

**TUGAS AKHIR**  
**“Pengaruh Penggantian Sebagian Semen dengan Fly Ash  
dan Pemberian Superplasticizer Terhadap Beton Mutu  
Tinggi dengan  $f'c$  Rencana 50 MPa”**



Disusun oleh :

**TRI PRATOMO**

**99 511 382**

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

**TUGAS AKHIR**  
**“Pengaruh Penggantian Sebagian Semen dengan Fly Ash  
dan Pemberian Superplasticizer Terhadap Beton Mutu  
Tinggi 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**



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

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**  
**”Pengaruh Penggantian Sebagian Semen dengan Fly Ash**  
**dan Pemberian Superplasticizer Terhadap Beton Mutu**  
**Tinggi dengan f’c Rencana 50 MPa”**



**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Teknik Sipil,**

**Ir. H. FAISOL AM, MS**  
**Tanggal :**

**Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh :**  
**Dosen Pembimbing,**

**Ir.H.A KADIR ABOE, MS**  
**Tanggal :**



# HALAMAN PERSEMBAHAN

Terima kasih saya ucapkan sebesar-besarnya buat kedua orang tua saya tercinta, karena tanpa doa dan motivasi dari orang tua, saya tidak dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima kasih juga saya ucapkan kepada Bapak Ir. H. Kadir Aboe, Ms atas bimbingan tugas akhir ini dan ilmu yang telah bapak berikan kepada saya, walaupun kadang saya terlalu sering datang menghadap untuk bimbingan tapi bapak tetap menerima saya dengan lapang hati.

Teima kasih juga saya ucapkan kepada Dosen dan Karyawan FTSP khususnya jurusan Teknik Sipil UII.

Buat teman-teman yang udah bantuin saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini khususnya ( Adek aswin, Adek yogi, Bang ucok, Mas arep, dr. Wahyu, dr. Rifki, Adek tiwi dll)

Buat temen-temen SIPIL yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu., terima kasih atas segala bantuan dan informasi yang diberikan kepada saya.

## **CAHAYA DIATAS CAHAYA**

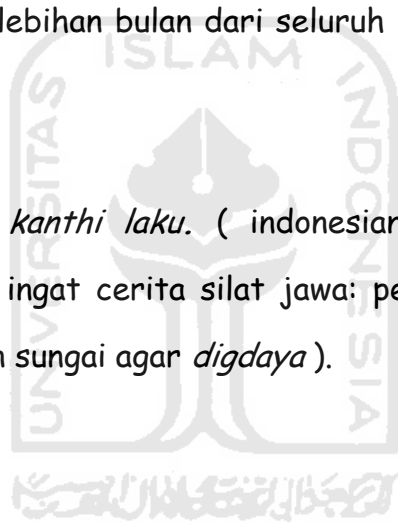
*4JJI adalah cahaya langit dan bumi  
Perumpamaan cahaya - Nya adalah ibarat misykat  
Dalam misykat itu ada pelita  
Pelita itu di dalam kaca  
Kaca itu laksana bintang berkilau  
Dinyalakan dengan minyak pohon yang diberkati  
Pohon zaitun yang bukan di timur atau di barat  
Yang minyaknya saja hampir - hampir menyala dengan sendirinya  
Walaupun tiada api menyentuhnya  
Cahaya di atas cahaya !  
4JJI menuntun kepada cahaya - Nya  
Siapa saja yang Ia kehendaki  
Dan 4JJI membuat perumpamaan bagi manusia  
Sungguh 4JJI mengetahui segalanya*

Ilmu itu laksana lemari yang tertutup rapat dan kunci pembukanya adalah pertanyaan. Oleh sebab itu bertanyalah kalian, karena sesungguhnya dalam tanya jawab diturunkan 4 (empat) macam pahala : yakni untuk yang bertanya, untuk orang yang berilmu yang menjawab pertanyaan, untuk para pendengar dan untuk orang yang mencintai mereka. (Majalah Nebula ESQ 165)

Barang siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah mempermudah baginya suatu jalan menuju surga. Sesungguhnya para Malaikat meletakkan sayapnya bagi orang yang menuntut ilmu karena ridhonya dengan apa yang mereka perbuat. (Majalah Nebula ESQ 165)

Sesungguhnya orang yang berilmu itu dimohonkan ampun oleh makhluk yang ada di langit dan yang ada di bumi, termasuk ikan yang di dalam air. Dan kelebihan orang berilmu dari orang yang beribadah tanpa ilmu itu adalah bagaikan kelebihan bulan dari seluruh bintang lain. (Majalah Nebula ESQ 165)

*Ngelmu iku kelakone kanthi laku.* ( indonesianya : menguasai ilmu itu perlu usaha keras, ingat cerita silat jawa: perlu bertapa di hutan-hutan atau di tempuran sungai agar *digdaya* ).



## KATA PENGANTAR



*Assalamu'Alaikum Wr. Wb*

Alhamdulillahil'alamin, segala puji kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayah-Nya kepada penyusun, sehingga atas barokah dan ridho-Nya, penyusun dapat menyelesaikan tugas akademik yang berupa Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Penggantian Sebagian Semen dengan Fly Ash dan Pemberian Superplasticizer Terhadap Beton Mutu Tinggi dengan f’c Rencana 50 MPa,”** yang diselesaikan selama kurang lebih 3,5 bulan.

Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi syarat menyelesaikan jenjang kesarjanaan Strata 1 pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selama menyelesaikan Tugas Akhir dan menyusun Laporan, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan kesempatan yang sangat berarti ini.
2. Bapak dan Ibu saya tercinta di Pemalang (JATENG), serta saudara – saudara saya, terima kasih atas do’a dan motivasinya selama ini.
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. Kakak saya, temen-temen PW terima kasih atas bantuannya selama ini dan doanya
7. 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

## ABSTRAKSI

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kuat desak beton mutu tinggi dan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan abu terbang dan penambahan Superplasticizer terhadap mutu kuat desak beton. Komposisi campuran Superplasticizer yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1% untuk semua variasi dan penambahan abu terbang sebanyak 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% dari berat semen. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder, mutu beton yang direncanakan 50 MPa yang diuji pada umur 28 hari dengan terlebih dahulu dilakukan perawatan sebelum pengujian. Penelitian ini menguji beton dengan benda uji silinder untuk uji tekan ( diameter 150 mm dan tinggi 300 mm ) sebanyak 70 sampel dan terdiri dari 7 variasi dan masing-masing variasi sebanyak 10 sampel. Dari penelitian diperoleh bahwa kuat desak beton yang tertinggi terdapat pada Campuran Beton variasi 5 (25%) yaitu sebesar 41,310 MPa dan kuat desak beton yang terendah terdapat pada Campuran Beton variasi 2 (10%) yaitu sebesar 37,38 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 (Sikament LN) yang terlalu banyak dan gradasi agregat yang dipakai seragam.

Pengaruh Fly Ash sebagai bahan tambah mengakibatkan terjadi reaksi pengikatan kapur bebas yang dihasilkan dalam proses hidrasi semen oleh silika yang terkandung dalam Fly Ash. Selain itu, 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, dan beton dengan campuran Fly Ash memiliki kuat tekan lebih tinggi daripada beton normal pada komposisi tertentu. Penggunaan Fly Ash memperlihatkan dua pengaruh abu terbang di dalam beton yaitu sebagai filler dan sebagai pozzolan. Selain itu abu terbang di dalam beton menyumbang kekuatan yang lebih baik dibanding dengan beton normal.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>ABSTRAKSI</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMBANG, NOTASI, DAN SINGKATAN</b> .....	xv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengertian Umum .....	4
2.2 Hasil Penelitian Yang Pernah Dilakukan .....	4
2.2.1 Muh.Rifai.S dan Haryadi (1997).....	4
2.2.2 Muzamel dan Budiono (1994).....	5
<b>BAB III. LANDASAN TEORI</b>	
3.1 Tinjauan Umum.....	6
3.2 Material Penyusun.....	6
3.2.1 Semen.....	6

3.2.2 Air.....	9
3.2.3 Agregat.....	10
3.2.4 Bahan Tambahan (Admixture).....	12
3.2.4.1 Superplasticizer.....	13
3.2.4.2 Abu Terbang (Fly Ash).....	14
3.3 Workability.....	15
3.4 Faktor Air Semen.....	15
3.5 Slump.....	17
3.6 Kuat Desak Beton.....	18
3.7 Modulus Elastis Beton.....	19
3.8 Perencanaan Campuran Beton.....	20
3.8.1 Persyaratan Kinerja.....	20
3.8.2 Faktor-faktor Yang Menentukan.....	21
3.8.3 Prosedur Proporsi Campuran Beton Kekuatan Tinggi.....	24

#### **BAB IV. METODELOGI PENELITIAN**

4.1 Bahan-bahan.....	30
4.2 Peralatan.....	30
4.3 Pemeriksaan Material yang digunakan.....	31
4.4 Perhitungan Campuran Beton.....	33
4.5 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji.....	38
4.6 Pengujian Kuat Desak.....	39
4.7 Langkah-langkah Penelitian.....	40

#### **BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN**

5.1 Umum.....	41
5.2 Proses Pembuatan Benda Uji.....	41
5.3 Berat Volume Beton.....	43
5.4 Nilai Slump Dan Workability.....	44
5.5 Analisis Kuat Desak Benda Uji.....	47
5.6 Perbandingan $f'_{cr}$ Rencana dan $f'_{cr}$ Hasil Penelitian.....	49

