinker* tersebut kemudian didinginkan dalam *clinker storage* dan selanjutnya dihancurkan menjadi butiran – butiran yang halus.
6. Bahan tambah, yakni sedikit gypsum (sekitar 1 - 5%) ditambahkan untuk mengontrol waktu ikat semen, yakni waktu pengerasan semen dilapangan.

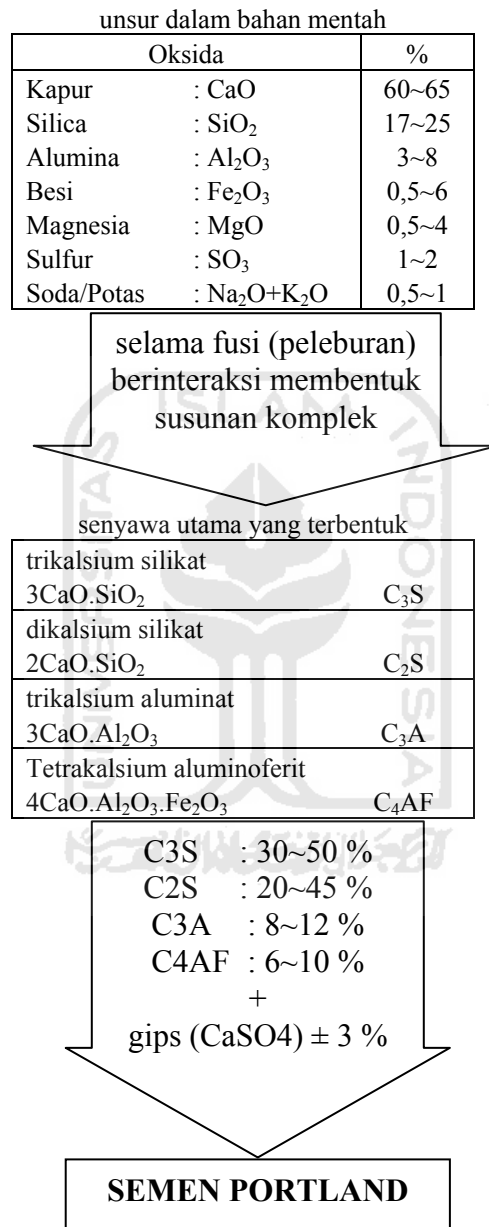
7. Hasil yang diperoleh kemudian disimpan pada sebuah *Cemen silo* untuk penggunaan yang kecil, yakni kebutuhan masyarakat. Pengolahan selanjutnya adalah pengepakan dalam *packing plant*. Untuk kebutuhan pekerjaan besar, pendistribusian semen dapat dilakukan menggunakan *capsule truck*.

Untuk tujuan pemakaiannya, semen Portland di Indonesia menurut (PUBI - 1982) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

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

Kekuatan tekan semen diuji dengan cara membuat mortar yang kemudian ditekan sampai hancur. Contoh semen yang akan diuji dicampur dengan pasir silika dengan perbandingan tertentu, kemudian dibentuk menjadi kubus-kubus berukuran 5x5x5 cm. Setelah berumur 3, 7, 14 dan 28 hari dan mengalami perawatan dengan perendaman, benda uji tersebut diuji kekuatan tekannya.

Jenis semen yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis I. Semen tersusun oleh unsur kimia seperti yang terlihat dalam Gambar 3.1



**Gambar 3.1 Susunan Kimia Semen**

*Sumber : (Triono, 2001)*

### 3.2.2 Agregat

Agregat merupakan bahan utama pembentuk beton disamping pasta semen. Kadar agregat dalam campuran berkisar antara 60-80 % dari volume total beton. Oleh karena itu kualitas agregat berpengaruh terhadap kualitas beton (Nugroho, 1983).

Penggunaan agregat bertujuan untuk memberi bentuk pada beton, memberi kekerasan yang dapat menahan beban, goresan dan cuaca, mengontrol *workability*, serta agar lebih ekonomis karena menghemat pemakaian semen.

Agregat beton dapat berasal dari bahan alami, buatan (batu pecah) maupun bahan sisa produk tertentu. Selain persyaratan teknis yang harus dipenuhi, hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis agregat adalah faktor ekonomisnya. Persyaratan teknis agregat beton mengacu pada Pasal 3.3-3.5 Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) tahun 1971 N.1-2, dan standar ASTM C 33-97.

Agregat yang dipakai campuran beton dibedakan menjadi dua jenis yaitu agregat halus dan agregat kasar.

#### a). Agregat halus

Yang dimaksud dengan agregat halus (pasir) adalah butiran-butiran mineral keras dan halus yang bentuknya mendekati bulat, ukuran butirannya sebagian besar terletak antara 0,075 mm sampai 5 mm, dan kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5 % (Departemen Pekerjaan Umum, 1982). Agregat halus beton dapat berupa pasir alami, sebagai disintegrasi alami atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batu.

Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu pada Departemen Pekerjaan Umum 1982, maka agregat halus harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a). Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir agregat halus tidak boleh pecah dan hancur oleh pengaruh cuaca.
- b). Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, jika melebihi dari 5% pasir harus dicuci.
- c). Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan menambahkan larutan NaOH 3%.
- d). Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran ragam besarnya, apabila diayak harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
  - 1). Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2%.
  - 2). Sisa di atas ayakan 1 mm, harus berkisar antara 10% berat.
  - 3). Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% sampai 90%.

Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

b). Agregat kasar

Yang dimaksud dengan agregat kasar (batu pecah) adalah butiran mineral keras yang sebagian besar butirannya berukuran antara 5 mm sampai 40 mm, dan besar butiran maksimum yang diijinkan tergantung pada maksud dan pemakaian (Departemen Pekerjaan Umum, 1982). Agregat kasar yang akan dicampurkan sebagai adukan beton harus mempunyai syarat mutu yang ditetapkan.

Adapun persyaratan batu pecah yang digunakan dalam campuran beton menurut Departemen Pekerjaan Umum (1982) adalah sebagai berikut :

a). Syarat fisik

Syarat fisik meliputi :

1. Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih besar dari  $1/5$  jarak terkecil bidang-bidang samping dari cetakan,  $1/3$  tebal pelat atau  $3/4$  dari jarak bersih minimum tulangan.
2. Kekerasan yang ditentukan dengan menggunakan bejana Rudellof tidak boleh mengandung bagian hancur yang tembus ayakan 2 mm lebih dari 16% berat.
3. Bagian yang hancur bila diuji dengan menggunakan mesin *Los Angeles*, tidak boleh lebih dari 27% berat.
4. Kadar Lumpur, maksimal 1%.
5. Bagian butir yang panjang dan pipih, maksimum 20% berat, terutama untuk beton mutu tinggi.

b). Syarat kimia

Syarat kimia meliputi :

1. Kekekalan terhadap  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  bagian yang hancur, maksimum 12% berat, dan kekekalan terhadap  $\text{MgSO}_4$  bagian yang hancur, maksimum 18%.
2. Kemampuan bereaksi terhadap alkali harus negatif sehingga tidak berbahaya.

Pada beton mutu tinggi, kadar semen yang dibutuhkan juga cukup tinggi. Keadaan ini menyebabkan gradasi agregat relatif tidak dipentingkan bila dibandingkan dengan beton normal.

Ukuran agregat maksimum untuk  $f'_c$  kurang dari 9000 psi (62 MPa) digunakan  $\frac{3}{4}$  inci - 1 inci (19 mm - 25 mm), sedangkan  $f'_c$  lebih dari 9000 psi (62 MPa) digunakan agregat maksimum  $\frac{3}{8}$  inci -  $\frac{1}{2}$  inci (9,5 mm - 12,7 mm). Gradasi agregat kasar dan halus berdasarkan ASTM C 33 dapat dilihat pada Tabel 3.1.



**Tabel 3.1 Gradasi agregat kasar dan agregat halus (ASTM C 33)**

Lubang ayakan in. (mm)	Persentase berat butir lolos				
	Ukuran maksimum agregat				Agregat halus
	2 in.	1 ½ in.	1 in.	¾ in	
2 (50)	95-100	100	-	-	-
1 ½ (37,5)	-	95-100	100	-	-
1 (25,0)	25-70	-	95-100	100	-
¾ (19,0)	-	35-70	-	90-100	-
½ (12,5)	10-30	-	25-60	-	-
3/8 (9,5)	-	10-30	-	20-25	100
No.4 (4,75)	0-5	0-5	10-30	0-10	95-100
No.8 (2,36)	0	0	0-5	0-5	80-100
No.16 (1,18)	0	0	0	0	50-85
No.30 (0,6)	0	0	0	0	25-60
No.50 (0,3)	0	0	0	0	10-30
No.100 (0,15)	0	0	0	0	2-10

### 3.2.3 Air

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir – butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air hanya diperlukan 25 % dari berat semen saja. Selain itu, air juga digunakan untuk perawatan beton dengan cara pembasahan setelah dicor (Tjokrodinuljo, 1996).

Kebutuhan kualitas air untuk beton mutu tinggi tidak jauh berbeda dengan air untuk beton normal. Pengerasan beton dipengaruhi reaksi semen dan air, maka air yang digunakan harus memenuhi syarat – syarat tertentu. Air yang memenuhi persyaratan air minum merupakan air yang memenuhi syarat untuk bahan campuran beton, tetapi air untuk campuran beton adalah air yang

bila dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % dari kekuatan beton yang menggunakan air suling.

Persyaratan air yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut :

- a). Air tidak boleh mengandung lumpur (benda-benda melayang lain) lebih dari 2 gram/liter.
- b). Air tidak boleh mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c). Air tidak boleh mengandung *Chlorida* (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d). Air tidak boleh mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air laut telah dipakai dengan memuaskan untuk membuat beton tanpa tulangan, tetapi terdapat kecenderungan menimbulkan basah permukaan dan kristal berwarna putih di permukaan beton, serta sedikit mengurangi kekuatan. Air laut tidak boleh dipergunakan untuk membuat beton bertulang dan beton prategang. Tujuan utama dari penggunaan air ialah agar tidak terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu. Air yang dibutuhkan agar terjadi proses hidrasi tidak banyak, kira-kira 20 % dari berat semen, tetapi kita tambahkan air untuk tujuan ekonomi. Dengan menambah lebih banyak air harus dibatasi, sebab dengan pemakaian air yang terlalu banyak akan menimbulkan gelembung air sehingga beton menjadi *poreous*. Selain itu dapat menurunkan kekuatan beton, kelebihan air juga dapat memberikan penyusutan yang besar pada beton.

### 3.2.4 Abu Terbang (*Fly Ash*)

*Fly ash* didefinisikan sebagai sisa pembakaran dari serbuk batu bara yang sangat halus pada pabrik pembangkit panas yang dikeluarkan dari ruang perapian suatu ketel uap gas buang. *fly ash* yang dihasilkan merupakan partikel halus yang berukuran  $< 1 \mu\text{m}$ , dengan berat jenis lebih kecil dibanding semen yaitu  $2,64 \text{ gram/cm}^3$  sedangkan berat jenis semen sebesar  $3,15 \text{ gram/cm}^3$ .

*Fly ash* digunakan pada beton dapat sebagai material terpisah atau sebagai bahan dalam campuran semen dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat beton dan dilihat dari faktor ekonomisnya *fly ash* mengandung kadar *silica oksida* sebesar 60 % dan berwarna putih keabu-abuan.

Fungsi *fly ash* sebagai bahan aditif dalam beton bisa sebagai pengisi (*filler*) yang akan menambah *internal kohesi* dan mengurangi porositas sebagai daerah transisi yang merupakan daerah terkecil dalam beton, sehingga beton menjadi lebih kuat. Pada umur sampai dengan 7 hari, mekanisme fisik *fly ash* akan memberikan kontribusi terhadap perubahan kekuatan yang terjadi pada beton, sedangkan pada umur 7 sampai dengan 28 hari, penambahan kekuatan beton merupakan akibat dari kombinasi antara *hidrasi* semen dan reaksi *pozzolan*.

Menurut SK-SNI S-15-1990-F Spesifikasi abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan tambahan untuk campuran beton, abu terbang (*fly ash*) hasil pembakaran batu bara digolongkan menjadi 3 jenis abu terbang, yaitu :

1. Kelas F : Abu terbang (*fly ash*) yang dihasilkan dari pembakaran batubara jenis *antrasit* dan *bituminous*.
2. Kelas C : Abu terbang (*fly ash*) yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis *lignite* dan *subbituminous*.
3. Kelas N : *Pozzolan* alam, seperti halnya tanah diatome, shale, tufa, abu gunung berapi atau pumice.

Persyaratan kimia Abu terbang menurut SK-SNI S-15-1990-F dapat dilihat pada tabel 3.2:

**Tabel 3.2 Persyaratan Kimia Abu Terbang**

No	Senyawa	Kadar (%)
1	Jumlah Oksida $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ minimum	70
2	$\text{SO}_3$ maksimum	5
3	Hilang pijar maksimum	6
4	Kadar air maksimum	3
5	Total alkali dihitung sebagai $\text{Na}_2\text{O}$ maksimum	1,5

Persyaratan fisika abu terbang menurut SK-SNI S-15-1990-F dapat dilihat pada tabel 3.3:

**Tabel 3.3 Persyaratan Fisika Abu Terbang**

No	Sifat Fisika	Data
1	Berat jenis	1,99-2,40 gr/cm <sup>2</sup>
2	Kehalusan butir	163,25-227,19 m <sup>2</sup> /kg
3	Kadar air	0,55-4,6%

### 3.3 Perencanaan Campuran Beton

Rencana campuran bertujuan untuk menentukan jumlah bagian dari masing-masing bahan, dalam hal ini semen, pasir dan kerikil. Pada penelitian ini, perencanaan campuran beton menggunakan Metode Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah yang tertuang dalam SNI 03-6468-2000. Perencanaan Campuran beton berkekuatan tinggi dengan semen Portland dan abu terbang ini dapat digunakan untuk menentukan proporsi campuran beton berkekuatan tinggi dan untuk mengoptimasi proporsi campuran tersebut berdasarkan campuran coba. Tata cara ini hanya berlaku untuk beton berkekuatan tinggi yang diproduksi dengan menggunakan bahan dan metode produksi konvensional. Adapun langkah-langkahnya pembuatan benda uji tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menentukan slump dan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan.