5.7 Hasil Uji Tegangan Regangan dan Modulus Elastis.....50

**BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1 Kesimpulan.....54

6.2 Saran.....55

**PENUTUP.....56**

**DAFTAR PUSTAKA.....57**

**LAMPIRAN.....59**



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Jenis-jenis semen portland menurut ASTM C 150.....	7
Tabel 3.2 Susunan unsur semen.....	8
Tabel 3.3 Empat senyawa dari semen portland.....	8
Tabel 3.4 Gradasi pasir.....	11
Tabel 3.5 Gradasi kerikil.....	11
Tabel 3.6 Sifat-sifat kimia Fly Ash.....	14
Tabel 3.7 Sifat-sifat fisik Fly Ash.....	14
Tabel 3.8 Spesifikasi abu terbang sebagai pozzolan.....	15
Tabel 3.9 Faktor air semen untuk setiap kondisi lingkungan.....	16
Tabel 3.10 Nilai slump untuk berbagai struktur.....	18
Tabel 3.11 Fraksi volume agregat kasar yang disarankan.....	25
Tabel 3.12 Estimasi pertama kebutuhan air pencampuran dan kadar udara beton segar berdasarkan pasir dengan 35% rongga udara.....	26
Tabel 3.13 Rasio $\left(\frac{W}{(c + p)}\right)$ Maksimum yang Disarankan (dengan <i>Superplasticizer</i> ) .....	26
Tabel 4.1 Proporsi Per m <sup>3</sup> Campuran (Berat Kering).....	37
Tabel 4.2 Proporsi per m <sup>3</sup> campuran (sesuai Kondisi Kebasahan Agregat).....	38
Tabel 5.1 Berat Volume Beton.....	43
Tabel 5.2 Nilai Slump pada tiap variasi.....	45
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kuat Desak Umur 28 Hari Dengan Nilai Rata-rata.....	48
Tabel 5.4 Hasil pengujian modulus elastis (Ec).....	52

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1 Flowchart pelaksanaan penelitian.....	40
Gambar 5.1 Grafik berat volume beton.....	43
Gambar 5.2 Grafik nilai slump pada tiap variasi.....	46
Gambar 5.3 Pecahan beton setelah diuji desak.....	49
Gambar 5.5 Kurva tegangan regangan beton umur 28 hari.....	51



## DAFTAR LAMPIRAN

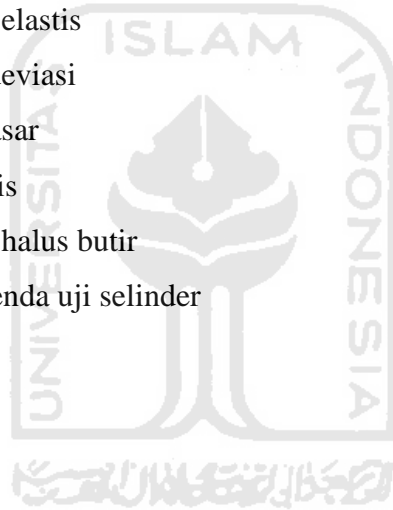
	Halaman
Lampiran A	Pemeriksaan material.....
Lampiran B	Mix design.....
Lampiran C	Hasil uji kuat desak.....
Lampiran D	Hasil uji tegangan regangan.....
Lampiran E	Data teknik Sikament LN .....
Lampiran F	Dokumentasi.....
Lampiran G	Lembar Konsultasi.....





## DAFTAR LAMBANG, NOTASI, DAN SINGKATAN

SNI	= <i>Standar Nasional Indonesia</i>
$f'c$	= Kuat tekan benda uji
$f'cr$	= Kuat tekan rata-rata pada perencanaan campuran beton
PC	= <i>Portland cement</i>
W	= Rasio total berat air
fas	= Faktor air semen, rasio berat air dan semen
P	= Beban maksimum yang dapat ditahan benda uji
A	= Luas tampang benda uji
$E_c$	= Modulus elastis
Sd atau s	= Standar deviasi
BD	= Beton Dasar
Bj	= Berat jenis
Mhb	= Modulus halus butir
t	= Tinggi benda uji selinder



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan pada dunia konstruksi beton akhir-akhir ini menuntut para produsen untuk terus berupaya melakukan inovasi dan pengembangan untuk menghasilkan produk beton dengan *performance* yang baik. Perkembangan teknologi beton yang terjadi saat ini juga menuntut *efektifitas* dan *efisiensi* baik dalam perencanaan campuran beton maupun proses pelaksanaan produksi beton itu sendiri. Oleh karena itu untuk mendapatkan suatu alternative baru dalam teknologi beton dengan menggunakan semen yang seefisien mungkin. Dalam pembangunan gedung-gedung bertingkat tinggi dan bangunan-bangunan massal lainnya dibutuhkan beton kekuatan tinggi, beton mutu tinggi merupakan pilihan yang tepat.

Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 (*Pd T-18-1999-03*) didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa. Upaya untuk mendapatkan beton mutu tinggi yaitu dengan meningkatkan mutu material pembentuknya, misalnya kekerasan agregat dan kehalusan butir semen.

Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan cara memberikan suatu bahan pengganti dan bahan tambah, dari beberapa bahan pengganti dan bahan tambah diantaranya adalah abu terbang (*Fly Ash*) dan penambahan *Superplasticizer*. Bahwa dengan penambahan abu terbang (*Fly Ash*) selain dapat meningkatkan mutu beton juga dapat mempengaruhi tegangan dan regangan pada beton.

*Fly Ash* adalah sisa hasil proses pembakaran batu bara yang keluar dari tungku pembakaran, sedangkan sisa batu bara yang berada pada dasar tungku disebut dengan *Bottom Ash*. Mengingat kebutuhan beton meningkat setiap tahunnya maka perlu penanggulangannya. limbah *Fly Ash* dapat mengakibatkan dampak lingkungan yang cukup membahayakan terutama polusi udara terhadap

kehidupan sekitarnya. Oleh sebab itu, diupayakan agar *Fly Ash* dapat menjadi bahan yang berguna.

Pemanfaatan *Fly Ash* salah satunya sebagai bahan campuran pembuatan beton. Selain itu untuk mencapai kekuatan beton yang tinggi, jumlah air harus dikurangi. Tetapi ini akan menyebabkan kesukaran dalam pengerjaan beton. Oleh karena itu diperlukan bahan tambah *Superplasticizer* yang mampu mereduksi air, sehingga beton akan mencapai kekuatan maksimal, sedangkan *workability* atau kemudahan dalam pengerjaan beton itu sendiri tetap terjaga.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diambil rumusan masalah yaitu:

1. Benarkah kuat desak yang dihasilkan beton dengan penambahan *Superplasticizer (Sikament LN)* dan penggantian sebagian semen dengan *Fly Ash* lebih tinggi dari kuat desak beton normal.
2. Berapa besar peningkatan kekuatan beton pada umur 28 hari dengan penambahan *Superplasticizer (Sikament LN)* dan pemakaian *Fly Ash*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kuat desak beton dari tiap-tiap persentase variasi penggunaan bahan pengganti semen *Fly Ash* dan *Superplasticizer (Sikament LN)* dalam campuran beton.
2. Untuk mengetahui persentase variasi penggunaan bahan pengganti semen *Fly Ash* dan *Superplasticizer (Sikament LN)* yang menghasilkan kuat desak maksimum.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu memperoleh informasi dan masukan tentang kuat desak beton dengan campuran beton mutu

tinggi yang menggunakan bahan tambah *Superplasticizer (Sikament LN)*, dan *Fly Ash* sebagai bahan pengganti semen.

### 1.5 Batasan Masalah

Sebagai batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kuat desak beton rencana ( $f'c$ ) pada umur 28 hari 50 Mpa
2. Metode perhitungan menggunakan SNI 03-6468-2000 (Pd-T-18-1999-03)
3. Penelitian ini membandingkan kuat desak beton normal terhadap kuat desak beton yang menggunakan bahan tambah *Superplasticizer (Sikament LN)* dan *Fly Ash* sebagai pengganti semen (PC).
4. *Fly Ash* berasal dari sisa pembakaran batubara pada proyek PLTU Cilacap dan persentase variasi *Fly Ash* kelas C sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% dengan penambahan *Superplasticizer (Sikament LN)* sebesar 1%, dari berat bahan bersifat semen.
5. Penelitian menggunakan benda uji yang berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 70 silinder beton dalam 7 variasi.
6. Bahan pembuat beton : semen tipe I dengan merek Semen Gresik, agregat halus dari Kali Gendol, agregat kasar dari Clereng, air yang digunakan dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UIL.
7. Perawatan beton dilakukan dengan perendaman dalam air sampai diuji.
8. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Umum**

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

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan terhadap *Fly Ash* dan *Superplasticizer*, diketahui bahwa *Fly Ash* mempunyai sifat pozzolan dengan ukuran butir yang sangat halus. Dari komposisi tertentu dari berat semen, *Fly Ash* dapat digunakan sebagai bahan tambah beton untuk meningkatkan kualitas beton dalam hal kekuatan, kedap air dan ketahanan terhadap sulfat. Sebagai bahan campuran beton, maka mutu dari *Fly Ash* harus memenuhi persyaratan kimia dan fisik berdasarkan ASTM C 618 – 96. Sedangkan pengaruh *Superplasticizer* secara tidak langsung akan meningkatkan kinerja beton segar berupa peningkatan *workabilitas* dan kekuatan beton. Biasanya dengan penambahan *Superplasticizer* dapat menaikkan nilai slump antara 17,5 – 22,5 cm, maka dari itu bahan ini cocok untuk pemakaian adukan beton pada struktur beton berkekuatan tinggi.

#### **2.2 Hasil Penelitian yang Pernah Dilakukan**

##### **2.2.1 Muh. Rifai.S dan Haryadi (1997)**

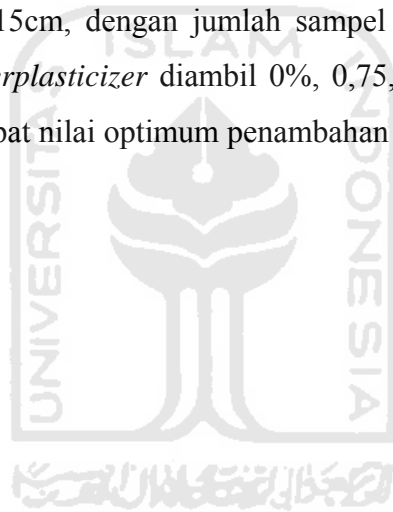
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muh. Rifai.S dan Haryadi (1997) dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Tegangan beton untuk umur mudah (dibawah 21 hari) akan memberikan hasil sedikit lebih rendah dibandingkan beton tanpa *Fly Ash*.
2. 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

3. 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.
4. Bertambah persentase *Fly Ash* yang digunakan bertambah pula nilai slumpnya.