Slump untuk beton berkekuatan tinggi tanpa *superplasticizer* dapat diambil sebesar 50 – 100 mm disesuaikan dengan kondisi pembebanan. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f'_{cr}$  dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$f'_{cr} = \frac{f'_c + 9,66 \text{ MPa}}{0,90} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan,  $f'_{cr}$  = kuat tekan rata-rata, MPa

$f'_c$  = kuat tekan yang disyaratkan, MPa

2. Menentukan ukuran agregat kasar maksimum.
  - a. Untuk kuat tekan rata-rata  $< 62,1$  MPa digunakan ukuran agregat maksimum 20 – 25 mm.
  - b. Untuk kuat tekan rata-rata  $> 62,1$  MPa digunakan ukuran agregat maksimum 10 – 15 mm.
3. Menentukan kadar agregat kasar optimum

Kadar agregat kasar optimum digunakan bersama-sama dengan agregat halus yang mempunyai modulus kehalusan antara 2,5 – 3,2. Berat agregat kasar padat kering oven per  $m^3$  beton adalah besarnya fraksi volume padat kering oven dikalikan dengan berat isi padat kering oven ( $kg/m^3$ ). Besarnya fraksi volume agregat padat kering oven disarankan berdasarkan besarnya ukuran agregat maksimum, tercantum dalam tabel 3.4.

**Tabel 3.4 Fraksi Volume Agregat Kasar Yang Disarankan**

Ukuran (mm)	10	15	20	25
Fraksi Vol. Padat Kering Oven	0,65	0,68	0,72	0,75

4. Estimasi Kadar Air dan Kadar Udara.

Estimasi pertama kebutuhan air dan kadar udara untuk beton segar diberikan pada tabel 3.5, bentuk butiran dan tekstur permukaan agregat

halus berpengaruh pada kadar rongga udara pasir. Karena itu kadar rongga udara yang actual dan kadar air harus dikoreksi dengan rumus berikut:

$$V = \frac{(1 - \text{Berat isi padat kering oven})}{\text{Berat jenis relatif (kering)}} \times 100 \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{Koreksi Kadar Air, liter/m}^3 = (V - 35) \times 4,75 \dots\dots\dots(3.3)$$

**Tabel 3.5 Estimasi Pertama Kebutuhan Air Pencampuran dan Kadar Udara Beton Segar Berdasarkan Pasir dengan 35% Rongga Udara.**

Air Pencampur (liter/m <sup>3</sup> )					Keterangan
Slump (mm)	Ukuran Agregat Kasar Maksimum (mm)				
		10	15	20	25
25 – 50	184	175	169	166	
50 – 75	190	184	175	172	
75 – 100	196	190	181	178	
Kadar Udara	3,0	2,5	2,0	1,5	Tanpa <i>Superplasticizer</i>
(%)	2,5	2,0	1,5	1,0	Dengan <i>Superplasticizer</i>

#### 5. Penentuan Rasio W/(c + p)

Rasio W/(c + p) untuk beton tanpa *superplasticizer* dihitung dengan tabel

3.6. untuk mendapatkan nilai W/(c + p) dilakukan dengan cara interpolasi.

**Tabel 3.6 Rasio  $W/(c + p)$  Maksimum yang disarankan (Tanpa Superplasticizer)**

Kekuatan Lapangan $f'_{cr}$ (MPa)		$W/(c + p)$			
		Ukuran Agregat Maksimum (mm)			
		10	15	20	25
48,3	28 hari	0,42	0,41	0,40	0,39
	56 hari	0,46	0,45	0,44	0,43
55,2	28 hari	0,35	0,34	0,33	0,33
	56 hari	0,38	0,37	0,36	0,35
62,1	28 hari	0,30	0,29	0,29	0,28
	56 hari	0,33	0,32	0,32	0,30
69,0	28 hari	0,26	0,26	0,25	0,25
	56 hari	0,29	0,28	0,27	0,26

$$f'_{cr} = f'_c + 9,66 \text{ (MPa)}$$

6. Menghitung Kadar Bahan Bersifat Semen.

Kadar bahan bersifat semen per  $m^3$  beton dapat ditentukan dengan membagi kadar air dengan  $(c + p)$ . bila kadar bahan bersifat semen yang dibutuhkan lebih dari  $594 \text{ kg}/m^3$ , proporsi campuran beton disarankan dibuat dengan menggunakan bahan bersifat semen alternative atau metode perancangan proporsi beton yang lain

7. Proporsi Campuran Dasar dengan semen Portland saja.

8. Proporsi Varian Campuran dengan Abu Terbang.

9. Campuran Coba.

10. Penyesuaian Proposi Campuran Coba.

11. Penentuan Proporsi Campuran Yang Optimum.



### 3.4 Berat Volume Beton

Nilai ini menyatakan berat beton persatuan volume yang dapat dirumuskan sebagai :

$$BV = \frac{B_s}{V_b} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan : BV = Berat volume beton ( kg/cm<sup>3</sup> )

$B_s$  = Berat beton ( kg )

$V_b$  = Volume beton ( cm<sup>3</sup> )

Dalam penelitian ini dipergunakan sampel beton dengan bentuk silinder maka volume beton dapat dinyatakan sebagai  $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$  dengan d sebagai diameter silinder beton dan t sebagai tinggi silinder beton.

### 3.5 Kuat Tekan Beton

Untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras yang disyaratkan, dilakukan pengujian kuat tekan beton. Prosedur pengujian kuat tekan mengacu pada *Standart Test methode for Compressive of Cylindrical Concrete*. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a. Benda uji ditimbang dan dicatat beratnya.
- b. Benda uji diletakan pada mesin penekan dan posisinya diatur agar supaya tepat berada ditengah-tengah plat penekan.

- c. Pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan secara *continue* dengan mesin hidrolik sampai benda uji mengalami kehancuran.
- d. Beban maksimum akan langsung tersimpan secara otomatis.

Kuat tekan beton antara lain tergantung pada : faktor air semen, gradasi batuan, bentuk batuan, ukuran maksimum batuan, cara pengerjaan (campuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan) dan umur beton (Tjokrodinuljo, 1996).

Menurut Murdock dan K.M. Brook (1991), beton dapat mencapai kuat tekan 80 MPa atau lebih, bergantung pada perbandingan air dan semen dan tingkat pematatannya. Di samping dipengaruhi oleh perbandingan air dan semen kuat tekan beton juga dipengaruhi oleh faktor lainnya, yaitu : jenis semen, kualitas agregat, efisiensi perawatan, umur beton dan jenis bahan *admixture*.

Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI, 1989), besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan:  $f'c$  = kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)

$P$  = beban tekan maksimum (N)

$A$  = luas permukaan benda uji (mm<sup>2</sup>)

### 3.6 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah hubungan linier antara tegangan dan regangan yang sangat penting dan banyak digunakan. Kemiringan garis yang melalui titik  $0,4 f'c$  didefinisikan sebagai modulus sekan (*secant modulus*), yang lebih umum diambil sebagai modulus elastisitas beton ( $E_c$ ).

$$\text{Modulus Elastisitas } (E_c) = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dengan :  $\sigma$  = tegangan pada  $0,4$  kuat tekan uji ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\varepsilon$  = regangan yang dihasilkan dari tegangan

Modulus elastisitas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu karakteristik agregat, umur beton, kondisi perawatan beton dan metode pengukuran nilai modulus. Karakteristik agregat merupakan faktor yang sangat berpengaruh, penggunaan agregat yang berbutir kecil dengan tekstur yang tajam dapat meningkatkan modulus elastisitas. Modulus elastisitas beton akan meningkat dengan bertambahnya waktu. Peningkatan modulus elastisitas tergantung pada kelangsungan hidrasi semen, yang berhubungan dengan berkurangnya porositas beton dan peningkatan kekuatan. Penggunaan bahan tambah pengganti semen untuk meningkatkan kepadatan beton selain meningkatkan kekuatan juga menaikkan modulus elastisitas beton.

### 3.7 Kuat Tarik Beton

Untuk pengujian kuat tarik belah silinder (*tensile splitting cylinder test*). Benda uji silinder diletakkan pada alat uji dalam posisi rebah. Beban vertical diberikan sepanjang selimut selinder berangsur-angsur dinaikan pembebanannya dengan kecepatan 265 kN/menit hingga dicapai nilai maksimum dan terbelah oleh karena beban tarik horizontal. Kuat tarik dihitung berdasarkan formula Method for Determination of Tensile Splitting (British Standart Institution, 1983) sebagaimana terlihat dalam rumus dibawah ini:

$$f_{cr} = \frac{2 \times P}{\pi \times L \times D} \dots\dots\dots (3.7)$$

dimana,  $f_{cr}$  = Kuat tarik beton (kg/cm<sup>2</sup>)

$P$  = Beban maksimum (kg)

$L$  = Tinggi / panjang silinder (cm)

$D$  = Diameter Silinder (cm)

## BAB IV

### METODOLOGI PENELITIAN

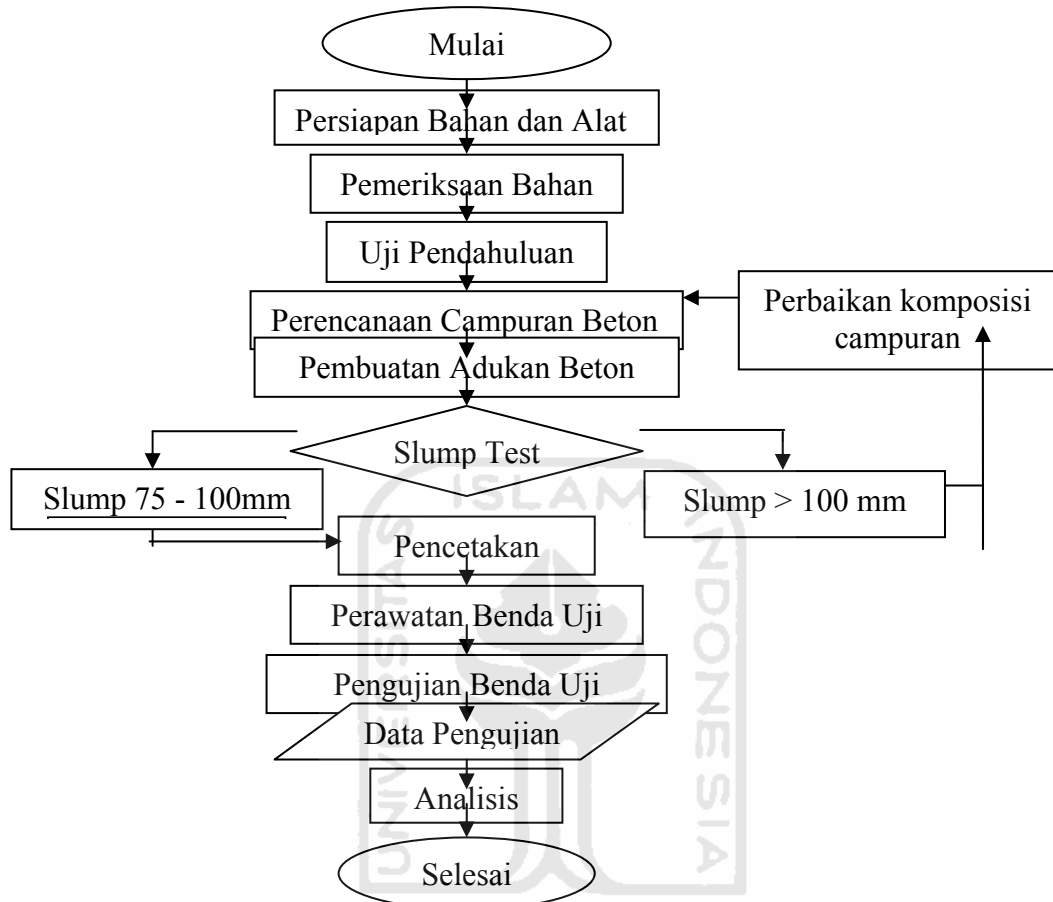
#### 4.1 Umum

Pelaksanaan penelitian dilakukan secara eksperimental, yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Obyek dalam penelitian ini adalah beton mutu tinggi yang menggunakan bahan tambah *fly ash* dengan varian campuran 0%, 20%, 25%, 30%, 35%. Sedangkan pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton berumur 28 hari.

Agar diharapkan hasil penelitian yang memuaskan maka digunakan metode penelitian dalam pelaksanaannya. Pelaksanaan metode penelitian yang dilakukan meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Persiapan bahan,
2. Alat-alat yang digunakan,
3. Pelaksanaan penelitian,
4. Pembuatan benda uji,
5. Pelaksanaan perawatan,
6. Pelaksanaan *capping*,
7. Pengujian kuat tekan dan tarik benda uji,
8. Pengolahan hasil data benda uji.

Adapun langkah-langkah penelitian pada diagram alir Gambar 4.1 :



**Gambar 4.1** *Flowchart* Metode Penelitian

## 4.2 Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan bahan material berupa semen Portland tipe I, air, agregat kasar (kerikil), halus (pasir) dan abu terbang (*fly ash*) tipe C. Rincian bahan campuran beton pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen Portland tipe I merek Nusantara,
2. Agregat kasar berasal dari sungai Progo Yogyakarta,
3. Agregat halus berasal dari kaki gunung Merapi, Yogyakarta,
4. Air diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
5. Abu terbang (*fly ash*) tipe C berasal dari PLTU cilacap.