### 2.2.2 Muzamel dan Budiono (1994)

Hasil tes laboratorium atas sampel beton pada mutu 28 Mpa dengan bahan tambah kimia *Superplasticizer*. Percobaan dilakukan dengan sampel berbentuk kubus berukuran 15x15x15cm, dengan jumlah sampel sebanyak 6 tiap variasi. Variasi penambahan *Superplasticizer* diambil 0%, 0,75, 1%, 2.5%, dan 4% dari pengujian kuat tekan didapat nilai optimum penambahan *Superplaticizer* sebanyak 1% pada umur 28 hari.



## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Tinjauan Umum**

Beton didapat dari percampuran bahan aktif dan bahan pasif pada perbandingan tertentu. Bahan aktif yaitu semen dan air, sedangkan bahan pasif adalah pasir dan kerikil. Kelompok yang aktif sebagai perekat dan kelompok yang pasif sebagai bahan pengisi. Campuran kedua bahan diatas bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan yang memiliki kekuatan desak tinggi. Oleh karena itu, beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan.

Teknologi beton tidaklah statis saja namun terus berkembang sejalan dengan perkembangan pembangunan khususnya dibidang konstruksi. Penelitian untuk mendapatkan suatu alternatif baru dalam teknologi beton perlu sekali dilaksanakan. Tujuan untuk mendapatkan suatu beton dengan kuat desak tinggi menggunakan semen yang seefisien mungkin. Penambahan bahan pozzolan *Fly Ash* dan *Superplasticizer* merupakan salah satu alternative untuk mendapatkan kuat desak beton yang baik.

#### **3.2 Material Penyusun**

##### **3.2.1 Semen**

Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Menurut SNI 15-2049-1994, semen Portland diklasifikasikan dalam lima jenis sebagai berikut:

**Tabel 3.1 Jenis-jenis Semen Portland menurut ASTM. 150**

Jenis Semen	Sifat Pemakain	Kadar Senyawa (%)				Panas Hidrasi 7 hr (J/g)
		C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> Af	
I	Normal	50	24	11	8	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	250
III	Kekuatan Awal Tinggi	60	13	9	8	500
IV	Panas Hidrasi Rendah	26	50	5	12	210
V	Tahan Sulfat	40	40	9	9	250

Keterangan :

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 atau kalor hidrasi sedang.
3. **Jenis III :** Semen Portland yang penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. **Jenis IV :** Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalori hidrasi rendah.
5. **Jenis V :** Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

(Kardiyono Tjokrodimulyo, 1995)

Semen Portland terutama terdiri dari Oksida Kapur ( $CaO$ ), Oksida Silica ( $SiO_2$ ), Oksida Alumina ( $Al_2O_3$ ) dan Oksida Besi ( $Fe_2O_3$ ). Kandungan dari keempat oksida kurang lebih 95% dari berat semen dan biasanya disebut “Major Oksides”, sedangkan sisanya sebanyak 5% terdiri dari Oksida Magnesium ( $MgO$ ) dan oksida lain. Komposisi spesifik semen Portland tergantung pada jenis semen



dan komposisi bahan baku yang dipergunakan. Susunan Oksida semen Portland adalah sebagai berikut::

**Tabel 3.2 Susunan Oksida Semen Portland**

Oksida	Rata-rata (%)
Kapur [ $CaO$ ]	63
Silica [ $SiO_2$ ]	22
Alumina [ $Al_2O_3$ ]	7
Besi [ $Fe_2O_3$ ]	3
Magnesium [ $MgO$ ]	2
Sulfur [ $SO_3$ ]	2

Sifat-sifat kimia dari bahan pembentuk ini mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan, sebagai mana susunan kimia yang terjadi diperoleh senyawa dari semen Portland yaitu sebagai berikut:

**Tabel 3.3 Empat Senyawa dari Semen Portland**

Nama senyawa	Rumus Oksida	Notasi	Kadar Rata-rata
Tricalcium Silikat	$3CaO.SiO_2$	$C_3S$	50
Dicalcium Silikat	$2CaO.SiO_2$	$C_2S$	25
Tricalcium Alumet	$3CaO.Al_2O_3$	$C_3A$	12
Tetracalcium Aluminoforit	$4CaO.Al_2O_3.FeO_3$	$C_4AF$	8

Keempat Oksida utama pada semen akan membentuk senyawa-senyawa yang biasa disebut:

### 1. Trikalسيوم Silikat $C_3S$

Sifat  $C_3S$  hampir sama dengan sifat semen, yaitu apabila ditambahkan air akan menjadi kaku dan dalam beberapa jam saja pasta akan mengeras.  $C_3S$  menunjang kekuatan awal semen dan menimbulkan panas hidrasi  $\pm 500$

joule/gram. Kandungan  $C_3S$  pada semen Portland bervariasi antara 35%-55% tergantung pada jenis semen Portland.

## 2. Dikalsium Silikat $C_2S$

Sifat  $C_2S$ , pada penambahan air segera terjadi reaksi, menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan sedikit panas yaitu  $\pm 250$  joule/gram. Pasta yang mengeras, perkembangan kekuatannya stabil dan lambat dalam beberapa minggu, kemudian mencapai kekuatan tekan akhir hampir sama dengan  $C_3S$ . Kandungan  $C_2S$  pada semen Portland bervariasi antara 15%-30% dan rata-rata 25%

## 3. Trikalsium Aluminat $C_3A$

Sifat  $C_3A$ , dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi yaitu  $\pm 850$  joule/gram. Perkembangan kekuatan terjadi pada satu sampai dua hari, tetapi sangat rendah. Kandungan  $C_3A$  pada semen Portland bervariasi antara 7%-15%.

## 4. Tetracalsium aluminoferrite $C_4AF$

Sifat  $C_4AF$ , dengan air bereaksi dengan cepat dengan pasta terbentuk dalam beberapa menit, menimbulkan panas hidrasi  $\pm 420$  joule/gram. Warna abu-abu pada semen dipengaruhi oleh  $C_4AF$ . Kandungan  $C_4AF$  pada semen Portland bervariasi antara 5%-10% dan rata-rata 8%.

### 3.2.2 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang dapat menjadi pasta pengikat agregat. Air juga dapat berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air dapat menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap:

1. Sifat workability adukan beton
2. Besar kecilnya nilai susut beton

3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu.
4. Perawatan adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

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

Penggunaan air untuk beton sebaiknya air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut, (**Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992**) :

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

### 3.2.3 Agregat

Agregat merupakan salah satu jenis pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Ini karena agregat menempati kira-kira sebanyak 70% volume mortar atau beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan.

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain:

1. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari 3/4 kali jarak bersih antar baja tulangan atau antar tulangan dan cetakan.
2. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari 1/3 kali tebal pelat.
3. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari 1/5 kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Untuk mendapatkan beton yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi

diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm.

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03, kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Batas-batas jenis pasir tercantum dalam tabel 3.4. Dibawah ini:

**Tabel 3.4 Gradasi Pasir**

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
1,0	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
1,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

Daerah I : Pasir kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah IV: Pasir halus

**Tabel 3.5 Gradasi Kerikil**

Lubang Ayakan (mm)	Persen butir yang lewat ayakan	
	Berat butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

### 3.2.4 Bahan Tambah (Admixture)

Sesuai dengan namanya, bahan tambah merupakan bahan tambah pada suatu campuran beton yang bertujuan untuk kepentingan tertentu. Oleh karena itu, penggunaan bahan tambah harus benar-benar dipertimbangkan, misalnya: campuran yang kaku dapat diubah menjadi lebih plastis dan kohesif dengan penambahan bahan untuk menjadi plastis (*plasticizer*). Karena suatu bahan campuran pada umumnya dimasukan dalam campuran beton dalam jumlah yang relatif kecil, maka tingkatan kontrolnya harus lebih besar dari pada pekerjaan beton biasa. Hal ini untuk menjamin agar tidak terjadi kelebihan dosis. Pada pelaksanaan selalu ada usaha untuk menyimpang dari keadaan normal. Kesukaran dan biaya yang dialami dalam kontrol yang dibutuhkan, kadang-kadang lebih besar dari keuntungan yang didapat dari penggunaan bahan tambah. Bahan tambah yang berlebihan dapat menurunkan sekali kekuatan atau sifat-sifat beton yang lain (**L.J. Murdock dan K.M. Brook**).

Agar dapat memahami kecocokan suatu bahan campuran, maka unsur-unsurnya yang aktif harus diketahui, ini karena beberapa sifat beton mungkin diperbaiki oleh salah satu unsur bahan tambah tersebut, tetapi pengaruh penurunan terhadap sifat-sifat lainnya mungkin disebabkan oleh unsur lainnya.

Menurut SK SNI S-18-1990-03 (Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton), bahan kimia dapat dibedakan dalam lima jenis:

1. Bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.
2. Bahan kimia tambahan untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan untuk misalnya untuk satu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara nilai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.
3. Bahan kimia tambahan untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera,

misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang jembatan dan sebagainya.

4. Bahan kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.
5. Bahan kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan.

#### **a. Superplasticizer**

*Superplasticizer* adalah bahan tambah kimia (*Chemical Admixture*) yang mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workabilitas* beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Alternatif lain, bahan ini dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan *workabilitas* yang sama (**L.J. Murdock dan K.M.Brook**).

Keistimewaan penggunaan *Superplasticizer* dalam campuran pasta semen maupun campuran beton antara lain:

1. Menjaga kandungan air dan semen tetap konstan sehingga didapatkan campuran dengan *workabilitas* tinggi.
2. Mengurangi jumlah air dan menjaga kandungan semen dengan kemampuan kerjanya tetap sama serta menghasilkan faktor air semen yang lebih rendah dengan kekuatan yang lebih besar.
3. Mengurangi kandungan air dan semen dengan faktor air semen yang konstan dengan meningkatkan kemampuan kerjanya sehingga menghasilkan beton dengan kekuatan yang sama tetapi menggunakan semen yang lebih sedikit.
4. Tidak adanya udara yang masuk, penambahan 1% udara kedalam beton dapat menyebabkan pengurangan strength rata-rata 6%.
5. Tidak adanya pengaruh korosi terhadap tulangan.