## 4.3 Alat - Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat di Tabel 4.1 berikut ini.

**Tabel 4.1 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian.**

No	Alat	Kegunaan
1	Cetakan silinder	Mencetak sampel beton yang akan diuji dalam penelitian
2	Oven	Pengering agregat
3	Piring logam	Menampung agregat di oven
4	Mesin siever	Pengayak Mekanik
5	Ayakan	Menyaring agregat
6	Timbangan	Menimbang bahan – bahan
7	Gelas ukur	Menakar air
8	Ember	Menampung agregat
9	Kerucut abrams	Pengujian slump

10	Mixer listrik	Pencampuran adukan beton
No	Alat	Kegunaan
11	Sekop	Mengaduk agregat
12	Kaliper	Mengukur benda uji
13	Mesin uji desak	Tes desak beton
14	Kolam penampung benda uji	Menjaga kelembaban beton/perawatan beton

#### 4.4 Pelaksanaan Penelitian

##### 4.4.1 Pemeriksaan Kadar Lumpur pasir

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kandungan Lumpur dalam agregat pasir baik sebelum maupun sesudah mengalami pencucian. Alat yang terpakai antara lain : gelas ukur 250 cc, timbangan, air, oven dengan suhu (105-110)° C dan alat tulis. Adapun tahapan yang dilakukan :

- 1) Persiapkan alat dan bahan (pasir) terlebih dahulu.
- 2) Timbang piring sebelum digunakan untuk tempat pasir ( $w_{pi}$ )
- 3) Pasir 100 gram ditimbang, lalu dimasukkan kedalam gelas ukur 250 cc dan diisi dengan air jernih hingga setinggi 12 cm diatas muka pasir.
- 4) Gelas ukur di kocok-kocok selama  $\pm 25$  kali, biarkan selama  $\pm 1$  menit, bila air dalam gelas masih terlihat keruh maka air dibuang dan di isi kembali dengan air jernih.
- 5) Lakukan hingga pasir dalam gelas ukur jernih, lalu air dipisahkan dengan pasir dan dibuang, pasir letakkan dalam piring, kemudian masukkan dalam oven pada suhu (105-110)° C selama  $\pm 36$  jam.



- 6) Pasir dikeluarkan dari oven didinginkan, dan ditimbang beratnya ( $w_{ko}$ ), setelah itu pasir dibuang.

$$\text{Kandungan Lumpur} = \frac{100 - (w_{ko} - w_{pi})}{100} \times 100\% \dots\dots\dots (4.1)$$

Keterangan :  $w_{ko}$  = berat kering oven, (gram)

$w_{pi}$  = berat piring, (gram)

#### 4.4.2 Pemeriksaan Modulus halus butir

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan.

Alat-alat yang digunakan :

- 1) Timbangan
- 2) Satu set saringan dengan urutan ukuran pakai  $1\frac{1}{2}$  in,  $\frac{3}{4}$  in,  $\frac{3}{8}$  in, no. 4, no 8, no. 16, no 30, no. 50, no. 100, no. 200. (standar ASTM)
- 3) Oven yang dilengkapi pengatur suhu.
- 4) Talam (loyang)
- 5) Mesin penggoyang saringan

Tahapan pemeriksaan :

- 1) Agregat diambil sebanyak 500 gram, kemudian masukkan kedalam oven pada suhu (  $110 \pm 25$  )°C selama 24 jam.
- 2) Keluarkan agregat diamkan sejenak, lalu ambil sebanyak 2000 gram untuk agregat halus dan 2500 gram untuk agregat kasar.
- 3) Persiapkan saringan sesuai dengan urutan, lalu letakkan saringan tersebut pada mesin penggoyang.
- 4) Agregat yang telah ditimbang tersebut letakkan pada saringan.
- 5) Aktifkan mesin penggoyang selama  $\pm 15$  menit.
- 6) Setelah itu, ambil agregat dan timbang setiap agregat yang tertinggal pada setiap saringan.
- 7) Catat setiap berat agregat yang tertinggal.
- 8) Lakukan percobaan diatas pada agregat kasar dan agregat halus.

#### **4.4.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat**

Tempat air dengan bentuk dan kapasitas yang Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat kering permukaan jenuh (SSD) dan penyerapan dari agregat.

- 1) Berat jenis permukaan jenuh (SSD), yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- 2) Penyerapan adalah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap agregat kering.

**a) Agregat Kasar**

Adapun alat-alat yang dipersiapkan :

- 1) Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (no. 6 atau no. 8) dengan kapasitas kira-kira 5 kg.

Sesuai dengan pemeriksaan, Tempat ini harus diperlengkapi dengan alat pipa, sehingga permukaan air selalu tetap.

- 2) Timbangan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- 3) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu hingga  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ .
- 4) Alat pemisah contoh.
- 5) Saringan no. 4

Untuk pelaksanaan pengujian dikerjakan melalui tahapan :

- 1) Setelah dicuci (2500 gram) batu pecah direndam dalam air pada suhu kamar selama  $(24 \pm 4)$  jam.
- 2) Batu pecah dimasukkan dalam keranjang, kemudian dimasukkan kedalam bak terendam yang terisi air dan goncang-goncangkan agar udara yang tersekap dapat keluar. Kemudian ditimbang beratnya dalam air. ( $w_{aa}$ )
- 3) Batu pecah dikeluarkan dari air dan lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (SSD). Untuk ukuran yang besar pengeringnya satu persatu.
- 4) Batu pecah ditimbang dalam kering permukaan jenuh. ( $w_{jn}$ )

- 5) Batu pecah dikeringkan dalam oven antara suhu (100 – 110)°C, sampai kering.
- 6) Batu pecah dikeluarkan dari oven, didiamkan sampai mencapai suhu ruangan lalu ditimbang sehingga diperoleh berat kering. ( $w_{ko}$ )

$$\text{Berat SSD} = \frac{w_{jn}}{w_{jn} - w_{aa}} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{w_{jn} - w_{ko}}{w_{ko}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.3)$$

Keterangan  $w_{jn}$  = Berat agregat (batu pecah) jenuh, (gram)

$w_{aa}$  = Berat agregat (batu pecah) dalam air, (gram)

$w_{ko}$  = Berat kering oven, (gram)

#### b) Agregat Halus

Peralatan yang digunakan antara lain :

- 1) Timbangan halus dengan ketelitian 0,1 gram.
- 2) Picnometer dengan kapasitas 500 ml
- 3) Conne/kerucut terpancung (tabung kerucut dengan penumbuknya) dengan ukuran diameter atas (40 ± 3) mm dan diameter bawah (90 ± 3) mm, dengan tebal logam 0,8 mm, dan ukuran penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm.
- 4) Saringan no. 4.
- 5) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu sampai (110 ± 5)° C.

- 6) Loyang seng dan loyang plastik (talam).
- 7) Kuas, bejana tempat air dan alat yang lainnya.
- 8) Thermometer.
- 9) Pompa hampa udara (vacuum pump) atau tungku.
- 10) Air suling.

Tahapan pemeriksaannya :

- 1) Pasir sebanyak 2500 gram ditimbang.
- 2) Pasir dikeringkan didalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ , sampai kering tetap/berat tetap, didinginkan pada suhu ruang dan kemudian direndam didalam air selama  $(24 \pm 4)$  jam sampai basah jenuh. Berat tetap yang dimaksudkan adalah keadaan berat pasir selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1 %.
- 3) Air rendaman dibuang dengan hati-hati jangan sampai ada butiran yang hilang.
- 4) Pasir dimasukkan kedalam loyang seng, kemudian dipanaskan dengan menggunakan kompor dan dengan dibolak-balik hingga kering permukaan jenuh.
- 5) Untuk mengetahui kering permukaan semu dengan jalan ditest memakai conne dengan diisi sebanyak 3 lapis hingga penuh dimana tiap lapis ditumbuk lapis pertama 8 kali, lapis kedua 8 kali dan lapis ketiga 9 kali,

kemudian *conne* diangkat dengan hati-hati, kalau pasir masih berbentuk kerucut seperti *conne* berarti benda uji belum mencapai kering permukaan jenuh.

- 6) Pekerjaan no. 4 dan no. 5 diulang lagi sampai kering permukaan jenuh (SSD).
- 7) Kalau sudah mencapai keadaan SSD pasir ditimbang sebanyak 500 gram dan dimasukkan kedalam picnometer yang sudah diketahui beratnya, kemudian diisi lagi dengan air suling sebanyak 90 % dari kapasitas picnometer.
- 8) Picnometer yang sudah berisi pasir dan air suling diletakkan diatas kompor yang sudah dinyalakan, kemudian direbus untuk menghilangkan gelembung udara yang ada didalam pasir atau dapat digunakan pipa hampa udara guna mempercepat proses tersebut tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap.
- 9) Setelah mendidih didiamkan sampai mencapai suhu ruang, kemudian ditambah air suling sebanyak yang diperlukan (sampai batas maksimal) lalu ditimbang. Perhitungkan suhu standar 25°C.
- 10) Ditambahkan dengan air sampai tanda batas dan timbang picnometer berisi air dan pasir sampai ketelitian 0,1 gram. ( $w_t$ ).
- 11) Pasir dikeluarkan dan dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  samapi berat tetap, kemudian didinginkan dan diuji dalam desikator.

- 12) Setelah dingin pasir ditimbang ( $W_{ko}$ ). Ditentukan berat picnometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C.

(W)

$$\text{Berat SSD} = \frac{w_g}{w + w_g - w_t} \dots\dots\dots (4.4)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{w_g - w_{ko}}{w_{ko}} \times 100\% \dots\dots\dots (4.5)$$

Keterangan :

$w$  = berat picnometer berisi air, (gram)

$w_t$  = berat picnometer berisi air dan pasir, (gram)

$w_{ko}$  = berat pasir kering oven, (gram)

$w_g$  = berat agregat ditimbang diudara

Dengan 500 adalah berat pasir mula-mula

#### 4.4.4 Pemeriksaan Berat Volume Agregat

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat agregat per satuan volume.

Adapun peralatan yang dipersiapkan :

- 1) Tabung silinder ( $\emptyset$  15 x t 30) cm.
- 2) Timbangan kapasitas 20 kg.
- 3) Tongkat penumbuk  $\emptyset$  16 panjang 60 cm.
- 4) Serok, sekop, lap.

Tahapan pemeriksaannya :

- 1) Timbang berat tabung ( $W_t$ ) dan volume tabung ( $V$ )
- 2) Isi tabung dengan agregat dengan setiap  $\frac{1}{3}$  volume ditumbuk sebanyak 25 kali, lalu ditimbang ( $W_{ta}$ ).
- 3) Lakukan pada agregat kasar dan agregat halus.

$$\text{Berat volume} = \frac{B_s}{v_b} = \frac{w_{ta} - w_{ts}}{v_b} \dots\dots\dots (4.6)$$

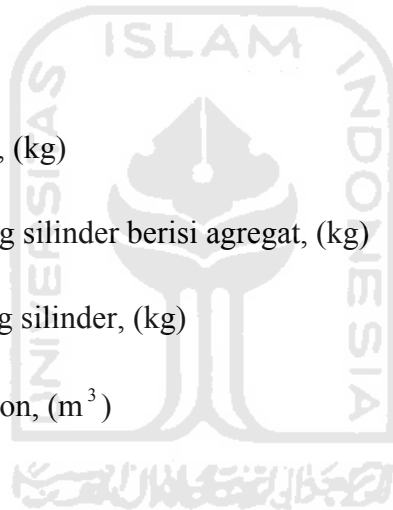
Keterangan :

$B_s$  = berat beton, (kg)

$w_{ta}$  = berat tabung silinder berisi agregat, (kg)

$w_{ts}$  = berat tabung silinder, (kg)

$v_b$  = volume beton, ( $m^3$ )

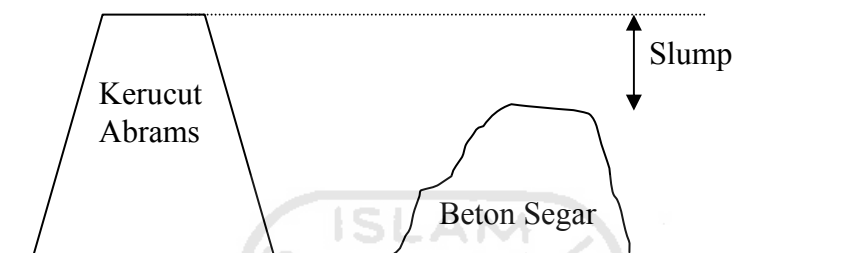


#### 4.5 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams, pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat workabilitas (kemudahan dalam pengerjaan) dari campuran beton yang telah dibuat. Tabung kerucut Abrams bagian dalam dibasahi dengan air dan disiapkan di atas plat baja. Beton segar dimasukkan ke dalam tabung kerucut dan setiap  $\frac{1}{3}$  volumenya ditusuk-tusuk 25 kali dengan penumbuk baja sampai isi kerucut Abrams penuh. Beton diratakan permukaannya dan didiamkan selama 0,5 menit, selanjutnya corong kerucut



diangkat pelan-pelan secara vertikal tanpa ada gaya horisontal. Tabung kerucut diletakkan di sebelahnya, pengukuran *slump* dilakukan dari bagian tertinggi beton segar sampai ujung atas kerucut Abrams. Nilai yang didapat merupakan nilai *slump*, penggambaran dari pengujian nilai *slump* pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2 Pengukuran Nilai Slump**

#### 4.6 Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini dibuat 75 buah benda uji berbentuk silinder dengan menggunakan cetakan silinder diameter 15 cm dengan ketinggian 30 cm, dengan perincian seperti yang terlihat dalam Tabel 4.2

**Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji**

Umur Pengujian ( hari )	Kode Sampel	<i>Fly Ash</i> ( % )	Jumlah Benda Uji	Ukuran Benda Uji
28	BN	0	15	d = 15, h = 30
	BMT 1	20	15	d = 15, h = 30
	BMT 2	25	15	d = 15, h = 30
	BMT 3	30	15	d = 15, h = 30
	BMT 4	35	15	d = 15, h = 30
Jumlah Benda Uji			75	

Keterangan Penamaan Sampel :

BN : Beton Normal

BMT 1: Beton Mutu Tinggi (*fly ash* 20 % )

BMT 2: Beton Mutu Tinggi (*fly ash* 25% )

BMT 3: Beton Mutu Tinggi (*fly ash* 30% )

BMT 4: Beton Mutu Tinggi (*fly ash* 35% )

Pembuatan campuran beton dalam penelitian ini berpedoman pada SK-SNI T-28-1991-03 tentang cara pengadukan dan pengecoran beton. Pembuatan campuran dilakukan dengan molen. Cara pembuatan campuran dimulai dari persiapan bahan dan alat sesuai dengan persyaratan dan kebutuhan material pada saat perhitungan campuran beton (*Mix Design*). Pelaksanaan pengecoran siap dilaksanakan. Beton yang telah memenuhi persyaratan tersebut ditumpahkan pada bak penampungan adukan beton dan ditampung dengan ember untuk dibawa ke tempat cetakan.