**b. Abu Terbang (*Fly Ash*)**

*Fly Ash* berasal dari penyaringan sisa pembakaran batu bara yang keluar melalui cerobong asap dengan alat *Presipitator*, *silkon* atau kantong-kantong filter.

Persyaratan kimia *Fly Ash* menurut (SK SNI S-15-1990-F) dapat dilihat pada tabel 3.6 :

**Tabel 3.6 Persyaratan Kimia *Fly Ash***

No	Senyawa	Kadar (%)
1.	Jumlah Oksida $SiO_2+Al_2O_3++Fe_2O_3$ minimum	70
2.	$SO_3$ maksimum	5
3.	Hilang pijar maksimum	6
4.	Kadar air maksimum	3
5.	Total alkali dihitung sebagai $Na_2O$ maksimum	1.5

Persyaratan fisik *Fly Ash* menurut (SK SNI S-15-1990-F) dapat dilihat pada tabel 3.7 dibawah ini:

**Tabel 3.7 Persyaratan Fisik *Fly Ash***

No	Sifat fisik	Data yang ada
1.	Berat Jenis	1,99-2,40 gr/cm <sup>2</sup>
2.	Kehalusan Butir	163-227,19 m <sup>2</sup> /kg
3.	Kadar Air	0,55-4,6 %

Komponen yang paling utama dikandung abu terbang adalah Oksida Silika ( $SiO_2$ ). Abu terbang jika digunakan sebagai pozzolan dapat dibedakan menjadi dua kelas, yaitu kelas C dan kelas F. Dapat dilihat pada tabel 3.8 dibawah ini:

**Tabel 3.8 Spesifikasi Abu Terbang sebagai Pozzolan**

<b>Komposisi kimia</b>	<b>Kelas C (%)</b>	<b>Kelas F (%)</b>
Total SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Min 50	Min 50
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	Max 3	Max 5
Kadar air	Min 3	Min 3
Hilang pijar	Max 6	Max 12

### 3.3 Workability

*Workability* sulit untuk didefinisikan dengan tepat, namun sering diartikan sebagai tingkat kemudahan pengerjaan campuran beton untuk diaduk, dituang, diangkat dan dipadatkan. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antara lain (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992):

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran beton, makin banyak air yang dipakai, makin mudah beton segar itu dikerjakan
2. Penambahan semen kedalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan betonnya, karena pasti diikuti penambahan air campuran untuk memperoleh nilai faktor air semen tetap.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil, jika campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan maka adukan beton mudah dikerjakan.
4. Pemakaian butiran yang bulat memudahkan cara pengerjaan
5. Pemakaian butiran maksimum kerikil yang dipakai berpengaruh terhadap cara pengerjaan
6. Cara pemadatan beton menentukan sifat pekerjaan yang berbeda.
7. Selain itu, beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan adalah jumlah kadar udara yang terdapat di dalam beton dan penggunaan bahan tambah dalam campuran beton.

### 3.4 Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton, faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan



beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Meskipun faktor air semen yang rendah akan menyulitkan proses pemadatan sehingga kekuatan beton menjadi kurang padat, oleh sebab itu ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum (**Kardiyono Tjokrodimulyo**, 1996).

Perbandingan faktor air semen dengan kondisi lingkungan dapat dilihat pada tabel 3.9:

**Tabel 3.9 Faktor air semen untuk setiap kondisi lingkungan**

	Kondisi Lingkungan		
	Kondisi Normal	Basah kering berganti-ganti	Dibawah pengaruh sulfat/air laut
Koreksi langsing atau yang hanya mempunyai penutup tulangan kurang dari 25 mm	0,53	0,49	0,40
Struktur dinding penahan tanah, pilar, balok, abutmen.	*	0,53	0,44
Beton yang tertanam dalam pilar, balok, kolom	-	0,44	0,44
Struktur lantai beton diatas tanah	*	-	-
Beton yang terlindung dari perubahan udara (konstruksi interior bangunan)	*	-	-

\* Rasio air semen ditentukan berdasarkan persyaratan kekuatan tekan rencana (**Tim penyusun Struktur Beton**, 1999)

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus **Duff Abrams** (1919) sebagai berikut:

$$f'c = \frac{A}{B^{1.5 \cdot x}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :  
 f'c = Kuat desak beton  
 X = Faktor air semen  
 A,B = Konstanta

Dengan demikian semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat desak betonnya, walaupun apa bila dilihat dari rumus tersebut tampak bahwa semakin kecil faktor air semen semakin tinggi kuat desak beton, tetapi nilai faktor air semen yang rendah akan menyulitkan pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat. Dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan beton yang mempunyai faktor air semen minimal dan cukup untuk memberikan workability tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang baik.

Pada beton mutu tinggi, faktor air semen dapat diartikan sebagai *water to cementious ratio*, yaitu rasio total berat air (termasuk air yang terkandung dalam agregat dan pasir) terdapat berat total semen dan *additive cementious* yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi (Supartono, 1998). Pada beton mutu tinggi nilai faktor air semen ada dalam rentang 0,2 – 0,5 (SNI 03-6468-2000). Bahan ikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen dan *Fly Ash* (sebagai pengganti semen). Rumus yang digunakan pada beton mutu tinggi adalah:

$$fas = \frac{W}{(c + p)} \dots\dots\dots(3.2)$$

- Dimana :
- Fas = Faktor air semen
  - W = Rasio total berat air
  - c = Berat semen
  - p = Berat bahan tambah pengganti semen

Nilai faktor air semen pada beton mutu tinggi termasuk berat air yang terkandung dalam agregat. Faktor air semen pada kondisi agregat kering oven.

### 3.5 Slump

Slump merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. Slump merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaannya (nilai workability tinggi). Nilai slump berbagai macam struktur diperlihatkan dalam tabel 3.10:

**Tabel 3.10 Nilai Slump untuk berbagai macam struktur**

Uraian	Nilai Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	80	25
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi dibawah tanah	80	25
Pelat, balok, kolom dan dinding	100	25
Perkerasan jalan	80	25
Pembetonan massal	50	25

**Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992**

### 3.6 Kuat Desak Beton

Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik.

Kekuatan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm<sup>2</sup> atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm<sup>2</sup> sampai 500 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai kuat beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar. Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah pengujian standar ASTM C 39 atau menurut yang disyaratkan PBI 1989.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :  $f'c$  = Kuat desak beton

P = Beban maksimum

A = Luas penampang benda uji

Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain  
(**Kardiyono Tjokrodimulyo, 1995**):

1. Pengaruh semen Portland
2. Pengaruh dari perbandingan adukan beton
3. Pengaruh air untuk membuat adukan
4. Pengaruh umur beton
5. Pengaruh waktu pencampuran
6. Pengaruh perawatan
7. Pengaruh bahan campuran tambahan

### 3.7 Modulus Elastisitas Beton

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 ( $E_c$ ).

Tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan itu (Murdok & Brook, 1999)

Untuk menghitung besarnya modulus elastisitas, dapat digunakan formulasi sebagai berikut:

$$E_c = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana :  $E_c$  = Modulus Elastisitas

$\sigma$  = Tegangan pada saat sebanding

$\varepsilon$  = Regangan pada saat sebanding

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.

### 3.8 Perencanaan Campuran Beton

Tata cara perencanaan beton kekuatan tinggi dengan semen dan abu terbang ini dapat digunakan untuk menentukan proporsi campuran semen beton kekuatan 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. Metode perhitungan yang dipergunakan adalah *SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03)*.

#### 3.8.1 Persyaratan Kinerja

##### 1. Umur Uji

Kuat tekan yang disyaratkan untuk menentukan proporsi campuran beton kekuatan tinggi dapat dipilih untuk umur 28 hari atau 56 hari.

##### 2. Kuat Tekan Yang Disyaratkan

Untuk mencapai kuat tekan yang disyaratkan, campuran harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga kuat tekan rata-rata dari hasil pengujian dilapangan lebih tinggi dari pada kuat tekan yang disyaratkan.

Produsen beton boleh menentukan proporsi campuran beton kekuatan tinggi berdasarkan pengalaman dilapangan berdasarkan pada kekuatan tekan rata-rata yang ditargetkan ( $f'_{cr}$ ) dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$f'_{cr} = f'_c + (1,34xs) \dots\dots\dots(3.5)$$

$$f'_{cr} = (0,90xf'_c) + (2,3xs) \dots\dots\dots(3.6)$$

Dalam hal ini produsen beton menentukan proporsi campuran beton kekuatan tinggi berdasarkan campuran coba dilaboratorium, kekuatan tekan rata-rata yang ditargetkan ( $f'_{cr}$ ) dapat ditentukan dengan persamaan:

$$f'_{cr} = \frac{(f'c + 9,66)MPa}{0,90} \dots\dots\dots(3.7)$$

### 3. Persyaratan Lain

Beberapa persyaratan lain yang dapat mempengaruhi pemilihan bahan dan proporsi campuran beton antara lain:

- a. Modulus Elastisitas
- b. Kuat Tekan dan Kuat Lentur
- c. Panas Hidrasi
- d. Rangkak dan Susut akibat pengeringan
- e. Permeabilitas
- f. Waktu Pengikatan
- g. Metode Pengecoran dan Kelecekan

#### 3.8.2 Faktor-faktor Yang Menentukan

##### 1. Pemilihan Bahan

Proporsi campuran yang optimum harus ditentukan dengan mempertimbangkan karakteristik semen Portland dan abu terbang, kualitas agregat, proporsi pasta, interaksi agregat pasta, macam dan jumlah bahan campuran tambahan dan pelaksanaan pengadukan. Hasil evaluasi tentang semen Portland, abu terbang, bahan campuran tambahan, agregat dari berbagai sumber, serta berbagai macam proporsi campuran, dapat digunakan untuk menentukan kombinasi bahan yang optimum.

##### a. Semen Portland (PC)

Semen Portland harus memenuhi SNI 15-2049-1994 tentang mutu dan Cara Uji Semen Portland. Semen yang dipakai adalah Tipe I semen PC Gresik.