Langkah-langkah pembuatan benda uji silinder :

- 1) Melakukan penimbangan bahan-bahan, seperti semen, pasir, kerikil sesuai dengan kebutuhan rencana campuran adukan beton,
- 2) Memasukkan semen, pasir, kerikil, air sedikit demi sedikit ke dalam molen, dilanjutkan dengan menghidupkan molen,
- 3) Pada saat molen mulai berputar diusahakan selalu dalam keadaan miring sekitar  $45^{\circ}$ , agar terjadi adukan beton yang merata,
- 4) Setelah adukan beton terlihat merata, kemudian dituang secukupnya dan dilakukan pengujian nilai *slump* dengan menggunakan kerucut *Abrams*,

- 5) Mempersiapkan cetakan-cetakan silinder yang akan dipakai untuk mencetak benda uji dengan terlebih dahulu diolesi dengan oli,
- 6) Mengeluarkan adukan beton dari molen, dan ditampung pada talam,
- 7) Memasukkan adukan beton ke dalam cetakan dengan memakai cetok, dilakukan sedikit demi sedikit sambil ditusuk-tusuk supaya tidak keropos.
- 8) Adukan yang telah dicetak diletakkan di tempat yang terlindung dari sinar matahari dan hujan, didiamkan selama  $\pm 24$  jam,
- 9) Cetakan dapat dibuka dengan memberikan kode atau keterangan pada beton.

#### **4.7 Perawatan Benda Uji**

Perawatan benda uji ini bertujuan agar permukaan beton segar selalu lembab hingga beton dianggap cukup keras. Kelembaban ini dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna.

Beberapa cara yang dapat dipergunakan untuk merawat beton :

- 1) Meletakkan beton segar didalam ruangan yang lembab.
- 2) Meletakkan beton segar dalam genangan air atau perendaman.
- 3) Menyelimuti permukaan beton segar dengan karung yang basah.
- 4) Menyirami permukaan beton segar secara teratur.

Untuk penelitian ini dipakai benda uji pada umur 28 hari dengan meletakkan beton segar dalam genangan air atau perendaman.

#### **4.8 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji**

Pengujian dilakukan setelah benda uji mencapai umur 28 hari. Adapun Langkah-langkah pengujiannya :

- 1) Benda uji yang telah mencapai umur 28 hari dipersiapkan.
- 2) Ditimbang untuk mendapatkan data berat silinder beton dalam keadaan kering.
- 3) Mengukur dimensi benda uji menggunakan kaliper.
- 4) Meletakkan benda uji pada mesin uji desak yang diletakkan secara vertical untuk uji desak dengan cara peletakan secara simetris.
- 5) Nyalakan mesin uji desak dengan tekanan yang dinaikkan secara berangsur-angsur dengan kecepatan 0.05” per menit tiap detik.
- 6) Pembebanan dilakukan sampai benda uji tidak kuat lagi menahan tekanan dan retak atau hancur.
- 7) Mencatat regangan, khususnya untuk pengujian kuat desak hingga mencapai pembebanan maksimal.

#### **4.9 Pengujian Kuat Tarik Benda uji**

Pengujian kuat tarik beton dilakukan dengan uji pecah belah silinder. Silinder diletakkan pada arah memanjang di atas alat penguji, dan ditekan. Besar gaya tekan yang menyebabkan benda uji terbelah menjadi dua bagian dicatat. Kuat tarik beton dapat diketahui dengan dua kali beban ultimit yang kemudian dibagi dengan luas daerah yang didesak sepanjang silinder yang direbahkan.

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Penelitian

Untuk memperjelas penyajian hasil penelitian yang dilaksanakan di laboratorium bahan konstruksi teknik Universitas Islam Indonesia, berikut ini akan diuraikan ringkasan hasil pengujian dari material penyusun beton, gradasi agregat halus (pasir), kuat desak beton, dan kuat tarik beton. Adapun hasil dari pengujian yang telah dilakukan, di lampirkan dalam bentuk tabel dan grafik pada sub-sub bab berikut ini.

#### 5.2 Uji Material

Uji material dimaksudkan untuk mengetahui data awal mengenai material yang akan dipakai. Data awal itu antara lain modulus halus butir, berat jenis relatif, kapasitas absorpsi, berat isi padat kering dan ukuran agregat. Data-data yang di dapat akan dipergunakan sebagai acuan perhitungan campuran beton.

Adapun data-data yang diperoleh seperti tabel 5.1 sebagai berikut :

**Tabel 5.1 Hasil Pengujian Agregat**

Penelitian	Pasir	Kerikil
Modulus Kehalusan	2,76	-
Berat Jenis Relatif	2,70	2,41
Kapasitas Absorpsi	0,006	0,026
Berat Isi Padat Kering	1729	1448
Ukuran agregat maksimum	-	15

### 5.3 Gradasi Agregat Halus dan Modulus Halus Butir

Analisis gradasi yang dilakukan oleh peneliti meliputi dua jenis agregat halus Adapun data-data yang diperoleh seperti tabel 5.2 sebagai berikut :

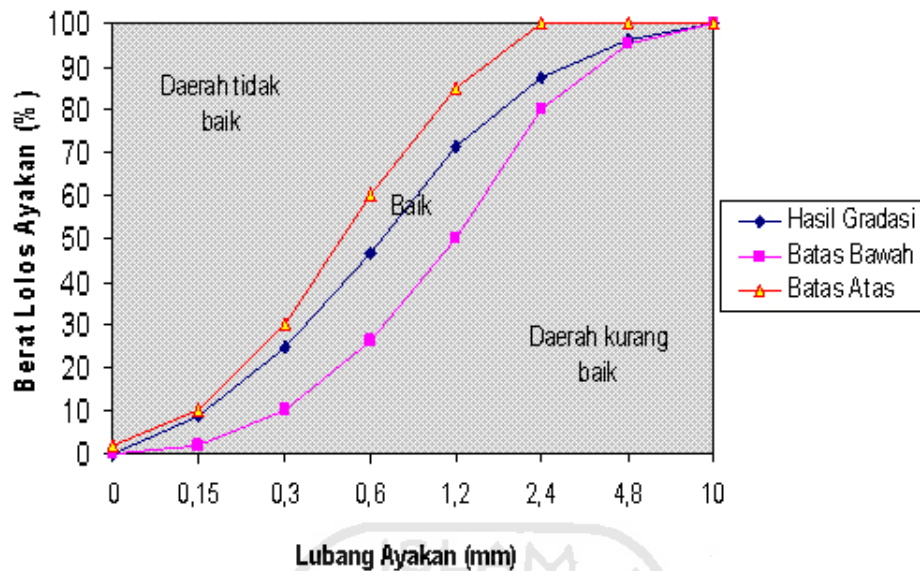
**Tabel 5.2 Hasil Gradasi Pasir**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal		Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat ASTM C33-71a (%)
	(gram)	(%)			
10.00	-	-	-	100	100
4.80	2	0,1	0,1	99,9	95 - 100
2.40	161	8,05	8,15	91,85	85 - 100
1.20	445	22,25	30,4	69,6	50 - 85
0.60	641	32,05	62,45	37,55	26 - 60
0.30	372	18,6	81,05	18,95	10 - 30
0.15	248	12,4	93,45	6,55	2 - 10
Sisa	131	6,55	-	-	0 - 2
Jumlah	2000	100	275,6	-	-

Perhitungan Modulus Halus Butir ( MHB )

$$\text{MHB} = \frac{\% \text{ Kumulatif Berat Tertahan } 275,6}{\% \text{ Berat Tertahan } 100} = \frac{275,6}{100} = 2,756 = 2,76$$

Grafik kurva gradasi pasir alami dari Celereng Yogyakarta ini dapat dilihat pada gambar 5.1 berikut ini.



**Gambar 5.1 Kurva Gradasi Pasir Kaliurang Yogyakarta**

Dari gambar 5.1 di atas, gradasi pasir memenuhi persyaratan campuran beton dan termasuk ke dalam kelompok daerah II (pasir agak kasar). Hampir semua faktor yang berkenaan dengan kenyataan suatu agregat endapan, dalam hal ini pasir sungai, selalu berhubungan dengan sejarah geologi dari daerah sekitarnya. Proses geologis yang membentuk deposit (endapan) atau modifikasi yang berurutan menentukan ukuran gradasi, kebulatan/ketajaman dan sejumlah faktor lain yang berkaitan dengan pertanyaan tentang penggunaannya.

#### 5.4 *Workability* / Kemudahan Pengerjaan

Menurut Mulyono (2003) kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai *slump* yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur – unsur yang mempengaruhi antara lain :

1. Jumlah air campuran.

Semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan.

2. Kandungan semen.

Jika fas tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya pun akan semakin tinggi.

3. Gradasi campuran/kerikil.

Jika memenuhi syarat dan standar, akan lebih mudah untuk dikerjakan.

4. Bentuk butiran agregat kasar.

Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan.

5. Butiran maksimum.

6. Cara pemadatan dan alat pemadat.

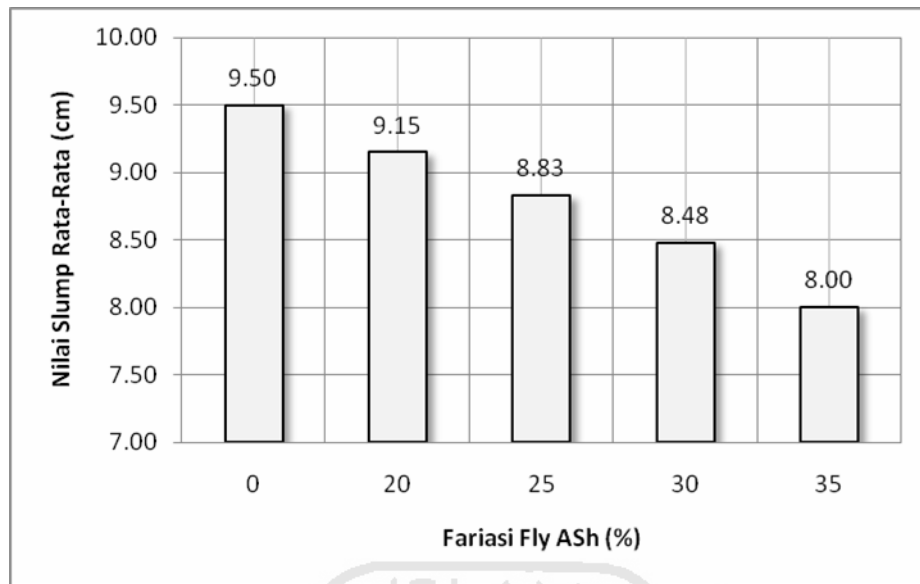
Hasil pengerjaan sampel beton yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan faktor air semen yang tetap sesuai dengan *mix design*, didapat nilai *slump* yang beragam dengan interval antara 100-170 mm. Dengan interval dari nilai *slump* yang ada, pengerjaan adukan beton dapat dilakukan dengan mudah baik pada saat pencampuran maupun pemadatan beton segar. Beton yang padat dan kuat diperoleh menggunakan air yang maksimal, konsisten dengan derajat *workability* yang memberikan kepadatan maksimal (Murdock dan Brook, 1986).



Nilai *slump* yang beragam dari setiap adukan beton disebabkan kondisi yang jelek dari mesin aduk beton (molen) dan kerucut abrams yang dipenuhi oleh kerak beton yang tebal, sehingga sulit dicapai homogenitas nilai *slump* rencana 100 mm, tetapi nilai *slump* yang didapat masih dalam batas toleransi nilai *slump* rencana antara 75 - 100 mm. Dari hasil pengujian nilai *slump* menunjukkan bahwa nilai *slump* menurun dengan persentase *fly ash* dalam campuran beton. Hal ini menunjukkan bahwa *fly ash* dapat menyerap air dengan baik, Beton mutu tinggi menggunakan nilai *slump* rendah, berarti air yang digunakan sangat sedikit sehingga nilai *slump* rendah. Jadi dapat disimpulkan bahwa penambahan *fly ash* berpengaruh terhadap nilai *slump*, makin besar persentase *fly ash* pada adukan beton maka nilai *slump* makin kecil. Data dan hasil *slump* adukan beton dapat dilihat pada tabel 5.3. berikut ini.