##### b. Abu Terbang

Abu terbang harus memenuhi SNI 15-2460-1991 tentang Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Tambahan untuk Campuran Beton. Abu terbang yang

disarankan untuk digunakan dalam beton kekuatan tinggi adalah yang mempunyai nilai hilang pijar maksimum 3%, kehalusan butir yang tinggi, dan berasal dari suatu sumber dengan mutu seragam.

**c. Air**

Air harus memenuhi SK SNI S-04-1989-F tentang Spesifikasi Bahan Bangunan bagian A (Bahan Bangunan bukan Logam).

**d. Agregat Kasar**

Agregat kasar yang digunakan adalah agregat normal yang sesuai dengan SNI 03-1750-1990 tentang Mutu dan Cara Uji Agregat Beton. Ukuran nominal agregat maksimal 20 mm atau 25 mm, jika digunakan untuk membuat beton berkekuatan sampai 62,1 MPa, dan ukuran 10 mm atau 15 mm, jika digunakan untuk beton berkekuatan lebih besar dari pada 62,1 MPa. Secara umum, untuk rasio air bahan bersifat semen  $W/(c+p)$  yang sama, agregat yang ukuran maksimalnya lebih kecil akan menghasilkan kekuatan beton yang lebih tinggi.

**e. Superplasticizer**

*Superplasticizer* harus memenuhi SNI 03-2495-1991 tentang Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton. Bila *Superplasticizer* yang digunakan berbentuk cair, maka kadarnya dinyatakan dalam satuan ml/kg (c+p), dan bila berbentuk tepung halus jumlahnya dinyatakan dalam berat kering gr/kg (c+p).

**2. Rasio Air dengan Bahan Bersifat Semen**

Rasio air dengan bahan yang bersifat semen  $W/(c+p)$  harus dihitung berdasarkan perbandingan berat. Berat yang dikandung oleh *Superplasticizer* berbentuk cair harus diperhitungkan dalam  $W/(c+p)$ . Perbandingan  $W/(c+p)$  untuk beton kekuatan tinggi secara tipikal ada dalam rentang nilai 0,2-0,5.

### 3. Kelecakan

Kelecakan adalah kemudahan pengerjaan yang meliputi pengadukan, pengecoran, pemadatan dan penyelesaian permukaan (*finishing*) tanpa terjadi segregasi.

### 4. Slump

Beton kekuatan tinggi harus diproduksi dengan slump terkecil yang masih memungkinkan adukan beton di lapangan untuk dicor dan dipadatkan dengan baik. Slump yang digunakan umumnya sebesar 50-100 mm. Bila menggunakan *Superplasticizer*, nilai slump boleh lebih dari 200 mm.

### 5. Pengukuran Kekuatan

#### a. Metode Pengujian

Metode pengujian yang digunakan adalah berdasarkan SNI, kecuali jika terdapat indikasi adanya penyimpangan akibat karakteristik beton kekuatan tinggi tersebut. Kekuatan potensial untuk satu set bahan tertentu dapat ditetapkan hanya bila benda uji telah dibuat dan di uji pada kondisi standar. Minimum dua benda uji harus diuji untuk setiap umur dan kondisi uji.

#### b. Ukuran Benda Uji

Ukuran benda uji silinder yang dapat digunakan adalah 150 x 300 mm atau 100 x 200 mm sebagai benda uji standar untuk mengevaluasi kekuatan tekan beton kekuatan tinggi. Hasil uji silinder 150 x 300 mm tidak boleh di pertukarkan dengan silinder 100 x 200 mm.

#### c. Cetakan

Cetakan benda uji dibuat sesuai dengan SNI 03-2493-1991

#### d. Kaping benda Uji

Benda uji harus dikaping dengan bahan kaping sesuai dengan ketentuan beton yang diuji. Tebal lapisan kaping harus setipis mungkin yaitu 1,5-3 mm.



untuk beton dengan kekuatan lebih besar dari 69 MPa lebih baik jika permukaan beton diratakan dengan cara digerinda.

**e. Mesin Uji**

Mesin uji harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Kekuatan Lateral Minimum 17874 kg/cm.
2. Kekuatan Longitudinal Minimum 178740 kg/cm.

**3.8.3 Prosedur Proporsi Campuran Beton Kekuatan Tinggi**

Perancangan proporsi campuran harus mengikuti prosedur sebagai berikut:

**1. Tentukan slump dan kekuatan rata-rata yang ditargetkan.**

Slump untuk beton kekuatan tinggi tanpa *superplasticizer* dapat diambil sebesar 50-100 mm disesuaikan dengan kondisi pembetonan. Slump awal untuk beton kekuatan tinggi dengan *superplasticizer* dapat diambil sebesar 200-500 mm.

**2. Ukuran Agregat Kasar**

Untuk agregat tekan rata-rata  $<62,1$  MPa digunakan ukuran agregat maksimum 20-25 mm. untuk tekan rata-rata  $>62,1$  MPa digunakan ukuran agregat maksimum 10-15 mm. ukuran agregat kasar maksimum sesuai SNI 03-2947-1992, yaitu:

- a.  $1/5$  lebar minimum acuan
- b.  $1/3$  tebal pelat beton
- c.  $3/4$  jarak bersih minimum antar batang tulangan

**3. Kadar Agregat Kasar Optimum**

Kadar agregat kasar optimum digunakan bersama-sama dengan agregat halus yang mempunyai nilai 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 yang disarankan berdasarkan besarnya ukuran agregat maksimum, tercantum dalam tabel dibawah ini:

**Tabel 3.11 Fraksi Volume Agregat Kasar**

Ukuran (mm)	10	15	20	25
Fraksi Volume 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 3.12

Bentuk butiran dan tekstur permukaan agregat halus berpengaruh pada kadar rongga udara pasir, karena itu kadar udara yang aktual dan kadar air harus dikoreksi dengan persamaan (3.8) dan (3.9).

$$\text{Kadar Rongga Udara (V)} = \left(1 - \left(\frac{X}{Y}\right)\right) \times 100\% \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana : X = Berat isi padat kering oven  
Y = Berat jenis relatif kering

$$\text{Koreksi Kadar Air, liter/m}^3 = (V-35) \times 4,75 \dots\dots\dots (3.9)$$

Penggunaan persamaan (3.9) mengakibatkan penyesuaian air sebanyak 4,75 liter/m<sup>3</sup> untuk setiap persen (%) penyimpangan kadar udara dari 35%.

**Tabel 3.12 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. Tentukan Rasio Air dengan Bahan Bersifat Semen

Rasio  $W/(c+p)$  untuk beton dengan *Superplasticizer* dihitung dengan tabel 3.13

**Tabel 3.13 Rasio  $W/(c+p)$  Maksimum (dengan *Superplasticizer*)**

Kekuatan Lapangan $f'_{cr}$ (MPa)		$W/(c+p)$			
		Ukuran Agregat Maksimum (mm)			
		10	15	20	25
48,3	28 hari	0,50	0,48	0,45	0,43
	56 hari	0,55	0,52	0,48	0,46
55,2	28 hari	0,44	0,42	0,40	0,38
	56 hari	0,48	0,45	0,42	0,40
62,1	28 hari	0,38	0,36	0,35	0,34
	56 hari	0,42	0,39	0,37	0,36
69,0	28 hari	0,33	0,32	0,31	0,30
	56 hari	0,37	0,35	0,33	0,32
75,9	28 hari	0,30	0,29	0,27	0,27
	56 hari	0,33	0,31	0,29	0,29
82,8	28 hari	0,27	0,26	0,25	0,25
	56 hari	0,30	0,28	0,27	0,26

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

## 6. Tentukan 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 alternatif atau metode perancangan proporsi beton lain.

## 7. Proporsi Campuran Dasar tanpa Bahan Bersifat Semen lainnya

Salah satu campuran harus dibuat hanya dengan semen Portland saja sebagai campuran dasar.

Penentuan proporsi campuran dasar harus menggunakan persyaratan berikut:

- a. **Kadar semen**, karena semen Portland merupakan satu-satunya bahan bersifat semen yang digunakan, maka kadar semen sama dengan kadar bersifat semen.
- b. **Kadar pasir**, sesudah ditentukan kadar agregat kasar, kadar air, kadar udara dan kadar semen, maka pasir dapat dihitung dengan menggunakan *Metode Volume Absolut*.

## 8. Proporsi Varian Campuran dengan Abu Terbang

- a. Tipe Abu Terbang (*Fly Ash*) harus sesuai dengan Pd M-09-1997-03
- b. Berat Abu Terbang, setelah persentase penggantian semen Portland ditentukan, berat abu terbang yang akan digunakan untuk setiap varian campuran coba dapat dihitung dengan mengalikan berat bahan semen total dengan persentase penggantian yang telah ditentukan.
- c. Volume Abu Terbang, adalah volume total bahan bersifat semen dikurangi volume semen Portland
- d. Kadar pasir, ditentukan dengan metode Volume Absolut adalah  $1 \text{ m}^3$  dikurangi volume per  $m^3$  beton dari semen Portland, abu terbang, agregat kasar, air dan rongga udara.

## 9. Campuran Coba

Dari setiap proporsi campuran harus dibuat campuran coba untuk pemeriksaan karakteristik kelecakan dan kekuatan beton dari proporsi tersebut.

Berat pasir, berat agregat kasar dan volume air harus dikoreksi sesuai kondisi kebasahan agregat saat itu.

## 10. Penyesuaian Proporsi Campuran Coba

Bila sifat-sifat beton yang diinginkan tidak tercapai, maka proporsi campuran coba semula harus dikoreksi.

### a. Slump Awal

Jika slump awal campuran coba di luar rentang slump yang diinginkan, maka pertama-tama yang harus dikoreksi adalah kadar air. Kemudian kadar bersifat semen dikoreksi agar rasio  $W/(c + p)$  tidak berubah, dan kemudian baru dilakukan koreksi kadar pasir untuk menjamin tercapainya slump yang diinginkan.

### b. Kadar Agregat Kasar

Setelah campuran coba dikoreksi untuk mencapai kelecakan yang direncanakan, harus dilihat apakah campuran menjadi terlalu kasar untuk pengecoran.

Bila perlu, kadar agregat kasar boleh direduksi dan kadar pasir disesuaikan supaya kelecakan yang diinginkan tercapai.