**Tabel 5.3 Nilai Slump Pada Tiap Variasi**

No	Jenis Benda Uji	Kadar <i>Fly ash</i> (%)	Nilai <i>slump</i> rata-rata (cm)
1	BN	0	9,50
2	BMT 1	20	9,15
3	BMT 2	25	8,83
4	BMT 3	30	8,48
5	BMT 4	35	8,00



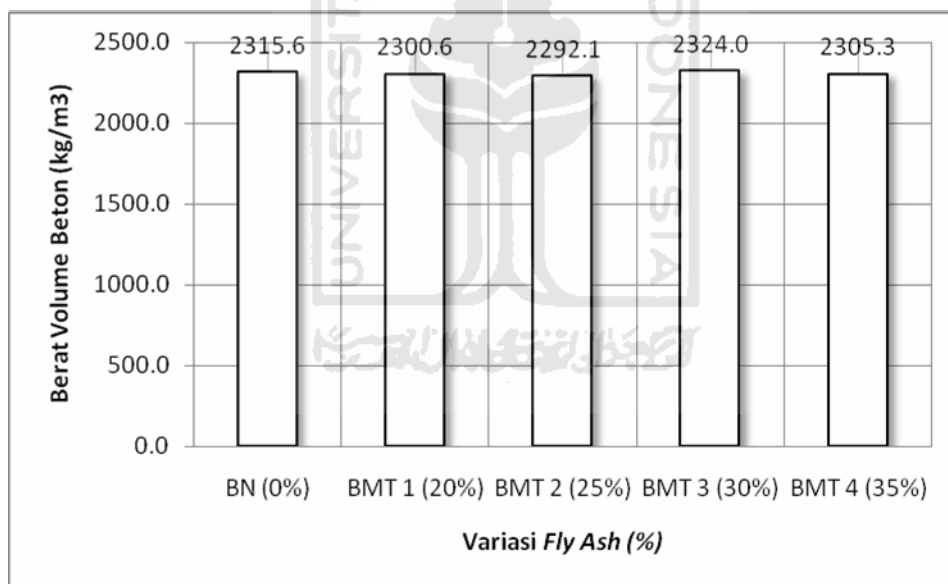
**Gambar 5.2 Grafik Nilai Slump Pada Tiap Variasi**

### 5.5 Berat Volume Beton

Berat volume beton merupakan perbandingan antara berat beton dengan volume beton yang sangat tergantung dari komposisi material adukan beton yang direncanakan. Sehingga apabila bahan penyusunnya memiliki berat volume yang besar, maka beton yang dihasilkan akan memiliki berat volume yang besar pula. Pengujian berat volume beton dilakukan sebelum diadakannya pembebanan terhadap benda uji silinder. Berat volume beton dapat diketahui dengan cara menimbang, mengukur tinggi dan diameter benda uji, sehingga didapatkan berat dan volume benda uji tersebut. Hasil pemeriksaan berat volume beton rata-rata dapat dilihat pada tabel 5.4 dan gambar 5.3 berikut ini.

**Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Rata-Rata**

Jenis Benda Uji	Kadar <i>fly ash</i> (%)	Ukuran benda uji		Berat volume rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
		Diameter (cm)	Tinggi (cm)	
BN	0	15	30	2315,6
BMT 1	20	15	30	2300,6
BMT 2	25	15	30	2292,1
BMT 3	30	15	30	2324,0
BMT 4	35	15	30	2305,3

**Gambar 5.3 Grafik Berat Volume Beton**

Dari hasil penelitian pada tabel 5.3 dan gambar 5.2 dapat diketahui bahwa berat volume beton terbesar terdapat pada campuran beton variasi 3 yaitu dengan penambahan *fly ash* 30% sebesar 2324 Kg/m<sup>3</sup>, sedangkan volume beton terkecil terdapat pada campuran beton variasi 2 dengan penambahan *fly ash* 25% sebesar 2292,1 Kg/m<sup>3</sup>. Dalam hal ini dikarenakan dengan penambahan persentase *fly ash* yang lebih banyak sehingga mengisi rongga-rongga dalam campuran beton sehingga *fly ash* tersebut bersifat *filler*/pengisi.

Dari hasil tersebut terlihat bahwa berat volume beton yang ada sangat bervariasi, hal ini juga dikarenakan berat abu terbang (*Fly ash*) lebih ringan dibandingkan dengan berat semen, karena berat jenis abu terbang 2,64 gram/cm<sup>3</sup> sedangkan berat jenis semen sebesar 3,15 gram/cm<sup>3</sup>. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh proporsi campuran beton dan proses pemadatan beton segar pada saat pengecoran. Kekuatan beton yang lebih besar dapat dicapai dengan mempergunakan campuran yang lebih "kaya" semen serta memadatkannya sampai berat volume beton yang lebih besar. (L. J Murdock dan Brook, 1986).

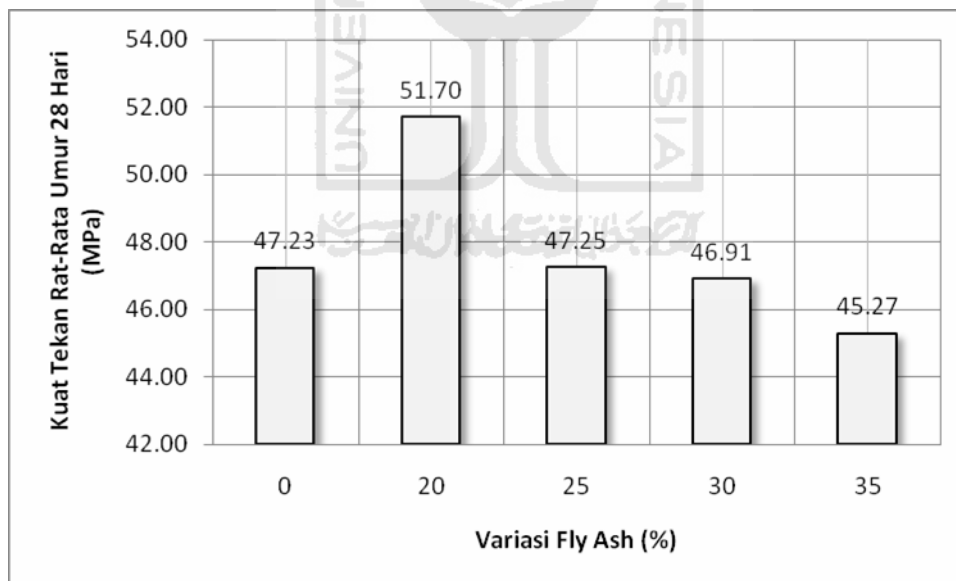
## 5.6 Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah benda uji silinder telah berumur 28 hari. Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dengan adanya perbedaan variasi penambahan *fly ash*. Hasil pengujian kuat tekan beton secara lengkap dapat dilihat pada lampiran. Sedangkan hasil uji kuat tekan beton rata-rata dengan persentase variasi penambahan *fly ash* dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini.

**Tabel 5.5 Kuat Tekan Rata-rata**

Jenis Benda Uji	Kadar <i>fly ash</i> (%)	Nilai Faktor Air Semen		Kuat tekan rata-rata umur 28 hari (MPa)
		W/(c+p)	W/c	
BN	0	0,308	0,308	47,23
BMT 1	20	0,257	0,308	51,70
BMT 2	25	0,246	0,308	47,25
BMT 3	30	0,237	0,308	46,91
BMT 4	35	0,228	0,308	45,27

Kuat tekan rata-rata dari Tabel 5.5 dapat ditampilkan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 5.4 berikut ini:

**Gambar 5.4 Grafik hubungan kuat tekan beton dengan variasi *fly ash***

Dari data diatas bisa dilihat bahwa kuat tekan optimum pada variasi 20% sebesar 51,70 MPa, tetapi pada variasi 25% hampir sama dengan beton normal yaitu sebesar 47,25 MPa, sedangkan variasi 30%, dan variasi 35% menurun dari kuat tekan beton normal. Dalam hal ini *fly ash* hanya bersifat *filler*/pengisi dari campuran beton itu sendiri, karena butiran *fly ash* yang jauh lebih kecil membuat beton lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh *fly ash* sehingga dapat memperkecil pori-pori yang ada. Hal ini juga disebabkan karena dengan persentase semen yang sama disetiap variasi sedangkan persentasi *fly ash* yang semakin meningkat menyebabkan air diserap oleh *fly ash* lebih banyak sehingga menimbulkan beton semakin getas dan kuat tekannya menurun. Jadi kuat tekan optimum dicapai pada penambahan *fly ash* 20% .

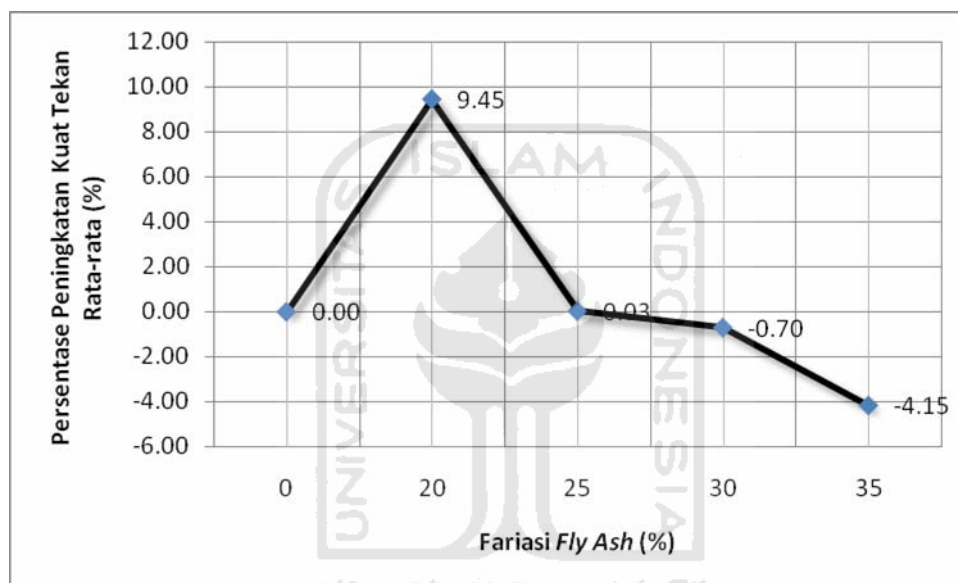
Dari hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton maka dapat diperoleh persentase peningkatan kuat tekan rata-rata pada benda uji berupa silinder yang dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

**Tabel 5.6 Persentase peningkatan kuat tekan rata-rata**

Jenis Benda Uji	Kadar <i>fly ash</i> (%)	Kuat tekan rata-rata (f'c) (MPa)	Persentase peningkatan kuat tekan rata-rata (%)
BN	0	47,23	0,00
BMT 1	20	51,70	9,45
BMT 2	25	47,25	0,03
BMT 3	30	46,91	-0,70
BMT 4	35	45,27	-4,15

Berdasarkan data penelitian pada Tabel 5.5 dapat diketahui bahwa kuat tekan beton BMT 1 (20%), BMT 2 (25%), BMT 3 (30)% dan BMT 4 (35%), hanya mengalami peningkatan kuat desak dari kuat desak beton normal optimum pada variasi penambahan *fly ash* 20% sebesar 9.45%

Persentase kenaikan kuat tekan rata-rata dari Tabel 5.6 dapat ditampilkan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 5.5 berikut ini:



**Gambar 5.5 Grafik hubungan persentase kenaikan kuat tekan beton**

### 5.7 Perbandingan $f'_{cr}$ Rencana dan $f'_{cr}$ Hasil Penelitian

Pada penelitian ini menentukan  $f'_{cr}$  rencana rata-rata laboratorium sebesar sebesar 66,29 MPa sedangkan  $f'_{cr}$  lapangan sebesar 59,66 MPa (dengan menggunakan rumus persamaan 3.1). Dari hasil penelitian, didapatkan  $f'_{cr}$  laboratorium terjadi sebesar 68,18 MPa, sedangkan  $f'_{cr}$  lapangan yang terjadi sebesar 61,36 MPa dikatakan sudah memenuhi  $f'_{cr}$  rencana. Dimungkinan hal ini terjadi karena bentuk tekstur dan kekuatan dari agregat kasar serta kandungan bahan bersifat semen. Kita ketahui salah satu fungsi dari material tersebut adalah

sebagai bahan pengisi beton yang nilainya kurang lebih sekitar 40% diisi oleh agregat kasar dan bahan bersifat semen sebesar 50%, fungsi lain dari agregat kasar adalah untuk memberikan stabilitas volume dan keawetan dan fungsi bahan bersifat semen sebagai pengikat campuran beton. Dari uraian di atas agregat kasar yang digunakan pada benda uji beton memiliki tekstur tajam sehingga kinerja agregat tersebut cukup maksimal untuk menahan beban yang sangat besar, sebab agregat yang berbentuk tajam timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan memerlukan pasta semen maka akan mengikat agregat dengan lebih baik. Besar ukuran maksimum agregat mempengaruhi kuat tekan betonnya. Pada pengujian ini ukuran butir agregat maksimum adalah sebesar 20 mm. Pada saat pengujian kuat desak beton ikatan semen terhadap agregat sangat kuat dan agregat kasar tidak tercabut, sehingga agregat kasar material pembentuk beton mengalami pecah (dapat dilihat pada gambar 5.6).



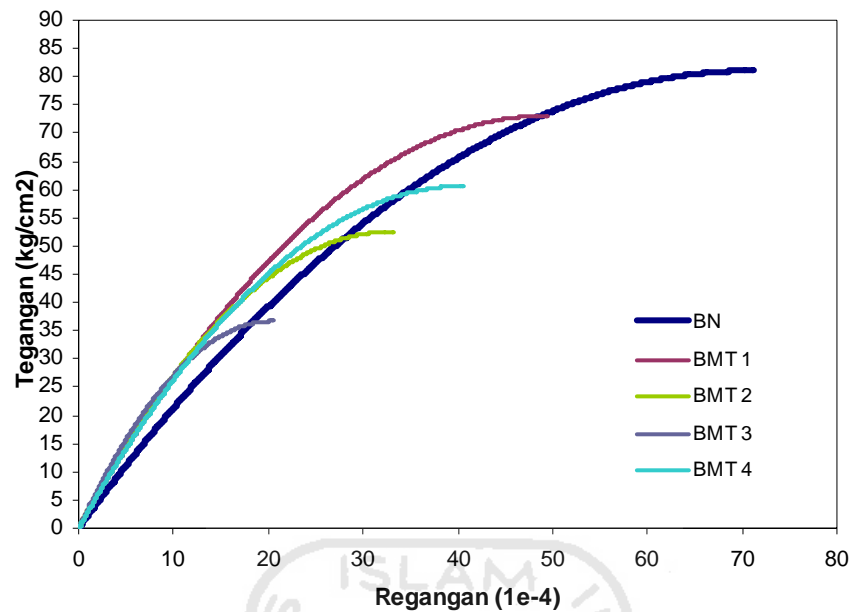
**Gambar 5.6 Pecahan Beton Setelah Diuji Desak**



## 5.8 Hasil Uji Tegangan Regangan dan Modulus Elastisitas

Setiap bahan akan mengalami perubahan bentuk apabila mendapat beban dan apabila perubahan bentuk terjadi maka gaya internal didalam bahan tersebut akan menahannya, gaya internal ini disebut gaya dalam. Bila suatu bahan mengalami tegangan, maka bahan itu akan mengalami perubahan bentuk yang dikenal dengan regangan (M. J Smith, 1985). Untuk mengetahui peningkatan daktilitas beton dilakukan pengujian tegangan-regangan. Uji tegangan-regangan ini tidak dilakukan terhadap seluruh sampel benda uji, tapi hanya diambil 2 sampel untuk masing-masing variasi/tipe. Seluruh pengujian tegangan regangan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII. Adapun hasil pengujian tegangan-regangan beton disajikan dalam bentuk grafik tegangan-regangan yang dapat dilihat pada gambar .