Proporsi ini dapat mengakibatkan kebutuhan air bertambah sehingga kebutuhan total bahan bersifat semen juga meningkat agar rasio  $W/(c + p)$  terjaga konstan.

### c. Kadar Udara

Bila kadar udara hasil pengukuran berbeda jauh dari yang diperkirakan pada prosedur (4), jumlah *Superplasticizer* harus direduksi atau kadar pasir dikoreksi untuk mencapai kelecakan yang direncanakan.

**d. Rasio  $W/(c+p)$**

Bila kuat tekan yang ditargetkan tidak dapat tercapai dengan menggunakan  $W/(c + p)$ , maka campuran coba ekstra dengan perbandingan  $W/(c + p)$  yang lebih rendah harus dibuat dan diuji.

**11. Penentuan proporsi Campuran yang Optimum**

Setelah campuran coba yang dikoreksi menghasilkan kelecakan yang diinginkan, benda-benda uji harus di buat dengan proporsi campuran coba tersebut sesuai dengan kondisi di lapangan



## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang kami lakukan adalah dengan cara membuat benda uji di laboratorium Bahan konstruksi teknik Universitas Islam Indonesia, kemudian kami mengujinya dengan cara tekan pada umur beton 28 hari.

#### **4.1 Persiapan bahan-bahan**

Dalam tahap ini seluruh bahan (material) dan peralatan yang akan digunakan untuk penelitian dipersiapkan terlebih dahulu.

Bahan yang digunakan dalam pencampuran adalah:

1. Semen Portland merek Gresik tipe I
2. Agregat halus (pasir) diambil dari Kali Gendol
3. Agregat kasar (kerikil) dari Kali Clereng.
4. Air dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia
5. Bahan tambah *Fly Ash* dari PLTU PT. Sumber Segara Primadaya (S2P) Cilacap.
6. *Superplasticizer* menggunakan *Sikament LN*

#### **4.2 Peralatan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Mesin aduk beton (*mollen*)
2. Mesin uji desak
3. Sekop besar
4. Kaliper
5. Tongkat penumbuk
6. Meja getar
7. Ember
8. Kerucut Abrahams
9. Timbangan

10. Ayakan
11. Penggaris
12. Gelas ukur
13. CetokPalu karet
14. Cetakan silinder
15. Seperangkat alat kunci

### 4.3 Pemeriksaan Material yang digunakan

#### 1. Pemeriksaan kadar lumpur

Tujuannya adalah mengetahui kadar lumpur yang dikandung dalam agregat yang akan digunakan sebagai bahan adukan beton. 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 1 %

Apabila melebihi persyaratan tersebut, maka agregat dilakukan pencucian terlebih dahulu.

$$\text{Rumusnya : } (W_2 - W_1) / W_1 \times 100\%$$

Keterangan :

W1 = Berat agregat sebelum dicuci.

W2 = Berat agregat setelah dicuci.

Dari hasil pemeriksaan:

$$(500 - 487) / 487 \times 100\% = 2,6\%$$

Dari hasil pengujian didapatkan kadar lumpur yang dikandung dalam pasir sebesar 2,6%, dengan kadar lumpur 2,6% maka pasir langsung dapat dipergunakan tanpa melakukan pencucian terlebih dahulu.

#### 2. Pemeriksaan berat volume

Pemeriksaan ini untuk mengetahui berat volume dalam kondisi “SSD” (*Saturated Surface Dry*),



Rumusnya :  $(W2-W1)/V$

Keterangan :

W1 = Berat tabung

W2 = Berat tabung dan agregat dalam keadaan “ssd”.

V = Volume tabung

Dari hasil pemeriksaan:

Agregat halus:  $(34000 - 16000)/10,7653 = 1672 \text{ gram/cm}^3$

Agregat kasar:  $(31000 - 16000)/10,7653 = 1393 \text{ gram/cm}^3$

### 3. Pemeriksaan berat jenis

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis agregat yang akan digunakan.

#### a. Agregat halus

Rumusnya :  $A/(B + A - Bt)$

Keterangan :

A = Berat pasir dalam keadaan “ssd”

B = Berat piknometer berisi air

Bt = Berat piknometer berisi air dan pasir

Dari hasil pemeriksaan:

$500/(668 + 500 - 986,5) = 2,75 \text{ gram/cm}^3$

#### b. Agregat kasar

Rumusnya :  $Bj/(Bj-Ba)$

Keterangan :

Bj = Berat kerikil dalam keadaan “ssd”

Ba = Berat kerikil dalam air

Dari hasil pemeriksaan:

$5000(5000 - 3058) = 2,57 \text{ gram/cm}^3$

#### 4. Analisa saringan dan modulus halus butiran

Analisa saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butiran (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan. Dari analisis saringan yang dilakukan diperoleh modulus halus butiran agregat halus.

$$\begin{aligned} \text{Modulus halus butir} &= \frac{\text{jumlah.berat.tertinggal.kumulatif.(\%)}}{100} \\ &= \frac{255,15}{100} = 2,551 \end{aligned}$$

#### 4.4 Perhitungan Campuran Beton (Mix Design)

Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran ini menggunakan metode SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03).

Kuat tekan yang disyaratkan  $f'c = 50$  MPa

Jenis semen = Tipe I

Berat jenis relative = 3,15

Jenis pasir = Alam

Dengan karakteristik sebagai berikut:

Modulus kehalusan = 2,55

Berat jenis relative (kering oven) = 2,75

Kapasitas absorpsi = 1,83%

Berat isi padat kering oven = 1672 kg/m<sup>3</sup>

Jenis agregat kasar = Batu pecah

Dengan karakteristik sebagai berikut:

Ukuran maksimum agregat = 15 mm

Berat jenis relative (kering oven) = 2,57 kg/m<sup>3</sup>

Kapasitas absorpsi = 2,73%

Berat isi padat kering oven = 1393 kg/m<sup>3</sup>

Bahan tambah untuuk mempermudah pengerjaan = Sikament LN

Bahan tambah pengganti semen = Abu Terbang (*Fly Ash*)

Berat jenis relative = 2,64

### Perhitungan Proporsi Campuran

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

Slump direncanakan sebesar 25 – 50 cm.

$$f_{cr}' = \frac{f_c' + 9,66}{0,90}$$

$$f_{cr}' = \frac{(50 + 9,66)}{0,90} = 66,288 \text{ MPa pada umur 28 hari}$$

2. Menentukan ukuran Agregat Kasar dan Agregat Halus

Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan 66,28 MPa > 50 MPa, maka digunakan agregat kasar batu pecah dengan ukuran maksimum 15 mm

3. Menentukan Kadar Agregat Kasar Optimum

Karena ukuran agregat kasar maksimum 15 mm. Maka dari tabel 3.11, didapat fraksi volume agregat kasar maksimum = 0,68

Kadar agregat kasar padat kering oven = 0,68 x 1393 = 947,24 kg/m<sup>3</sup>

4. Estimasi Kadar Air dan Pencampuran Kadar Udara

Berdasarkan slump awal sebesar 25 – 50 mm, dan ukuran agregat kasar maksimum 15 mm, dari tabel 3.12 didapat estimasi pertama kebutuhan air 175 liter/m<sup>3</sup> dan kadar udara untuk beton kekuatan tinggi dengan *superplasticizer* = 2.0%

$$\text{Kadar rongga udara } V = \left(1 - \frac{1672}{2,75 \times 1000}\right) \times 100\% = 39,2\%$$

Koreksi kadar air : (39,2 – 35) x 4,75 = 19,95 liter/m<sup>3</sup>

Maka kebutuhan air total = 175 + 19,95 = 194,95 liter/m<sup>3</sup>

5. Penentuan Rasio W/(c+p)

Kekuatan lapangan  $f'_{cr} = 0,90 \times 66,28 = 59,66 \text{ MPa}$

Rasio W/(c + p) = 0,336

6. Menghitung Kadar Bahan Bersifat Semen

$$(c + p) = \frac{194,95}{0,366} = 580,21 \text{ kg/m}^3$$

### Proporsi Campuran Dasar dengan Semen Portland saja.

Untuk 1 m<sup>3</sup> beton dibutuhkan:

Semen Portland	=	580,21	:	3,15	=	184,19	liter
Agregat kasar	=	947,24	:	2,57	=	368,58	liter
Air	=	194,95			=	194,95	liter
Kadar udara	=	0,02	x	1000	=	20,0	liter
Sub total	=				=	767,72	liter
Kebutuhan pasir	=	1000	-	767,72	=	232,28	liter
	=	0,232,28	x	2,75	x	1000	= 638,77 kg

### Campuran Proporsi Dasar (kering)

Semen Portland	=	580,21	kg
Agregat kasar	=	947,24	kg
Air	=	194,95	kg
Pasir	=	638,77	kg

### Proporsi Varian Campuran dengan Abu Terbang

1. Persentase penggantian kadar semen portland dengan abu terbang ada 6 (enam) varian yaitu: 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% dari kadar semen portland pada campuran dasar.
2. Bahan bersifat semen untuk keenam macam varian campuran:
  - Campuran V 1. 551,2 kg pc + 29,01 kg *Fly Ash* = 580,21 kg
  - Campuran V 2. 522,19 kg pc + 58,02 kg *Fly Ash* = 580,21 kg
  - Campuran V 3. 493,18 kg pc + 87,03 kg *Fly Ash* = 580,21 kg
  - Campuran V 4. 464,17 kg pc + 116,04 kg *Fly Ash* = 580,21 kg
  - Campuran V 5. 435,16 kg pc + 145,05 kg *Fly Ash* = 580,21 kg
  - Campuran V 6. 406,15 kg pc + 174,06 kg *Fly Ash* = 580,21 kg

3. Volume bahan bersifat semen untuk keenam macam varian campuran:
- Campuran V 1. 174,98 liter pc + 10,99 liter *Fly Ash* = 185,97 liter  
 Campuran V 2 165,77 liter pc + 21,98 liter *Fly Ash* = 187,75 liter  
 Campuran V 3. 156,56 liter pc + 32,97 liter *Fly Ash* = 189,53 liter  
 Campuran V 4. 147,35 liter pc + 43,35 liter *Fly Ash* = 191,31 liter  
 Campuran V 5. 138,14 liter pc + 54,94 liter *Fly Ash* = 193,09 liter  
 Campuran V 6. 128,94 liter pc + 65,93 liter *Fly Ash* = 194,87 liter
4. Untuk semua varian campura per m<sup>3</sup>, volume air, agregat kasar dan udara tetap sama dengan campuran dasar. Yang berubah adalah volume total bahan bersifat semen. Karena itu, volume pasir untuk campuran V 1 sampai dengan V 6 perlu dikoreksi.