Dengan memperhatikan gambar kurva tegangan-regangan yang terlihat pada gambar 5.7, menunjukkan terjadinya penurunan kuat tekan pada semua variasi campuran. Hal ini membuktikan bahwa penambahan *fly ash* pada adukan beton memberi pengaruh terhadap kuat tekan beton namun hanya bersifat sebagai *filler*/pengisi. Dan bila dilihat perilaku setelah tercapainya tegangan maksimum pada beton dengan penambahan *fly ash*, beton masih dapat mempertahankan tegangan dan regangan cukup besar. Hal tersebut menunjukkan penambahan *fly ash* menjadikan beton semakin bersifat *ductile* (liat). Luasan dibawah kurva menunjukkan bahwa besarnya energi yang dapat diserap selama proses pembebanan. Semakin besar luasan dibawah kurva, maka semakin liat bahan tersebut.



**Gambar 5.7 Grafik Tegangan-regangan Variasi Beton**

Dari grafik tegangan-regangan di atas dapat diketahui tingkat daktilitas beton dan diperoleh nilai modulus elastisitas dengan persamaan (3.6) seperti yang terlihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

**Tabel 5.7 Modulus Elastisitas**

No	Type	f <sub>c</sub> (MPa)	0,4.f <sub>c</sub> (Mpa)	ε (10 <sup>-4</sup> )	Modulus Elastisitas (MPa)	
					Uji	Teoritis
1	BN (0%)	52,671	21,068	10,760	19580,2974	34110,1508
2	BMT 1 (20%)	55,612	22,245	8,238	27002,6706	35049,5232
3	BMT 2 (25%)	44,813	17,925	6,655	26934,9361	31462,9809
4	BMT 3 (30%)	38,611	15,444	4,872	31700,3284	29204,7426
5	BMT 4 (35%)	44,784	17,914	7,205	24862,7342	31452,7989

Modulus elastis merupakan sifat yang dimiliki oleh beton yang berhubungan dengan mudah tidaknya beton mengalami deformasi saat mendapat beban. Semakin besar nilai modulus elastis maka semakin kecil regangan yang terjadi karena modulus elastis berbanding terbalik dengan nilai regangan. Nilai modulus elastis ini akan ditentukan oleh kemiringan kurva pada grafik tegangan regangan. Dimana kurva ini dipengaruhi oleh tegangan beton dan regangan beton. Semakin tegak kurva dan memiliki panjang garis linier yang panjang, berarti beton tersebut memiliki kuat desak yang besar pula. Dengan semakin bertambahnya beban maka makin berkurangnya kekakuan material sehingga kurva tidak linier lagi. Karena dengan semakin tegaknya kurva perubahan yang terjadi pada sampel sangat kecil sehingga dapat dikatakan sampel dalam keadaan kaku.

Dari Tabel 5.7 diatas dapat terlihat hasil modulus elastis yang berbeda-beda menurut variasi dari campuran beton tersebut. Pada penelitian ini kuat tekan beton maksimum umur 28 hari didapat pada beton normal sebesar 52,671 MPa dan variasi penambahan *fly ash* 20% yaitu sebesar 55,612 MPa, untuk sampel beton normal memiliki modulus elastisitas uji rendah sebesar 19580,2974 MPa dan modulus elastisitas teoritis sebesar 34110,1508 MPa, sedangkan untuk variasi penambahan *fly ash* 20% dengan uji rendah sebesar 27002,6706 MPa dan modulus elastic teoritis tertinggi yaitu sebesar 35049,5232 MPa. Hal tersebut menandakan bahwa pada keadaan itu beton tersebut memiliki sifat (*ductile*) liat yang tertinggi bila dibandingkan dengan yang lain. Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa untuk beton mutu tinggi rumus umum modulus elastis teoritis

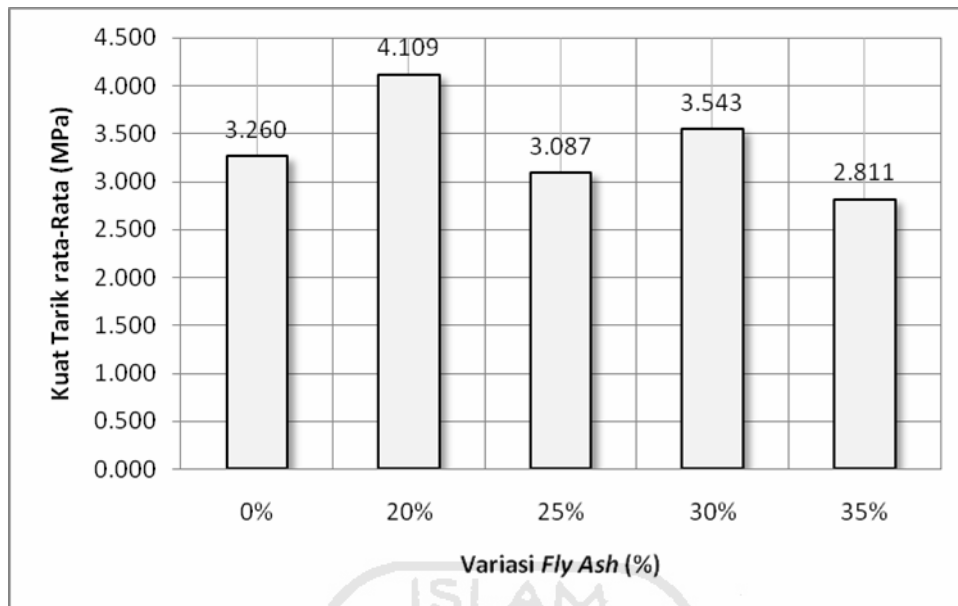
tidak dapat digunakan. Untuk mendapatkan modulus elastisitas yang tinggi yang perlu diperhatikan dalam pengujian tegangan-regangan adalah kondisi permukaan pada benda uji, semakin rata permukaan benda uji maka semakin baik hasilnya, permukaan yang rata akan menghasilkan nilai modulus elastisitas yang cukup baik karena distribusi beban akan tersebar secara merata ke seluruh permukaan benda uji. Disamping itu perlu ditambah lagi sampel uji tegangan regangan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

### 5.9 Kuat Tarik Beton

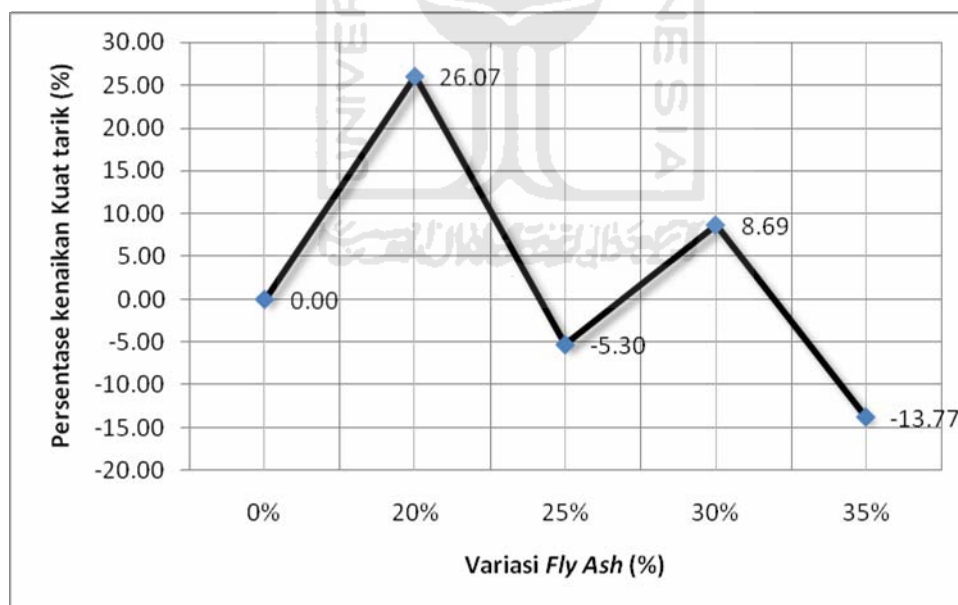
Pengujian kuat tarik dilakukan dengan metoda uji belah silinder (*tensile splitting cylinder test*). Pada penelitian ini kita dapat mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan *fly ash* pada adukan beton terhadap peningkatan kuat tarik beton. Perhitungan untuk mencari kuat tarik benda uji beton silinder dapat diselesaikan dengan persamaan 3.7 Hasil pengujian kuat tarik beton ini dapat dilihat dalam Tabel 5.7 , Gambar 5.7 dan Gambar 5.8 berikut ini.

**Tabel 5.8 Kuat tarik rata-rata dan persentase Kuat tarik rata-rata**

No	Variasi Benda Uji	Kuat Tarik rata-rata (MPa)	Persentase Kuat Tarik Terhadap BN ( % )
1	0%	3,260	0,00
2	20%	4,109	26,07
3	25%	3,087	-5,30
4	30%	3,543	8,69
5	35%	2,811	-13,77



**Gambar 5.8** Grafik Hubungan antara variasi campuran beton dengan kuat tarik rata-rata beton



**Gambar 5.9** Grafik Hubungan antara variasi campuran beton dengan persentase kuat tarik rata-rata beton

Kuat tarik beton berkisar antara 5-12 % dari kuat desak (Sudarmoko, 1993). Dari Tabel diatas terlihat bahwa kuat tarik rata-rata beton hanya mengalami peningkatan pada variasi campuran 20% sebesar 26,07% dan variasi campuran 30% sebesar 8,69%. Dari tabel diatas juga menunjukkan bahwa seiring dengan penambahan *fly ash* akan berpengaruh pada tingkat kenaikan kuat tarik beton. Kemungkinan yang terjadi pada penelitian ini adalah *fly ash* sebagai bahan penambah dalam campuran beton memiliki ikatan baik pada persentase penambahan tertentu, dalam penelitian ini persentase optimal terjadi pada penambahan *fly ash* 20% sehingga mampu menahan kuat tarik belah yang lebih baik dari beton normal. Hasil pengujian kuat tarik beton ini dapat dilihat pada gambar 5.10. berikut ini.



**Gambar 5.10 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Setelah diadakan tahap pembuatan benda uji, perendaman benda uji di dalam air tawar, pengujian kuat tekan, kuat tarik dan tegangan regangan untuk silinder beton, serta analisis yang telah dilakukan, akhirnya penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan persentase abu terbang (*fly ash*) sebesar 0%, 20%, 25%, 30%, 35% berpengaruh terhadap kenaikan kuat desak dan tarik beton.
2. Persentase peningkatan kuat tarik dan kuat tekan optimum pada silinder beton terjadi pada variasi beton mutu tinggi 1 dengan kadar abu terbang (*fly ash*) sebesar 20% yang mempunyai kuat desak optimum sebesar yaitu 51,70 MPa dan 4,109 MPa untuk kuat tariknya .
3. Semakin banyak penambahan kadar abu terbang (*fly ash*), berpengaruh signifikan terhadap nilai slump, terbukti semakin kecil nilai slumpnya
4. Abu terbang (*fly ash*) dalam penelitian ini dominan berfungsi sebagai *filler*/pengisi dan perekat/pengikat yang baik terbukti kuat tekan dan kuat tarik beton hanya mengalami peningkatan yang dominan pada penambahan *fly ash* 20%.
5. Kekuatan agregat kasar (kerikil) dalam penelitian ini tidak dapat menahan beban tekan dan tarik. Karena dalam penelitian ini agregat kasar hampir semuanya terpecah dan tidak ada yang terlepas.

6. Karena abu terbang (*fly ash*) dalam hal ini dominan sebagai *filler*/pengisi dan perekat/pengikat yang baik terbukti kuat tekan dan kuat tarik beton sebagian ada yang meningkat.
7. Beton mutu tinggi dengan penambahan fly ash pada penelitian kali ini hanya mempunyai kekuatan optimum pada persentase penambahan 20%.

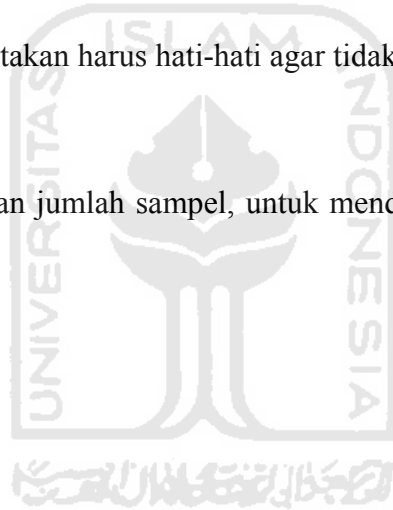
## 6.2 Saran

Untuk penyempurnaan hasil penelitian serta untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut disarankan untuk melakukan penelitian dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Dalam pembuatan beton dengan mutu yang tinggi diperlukan material campuran yang berkualitas tinggi. Bahan yang digunakan harus teruji dengan hasil yang baik. Di samping itu ketelitian dan perencanaan campuran (*mix design*) serta ketelitian dalam penimbangan bahan sangat menentukan kualitas beton yang dihasilkan.
2. Pada saat akan dilakukan pencampuran atau pengecoran, agregat yang telah dicuci dan dikeringkan secara alami harus benar-benar dalam keadaan SSD sehingga kandungan air dalam agregat dapat stabil.
3. Pada saat pengujian kuat tekan beton, benda uji harus dalam keadaan kering baik bagian luar maupun dalam, karena benda uji yang masih basah mempunyai kuat tekan lebih rendah jika dibandingkan dengan benda uji yang sudah kering.
4. Dalam pembuatan benda uji, setelah dilakukan pencampuran material harus segera dimasukkan ke dalam cetakan karena adukan beton akan segera padat.



5. Bagian atas dan bawah benda uji diusahakan benar-benar rata. Hal ini dimaksudkan pada waktu pengujian seluruh permukaan benda uji mendapat tekanan yang sama untuk memperoleh hasil yang maksimal.
6. Pencampuran adukan beton sebaiknya dengan menggunakan molen untuk memperoleh campuran beton yang benar-benar homogen.
7. Pembuatan alat cetak harus rata bagian atas dan bawah sehingga benda uji yang dihasilkan bagus serta pengikatan alat cetak harus benar-benar kuat agar pada saat pemadatan adukan beton, cetakan tidak mengalami kerusakan.
8. Pada saat membuka cetakan harus hati-hati agar tidak menimbulkan kerusakan pada benda uji.
9. Diperlukan penambahan jumlah sampel, untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat lagi.



## **PENUTUP**

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan penelitian untuk tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian ini merupakan penerapan dari ilmu yang diperoleh di bangku kuliah. Tujuan kami melakukan penelitian ini adalah untuk lebih memahami ilmu tentang teknologi beton, khususnya mengenai pembuatan beton mutu tinggi dengan menggunakan bahan tambah. Beberapa hal yang sudah disajikan dalam penelitian ini merupakan sebagian masalah kecil yang ada dalam ilmu teknologi beton.

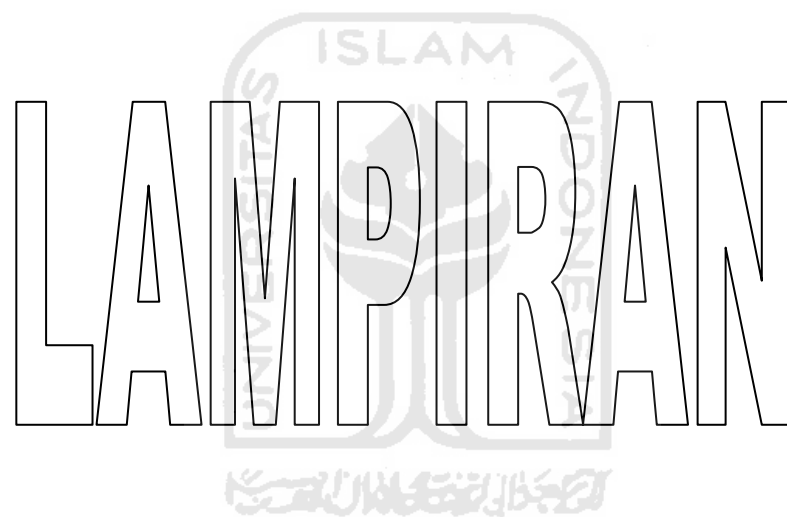
Tidak ada yang sempurna di dunia ini melainkan Allah SWT. Kami menyadari bahwa laporan penelitian ini tidak dapat dikatakan sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan yang kami miliki. Harapan kami semoga penelitian ini nantinya dapat bermanfaat, menambah dan memperluas pengetahuan bagi kita semua, khususnya bagi kami sendiri.

Akhir kata kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyusun laporan penelitian tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Semoga amal kebaikan kita mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum. 1989. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, (PBI, 1989), Direktorat penyelidikan masalah Bangunan, Bandung.
2. Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Tata Cara Perencanaan campuran Beton Berkekuatan Tinggi Dengan Semen Portland Dengan Abu Terbang*, SNI 03-6468-2000, Pd T-18-1999-03, Departemen Pemukiman Dan Prasarana Wilayah, Badan Penelitian Dan Pengembangan, Jakarta.
3. Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, SNI 03-2834-1993, Departemen Pemukiman Dan Prasarana Wilayah, Badan Penelitian Dan Pengembangan, Jakarta.
4. Isnianto, S. 2005. *Pengaruh Variasi Perawatan Beton Terhadap Mutu Beton Fly Ash*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Kariadi, E. 2005. *Pemakaian variasi Bahan Tambah Gula Murni dan Abu Arang Briket Pada campuran beton Mutu Tinggi*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
6. Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, Jakarta.
7. Murdock, L. J., Brook, K. M., 1986, "Bahan dan Praktek Beton", Terjemahan Ir. Stephanus Hindarko, Erlangga, Jakarta.

8. Nawy, E. G., 1990, "Reinforce Concrete a fundamental Approach", Terjemahan, Cetakan pertama, Bandung.
9. Neville, A. M., 1990, "Properties of Concrete", Third Edition, USA.
10. Priyanto, B. 2004. *Analisis Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Fly Ash Pada Perendaman Air Laut*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
11. RSNI (Rancangan Standar Nasional Indonesia). 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standar Nasional, Jakarta.
12. Sarjanto, T. 2006. *Penggunaan Filter Abu Batu Bara Terhadap karakteristik Marshall Dan Modulus Kekuatan Campuran Hot Rolled Asphalt (HRA)*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
13. Tjokrodinuljo, K. 1992. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
14. Paradesca, A. 1997. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.



**HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS  
DAN KADAR AIR PASIR**

**Pasir Asal : Kaliurang**

URAIAN	CONTOH
Berat pasir kering mutlak, gram ( BK )	497
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram ( ssd )	<b>500</b>
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram ( Bt )	972
Berat piknometer berisi air, gram ( B )	657
Berat jenis curah, gram/cm <sup>3</sup> .....( 1 ) $Bk / ( B + 500 - Bt )$	2,686
Berat jenis jenuh kering muka, gr/cm <sup>3</sup> .....( 2 ) $500 / ( B + Bk - Bt )$	2,703
Berat jenis semu..... ( 3 ) $Bk / ( B + Bk - Bt )$	2,731
Penyerapan air..... ( 4 ) $( 500 - Bk ) / Bk \times 100 \%$	0,6 %

Keterangan :

**500** = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

**HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS  
DAN KADAR AIR KERIKIL**

**Kerikil Asal : Clereng**

URAIAN	CONTOH
Berat kerikil kering mutlak, gram ( BK )	4872
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram ( Bj )	<b>5000</b>
Berat kerikil dalam air, gram ( Ba )	2922
Berat jenis curah,.....( 1 ) $Bk / ( Bj - Ba )$	2,344
Berat jenis jenuh kering muka,.....( 2 ) $Bj / ( Bj - Ba )$	2,406
Berat jenis semu..... ( 3 ) $Bk / ( Bk - Ba )$	2,498
Penyerapan air..... ( 4 ) $( Bj - Bk ) / Bk \times 100 \%$	2,627 %

**HASIL PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LEWAT AYAKAN  
NO. 200 ( UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR )**

**Pasir Asal : Kaliurang**

URAIAN	SAMPEL
Berat agregat kering oven ( $W_1$ ), gram	<b>500</b>
Berat agregat kering oven setelah dicuci ( $W_2$ ), gram	488
Berat yang lewat ayakan no. 200, persen $\{ ( W_1 - W_2 ) / W_1 \} \times 100$	2,4 %

Menurut persyaratan Umum Bahan bangunan di Indonesia 1982 ( PUBI – 1982 )  
berat bagian yang lewat ayakan no. 200 ( 0,075 mm ) :

- a. Untuk pasir maksimum 5 %
- b. Untuk kerikil maksimum 1 %



**HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR  
AGREGAT HALUS**

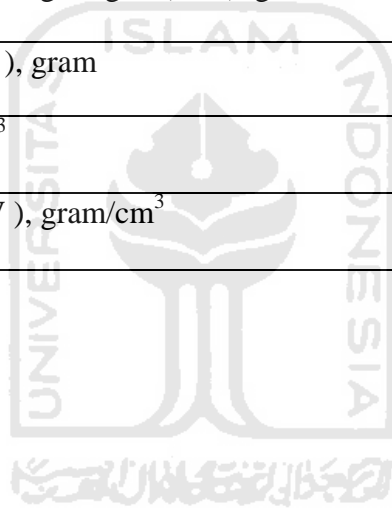
**Pasir Asal : Kaliurang**

URAIAN	SAMPEL
Berat tabung ( $W_1$ ), gram	15967
Berat tabung + agregat kering tungku ( $W_2$ ), gram	29500
Berat agregat bersih ( $W_3$ ), gram	13533
Volume tabung ( $V$ ), $\text{cm}^3$	10142,2
Berat isi padat = ( $W_3 / V$ ), $\text{gram}/\text{cm}^3$	1,334

**HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT  
AGREGAT HALUS**

**Pasir Asal : Kaliurang**

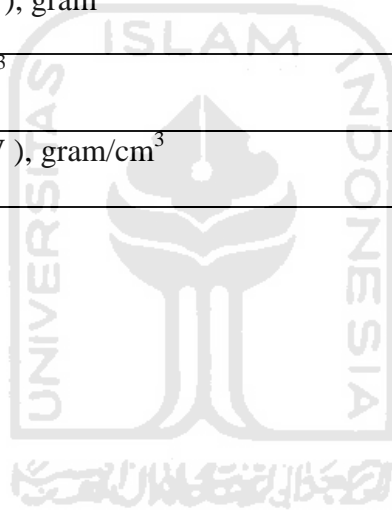
URAIAN	SAMPEL
Berat tabung ( $W_1$ ), gram	15967
Berat tabung + agregat kering tungku ( $W_2$ ), gram	33500
Berat agregat bersih ( $W_3$ ), gram	17533
Volume tabung ( $V$ ), $\text{cm}^3$	10142,2
Berat isi padat = ( $W_3 / V$ ), $\text{gram}/\text{cm}^3$	1,729



**HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR  
AGREGAT KASAR**

**Kerikil Asal : Clereng**

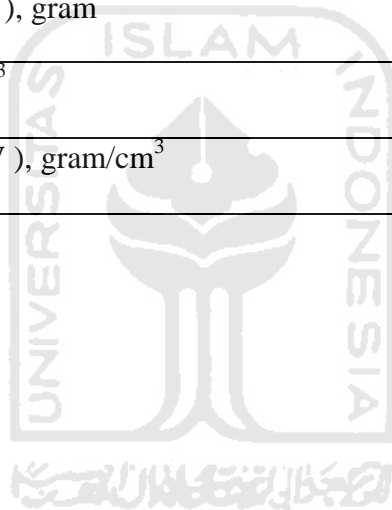
URAIAN	SAMPEL
Berat tabung ( $W_1$ ), gram	15967
Berat tabung + agregat kering tungku ( $W_2$ ), gram	29200
Berat agregat bersih ( $W_3$ ), gram	13233
Volume tabung ( $V$ ), $\text{cm}^3$	10142,2
Berat isi padat = ( $W_3 / V$ ), $\text{gram}/\text{cm}^3$	1,307



**HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT  
AGREGAT KASAR**

**Kerikil Asal : Clereng**

URAIAN	SAMPEL
Berat tabung ( $W_1$ ), gram	15967
Berat tabung + agregat kering tungku ( $W_2$ ), gram	30655
Berat agregat bersih ( $W_3$ ), gram	14688
Volume tabung ( $V$ ), $\text{cm}^3$	10142,2
Berat isi padat = ( $W_3 / V$ ), $\text{gram}/\text{cm}^3$	1,448



**DATA MODULUS HALUS BUTIR ( MHB ) / ANALISA  
SARINGAN AGREGAT HALUS**

**Pasir Asal : Kali Gendol**

<b>Lubang ayakan ( mm )</b>	<b>Berat tertinggal (gram)</b>	<b>Berat tertinggal (%)</b>	<b>Berat tertinggal kumulatif (%)</b>	<b>Persen lolos kumulatif (%)</b>
4,8	2	0,1	0,1	99,9
2,40	161	8,05	8,15	91,85
1,20	445	22,25	30,4	69,6
0,60	641	32,05	62,45	37,55
0,30	372	18,6	81,05	18,95
0,15	248	12,4	93,45	6,55
Sisa	131	6,55	-	-
<b>Jumlah</b>	<b>2000</b>	<b>100</b>	<b>275,6</b>	<b>-</b>

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{275,6}{100} = 2,756$$

Keterangan : Daerah I : Pasir kasar

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah IV : Pasir halus

Dari hasil pemeriksaan diatas diketahui bahwa pasir yang diteliti masuk pada Daerah II pasir agak kasar.

**DATA MODULUS HALUS BUTIR ( MHB ) / ANALISA  
SARINGAN AGREGAT KASAR**

**Kerikil Asal : Clereng**


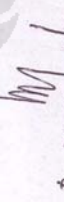

<b>Lubang ayakan ( mm )</b>	<b>Berat tertinggal (gram)</b>	<b>Berat tertinggal (%)</b>	<b>Berat tertinggal kumulatif (%)</b>	<b>Persen lolos kumulatif (%)</b>
20	-	-	-	-
10	3504	70,08	70,08	29,92
4,80	1490	29,8	99,88	0,12
Sisa	6	0,12	-	-
<b>jumlah</b>	<b>5000</b>	<b>100</b>	<b>169,96</b>	<b>-</b>

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{169,96}{100} = 1,699$$



# CILACAP 2x300 MW COAL FIRED STEAM POWER PLANT

Date: 03-09-2007  
Vehicle No.: AP 0244 AG

NO	DESCRIPTIONS	QTY	REMARKS
1:	PRY FLY ASH (ABU Terbang)	+300 kg (15 karung)	BRING TO "C I I" LABORATORY AT YOGYAKARTA. -
Bring by  (ASWINI BUDI SAPUTRO) Completely name		Checked & Witnessed by  M. Mubandus P.T. S2P	The Gate Guard Person  1698 (.....) Completely name

Approved By :  
PT. SUMBER SEGARA PRIMADAYA (S2P)



(.....)  
I. IRVAN R.