#### Untuk Campuran V 1

Air	=	194,95	liter
Semen Portland	=	185,97	liter
Agregat kasar	=	368,58	liter
Kadar udara	=	20	liter
Sub total	=	769,50	liter

Maka kebutuhan volume pasir per m<sup>3</sup> beton = 1000 – 769,50 = 230,50 liter

Berat pasir kering oven = 0,2305 x 2,75 = 633,88 kg

Dengan cara yang sama, ditentukan proporsi campuran V 2, V 3, V 4, V 5, dan V 6. (dalam berat) Maka:

#### Untuk Campuran V 1

Air	=	194,95	kg
Semen Portland	=	551,2	kg
Abu terbang	=	29,01	kg
Agregat kasar	=	947,24	kg
Pasir	=	633,88	kg

Varian V 2, V 3, V 4, V 5, dan V 6. dihitung dengan cara yang sama

**Tabel 4.1 Proporsi per m<sup>3</sup> campuran (berat kering)**

Tipe Campuran	Dasar	Variasi I	Variasi II	Variasi III	Variasi IV	Variasi V	Variasi VI
Air	194,95	194,95	194,95	194,95	194,95	194,95	194,95
Semen	580,21	551,20	522,19	493,18	464,17	435,16	406,15
Abu terbang	0,00	29,01	58,02	87,03	116,04	145,05	174,06
Sikament LN	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80
Agregat kasar	947,24	947,24	947,24	947,24	947,24	947,24	947,24
Pasir	638,77	633,88	628,99	624,09	619,20	614,31	609,42

**Campuran Coba**

Dibuat tujuh macam campuran coba sesuai proporsi campuran dasar dan enam varian campuran, yang harus disesuaikan dengan kondisi kebasahan agregat saat perencanaan campuran. Pada saat perencanaan campuran kadar air pasir 1,8 % dan kadar air agregat kasar 2,7 %, diukur terhadap berat kering oven.

**Untuk Campuran Dasar (keadaan basah)**

$$\text{Agregat kasar} = 947,24 \times (1 + 0,027) = 972,82 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 638,77 \times (1 + 0,018) = 650,27 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 194,95 - \left[ \frac{972,82}{1 + 0,027} \times 0,027 \right] - \left[ \frac{650,27}{1 + 0,018} \times 0,018 \right] = 157,88$$

Dengan cara yang sama, proporsi varian campuran V1, V 2, V 3, V 4, V 5, dan V 6. dikoreksi.

**Tabel 4.2 Proporsi per m<sup>3</sup> campuran (sesuai kondisi kabasahan)**

Tipe Campuran	Dasar	Variasi I	Variasi II	Variasi III	Variasi IV	Variasi V	Variasi VI
Air	263,73	263,71	263,70	263,68	263,66	263,64	263,63
Semen	784,92	745,62	706,33	667,05	627,77	588,49	549,22
Abu terbang	0,00	39,24	78,48	117,71	156,94	196,16	235,38
Sikament.LN	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85
Agregat kasar	793,22	793,24	793,25	793,27	793,28	793,30	793,31
Pasir	372,60	366,94	361,28	355,62	349,96	344,30	338,64

Pada penelitian ini untuk mendapatkan nilai slump 25 – 50 mm maka perlu dilakukan koreksi air. Sebelum melakukan pembuatan sampel keseluruhan dilakukan pembuatan sampel silinder berdasarkan hasil hitungan kebutuhan material awal, agar nilai slump 25 – 50 cm, bisa terpenuhi dengan tetap selalu menjaga nilai faktor air semen.

Setelah kebutuhan air koreksi didapat dan nilai slump 25-50 mm, terpenuhi maka kebutuhan material yang baru dihitung lagi dengan memakai kebutuhan air yang baru.

#### **4.5 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji**

Langkah-langkah yang diperlukan untuk pembuatan dan perawatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan bahan-bahan dan alat-alat yang digunakan untuk pembuatan benda uji.
2. Menimbang bahan yang dibutuhkan
3. Mencampur bahan-bahan yang telah ditimbang kedalam mollen, kemudian diaduk sampai merata.
4. Diukur nilai slump dari adukan tersebut
5. Setelah slump yang didapat sesuai rencana, kemudian adukan beton dimasukan kedalam cetakan silinder, pengisian dilakukan tiap tahap, masing-masing 1/3 dari tinggi cetakan, setiap tahap ditusuk-tusuk dengan tongkat baja sebanyak 25 kali sebagai pemadatan adukan.
6. Setelah pemadatan selesai, kemudian permukaan diratakan

7. Cetakan diletakkan ditempat yang rata dan bebas dari getaran dan gangguan lain dan dibiarkan 24 jam
8. Setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari cetakan, kemudian dirawat dengan cara merendam dangan air.

#### **4.6 Pengujian Kuat Desak**

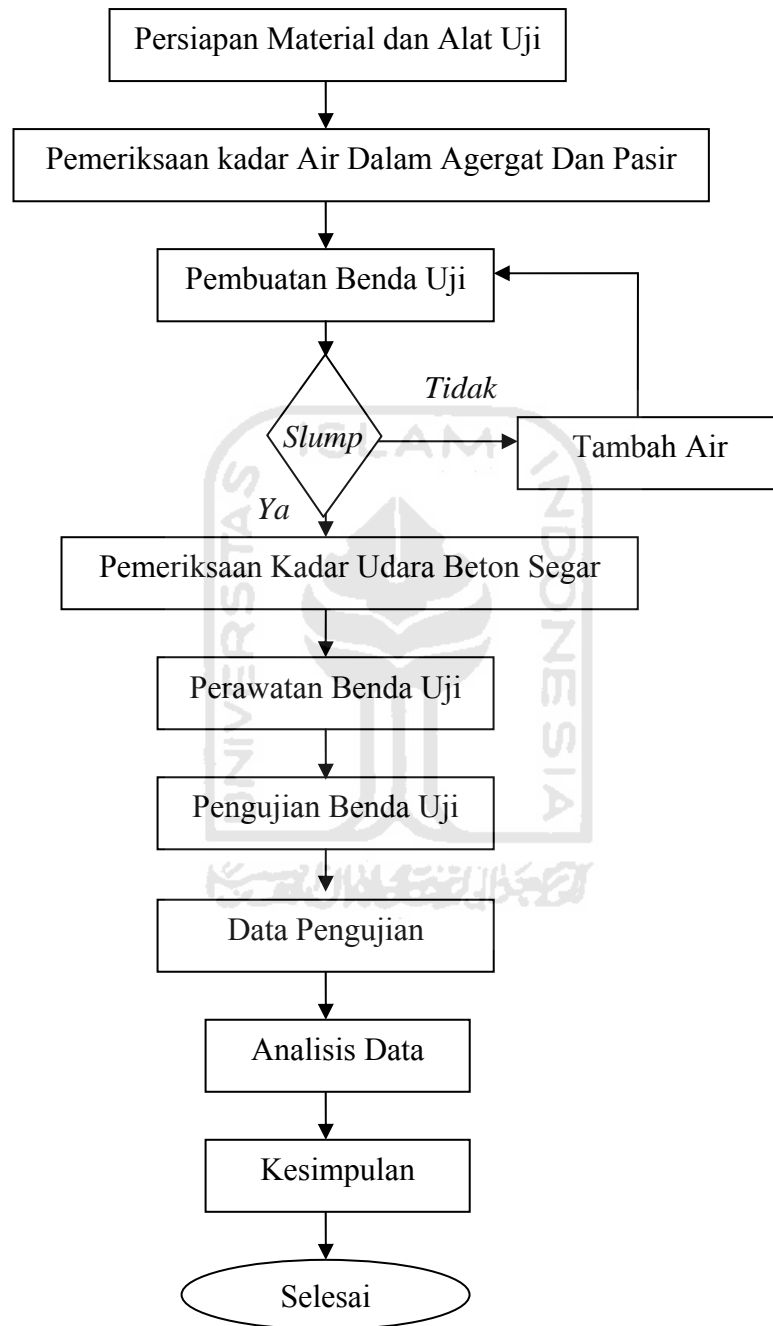
Untuk melaksanakan pengujian kuat desak beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan benda uji
2. Letakan benda uji secara sentris lalu diberikan beban tekan dengan penambahan beban yang konstan antara 2 - 4 kg/cm<sup>3</sup> per detik.
3. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi.





#### 4.7 Langkah-langkah Penelitian



**Gambar 4.1** Flowchart Pelaksanaan Penelitian

## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Umum**

Penelitian ini merupakan studi eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium, dalam pelaksanaan eksperimen ini peneliti menggunakan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia.

Seluruh tahap pekerjaan yang direncanakan pada penelitian ini telah selesai dilaksanakan. Dimulai dari tahap perhitungan campuran beton, pengecekan kandungan air dalam material (pasir dan kerikil), kemudian persiapan bahan dan material, pembuatan benda uji, pemeriksaan slump, pemeriksaan kandungan udara dan perawatan benda uji sampai dengan pengujian kuat desak dapat dilaksanakan tanpa menemui kesulitan yang berarti. Hasil penelitian yang berupa data-data kasar, selanjutnya dianalisis untuk mengetahui pengaruh bahan tambah dengan menggunakan *Fly Ash* yang berasal dari PLTU Cilacap dan bahan tambah *Superplasticizer* terhadap kuat desak beton.