**Gambar *Fly Ash***



**Gambar Cetakan Benda Uji**



**Gambar Pembuatan Campuran Dan Penuangan Ke Cetakan**





**Gambar Pencetakan Benda Uji**



**Gambar Perendaman 28 hari Benda Uji**



**Gambar Persiapan Pengujian Benda Uji**



**Gambar Pengujian Kuat Desak**



**Gambar Pengujian Tegangan Regangan**



**Gambar Pengujian Kuat Tarik**

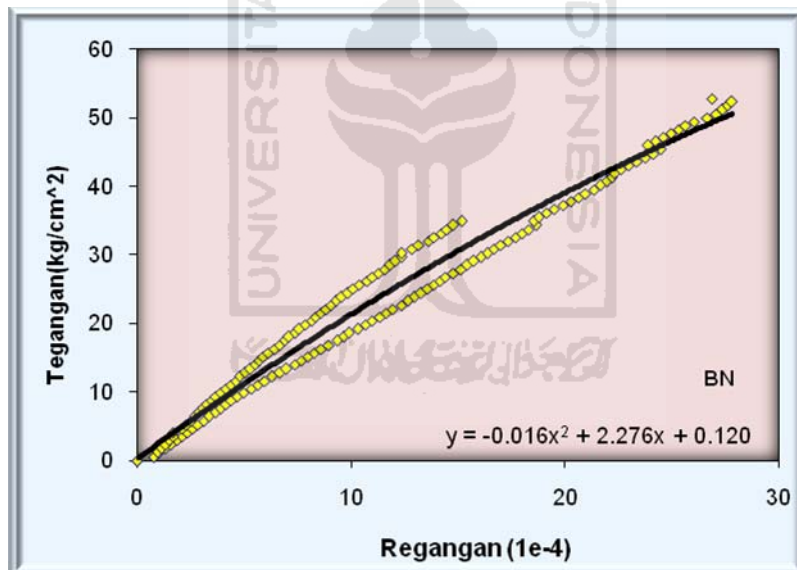
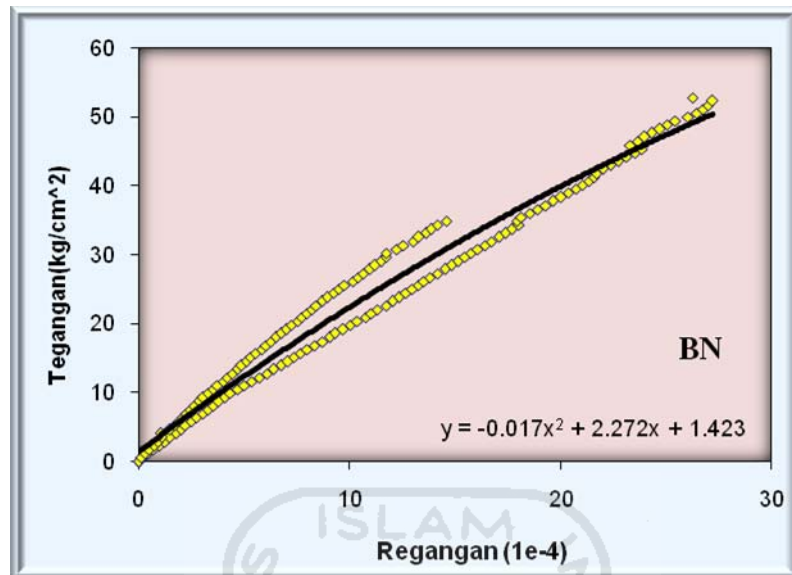


**Gambar Benda Uji Setelah Di Uji Tarik**

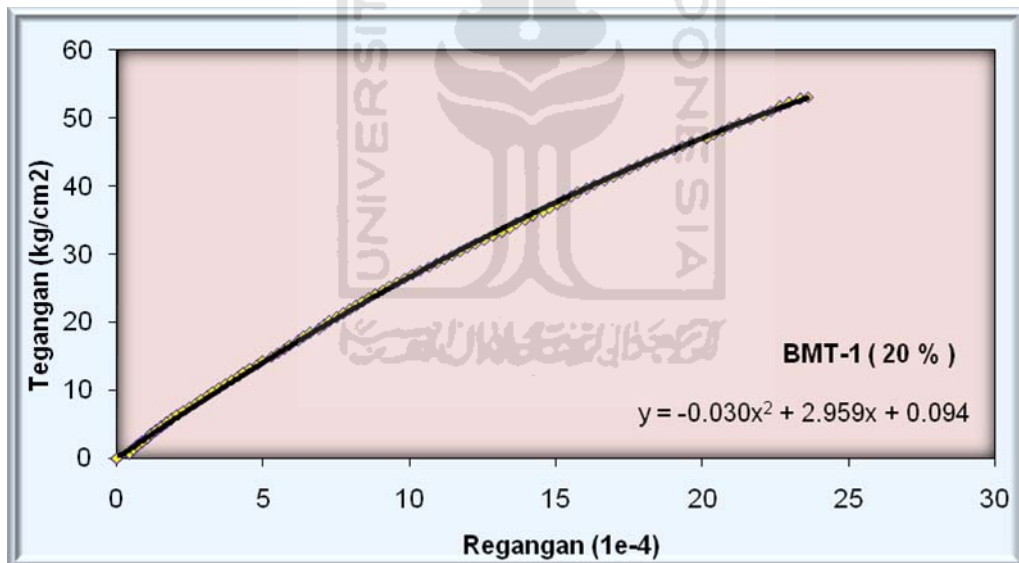
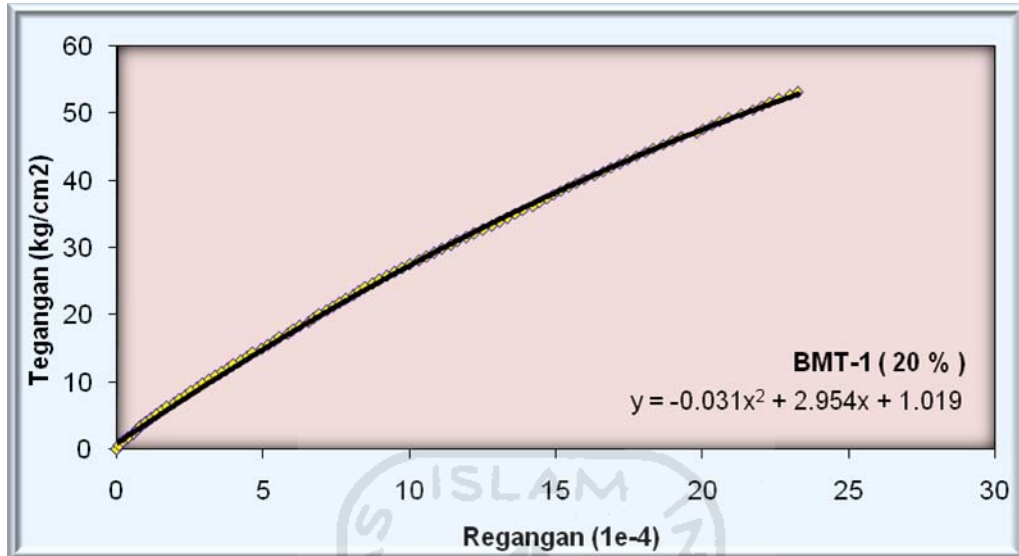


**Gambar Benda Uji Setelah Di Uji Desak**

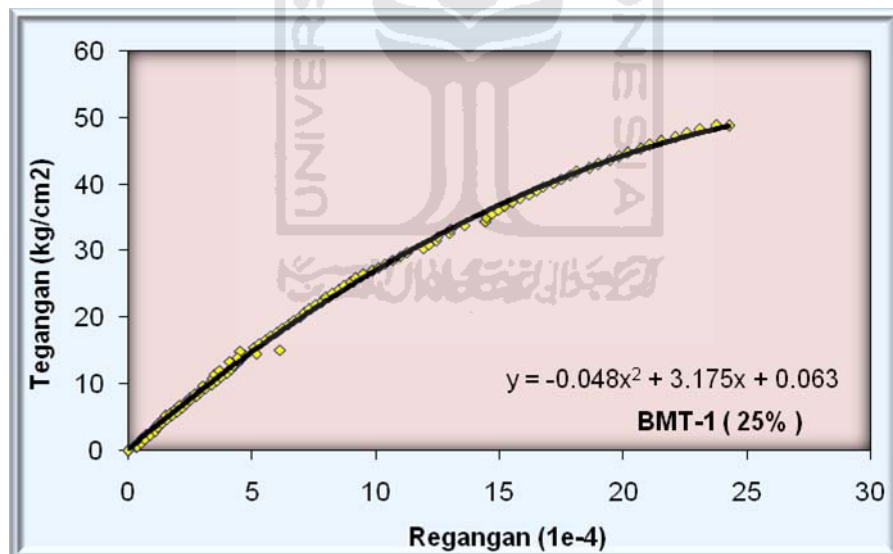
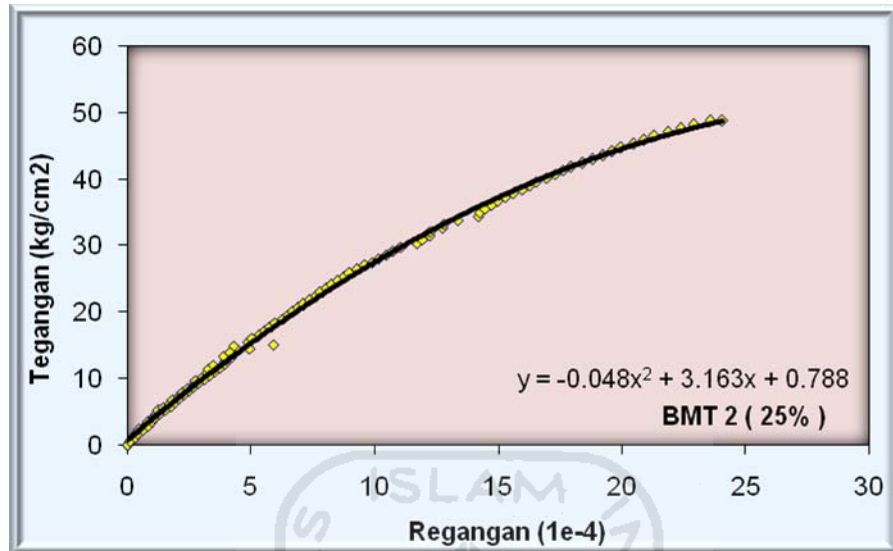
Sampel : BN (Beton Normal)



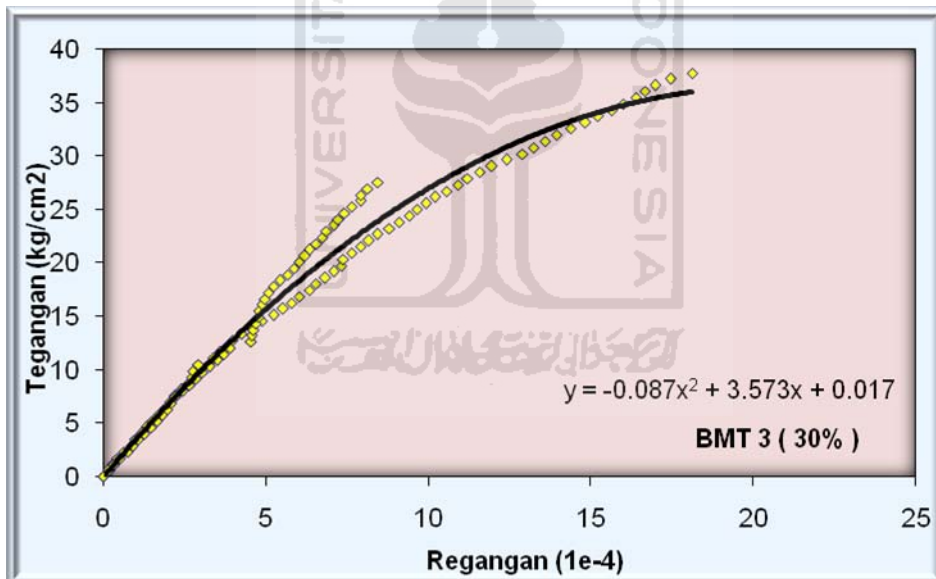
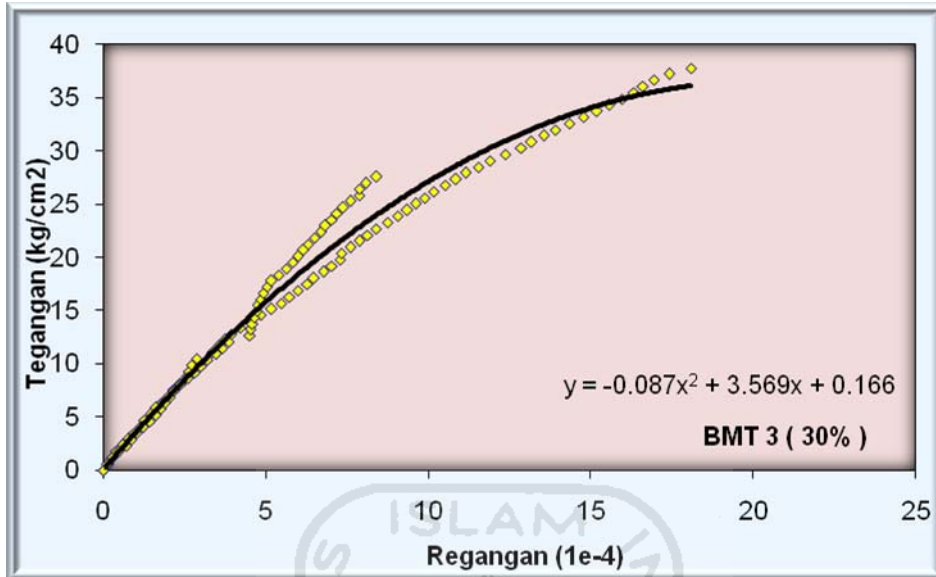
Sampel : BMT 1 (Beton Mutu Tinggi 20%)



Sampel : BMT 2 (Beton Mutu Tinggi 25%)



Sampel : BMT 3 (Beton Mutu Tinggi 30%)



Sampel : BMT 4 (Beton Mutu Tinggi 35%)