#### **5.2 Proses Pembuatan Benda Uji**

Pembuatan benda uji penelitian ini dilakukan dengan cara menggunakan molen, benda uji beton setiap variasi dikurangi proporsi semennya dan digantikan dengan *Fly Ash* secara gradual mulai dari 5%; 10%; 15%; 20%; 25%; dan 30% serta dengan menggunakan bahan tambah *Superplasticizer Sikamen LN* sebesar 1% dari berat bahan bersifat semen. Alasan peneliti mengganti sebagian semen dengan menggunakan *Fly Ash* dan menggunakan *Sikamen LN* adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan kekuatan beton yang diakibatkan menggunakan campuran *Fly Ash* dan *Sikament LN*. Proses dalam pembuatan adukan beton adalah sebagai berikut :

1. Proses awal pembuatan benda uji beton normal tanpa penggantian sebagian semen dengan *Fly Ash* adalah dengan pengadukan menggunakan mesin molen didahului dengan memasukkan pasir dan semen portland

kemudian diaduk, masukkan kerikil, air secara bergantian sampai semua bahan habis. Jalankan mesin sampai adukan terlihat telah homogen.

2. Setelah adukan homogen, matikan mesin. Tuang isi molen ke bawah ke alas campuran beton.
3. Diukur nilai *slump* dari adukan tersebut, jika belum sesuai dengan nilai *slump* yang direncanakan masukkan kembali ke dalam molen untuk dilakukan penyesuaian dengan penambahan air.
4. Setelah *slump* normal yang didapat sesuai dengan rencana, kemudian adukan beton diberi bahan tambah (*Sikament LN*), lalu diukur lagi nilai *slump* yang sudah menggunakan *Sikament LN*. Setelah itu adukan dimasukkan kedalam cetakan silinder. Pengisian adukan dilakukan tiga tahap, masing-masing  $\frac{1}{3}$  dari tinggi cetakan. Setiap tahap dipadatkan dengan tongkat baja ( dengan ukuran diameter 16 mm dan panjang 60 cm yang ujungnya dibulatkan ) sebanyak 25 kali.
5. Untuk pembuatan benda uji dengan penggantian sebagian semen menggunakan *Fly Ash* adalah dengan melakukan tahapan-tahapan seperti diatas, hanya yang berbeda pada persentase penggantian sebagian semen dengan *Fly Ash*, yang dilakukan setelah proporsi semen dan *Fly Ash* diaduk rata terlebih dahulu kemudian dicampurkan dengan agregat kasar, agregat halus dan air hingga tercampur merata.

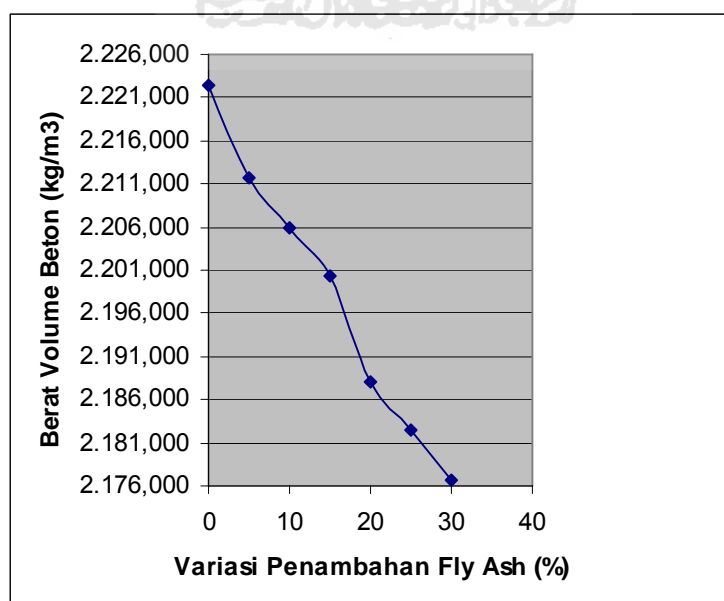
Hal terpenting yang perlu diperhatikan dalam semua pengujian yang akan dilakukan adalah kondisi permukaan benda uji. Permukaan yang rata akan menghasilkan nilai kuat tekan, tegangan regangan dan modulus elastisitas yang cukup baik karena distribusi beban akan tersebar secara merata ke seluruh permukaan benda uji.

### 5.3 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. Dari hasil penelitian di laboratorium didapat berat volume beton keras seperti terlihat pada tabel 5.1

**Tabel 5.1 Berat Volume Beton**

No	Type	Berat Volume Beton (Kg/m <sup>3</sup> )
1	Beton Dasar	2222,32
2	V1 (5%)	2211,68
3	V2 (10%)	2205,99
4	V3 (15%)	2200,30
5	V4 (20%)	2188,12
6	V5 (25%)	2182,44
7	V6 (30%)	2176,76



**Gambar 5.1 Grafik Berat Volume Beton**

Dari hasil penelitian pada tabel 5.1 dan gambar 5.1 dapat diketahui bahwa berat volume beton terbesar terdapat pada variasi beton dasar yaitu sebesar 2222,32 Kg/m<sup>3</sup>. Berat volume beton terkecil terdapat pada variasi beton V6 (30%) yaitu sebesar 2176,76 Kg/m<sup>3</sup>.

Dari hasil-hasil tersebut terlihat bahwa berat volume beton yang ada sangat bervariasi, hal ini dikarenakan berat abu terbang (*Fly Ash*) lebih ringan dibandingkan dengan berat semen. Karena berat jenis abu terbang 2,64 sedangkan berat jenis semen sebesar 3,15. 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).

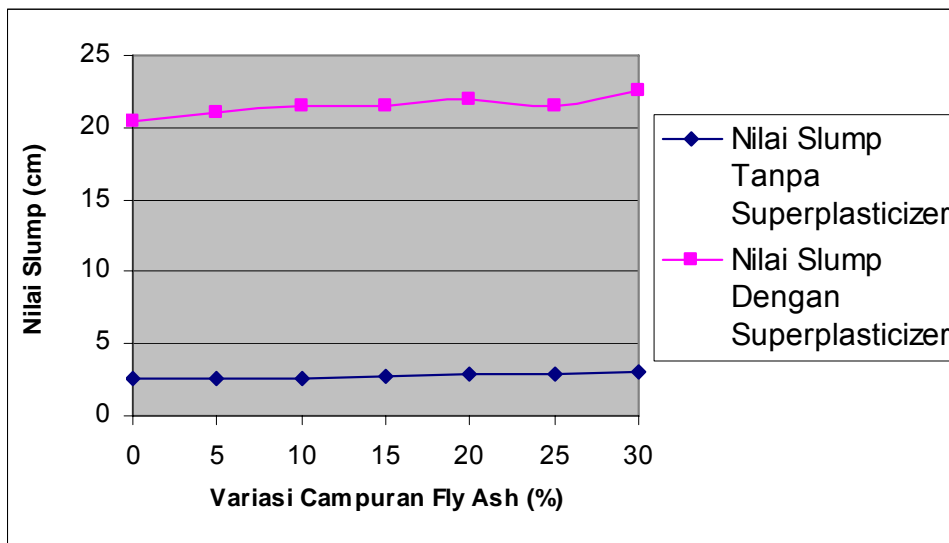
#### 5.4 Nilai Slump dan Workability

*Workability* (kemudahan pengerjaan) beton dapat dilihat dari nilai slump yang terjadi. Karena nilai *slump* merupakan parameter *workability*, semakin tinggi nilai *slump* maka semakin mudah proses pengerjaan beton (*workability*). Beton mutu tinggi menggunakan nilai *fas* rendah, berarti air yang digunakan sangat sedikit, sehingga nilai slump rendah. Dalam penelitian ini nilai *slump* berkisar antara 25-50 mm karena pada beton mutu tinggi air yang digunakan sangat sedikit, dengan cara menambahkan bahan tambah *Superplasticizer (Sikament LN)* yang bisa menjadikan nilai *slump* lebih tinggi dari yang direncanakan. Dalam penelitian ini, pemakaian bahan tambah *Superplasticizer (Sikament LN)* semua sama untuk setiap variasi yaitu sebesar 1%. Dengan penambahan *Superplasticizer* diharapkan akan diperoleh tingkat *workability* yang tinggi untuk mencapai nilai slump yang sesuai tanpa terjadi *bleeding* dan *segregasi*. *Superplasticizer* merupakan bahan tambah kimia yang mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* beton sampai pada tingkat yang cukup besar. (L. J Murdock dan Brook, 1978)

Pada penelitian-penelitian terdahulu juga telah membuktikan bahwa pengurangan air pada adukan beton akan membuat nilai fas menjadi lebih kecil sehingga kuat tekan beton meningkat, tetapi hal tersebut bisa berdampak pada turunnya nilai *slump*. Seiring dengan menurunnya nilai *slump* pada adukan beton, maka tingkat *workability* juga akan menurun, dengan kata lain semakin banyak pengurangan air dalam adukan beton maka kuat tekan beton akan meningkat, akan tetapi semakin kecil nilai fas maka akan menurunkan nilai *slump* dan tingkat *workability*, hal tersebut akan sangat berpengaruh pada proses pengerjaan beton. Namun dengan menambahkan bahan tambah *Superplasticizer* (*Sikament LN*) tanpa pengurangan air, tingkat penurunan *workability* dapat dihindari sehingga saat pengerjaan beton dilaksanakan bisa menjadi lebih mudah dan bisa mendapatkan kuat tekan beton yang lebih baik. Penggunaan *Superplasticizer* terlalu banyak kemungkinan yang terjadi adalah hidrasi menjadi lambat, sehingga beton tidak kering dalam 24 jam (A. Ilham dkk, 2004). Dari hasil pengujian didapat nilai slump seperti terlihat pada tabel 5.2

**Tabel 5.2 Nilai Slump Pada Tiap Variasi**

N0	Nama Sampel	Slump (cm)	
		Tanpa Superplasticizer	Dengan Superplasticizer
1	Beton Normal	2,6	20,5
2	V1 (5%)	2,6	21
3	V2 (10%)	2,6	21,5
4	V3 (15%)	2,8	21,5
5	V4 (20%)	2,85	22
6	V5 (25%)	2,95	21,5
7	V6 (30%)	3	22,5



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

Dalam landasan teori butir 3.3 dijelaskan bahwa unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan (*workability*) yang perlu dipertimbangkan adalah jumlah kadar udara yang terdapat di dalam beton dan penggunaan bahan tambah dalam campuran beton.

Dari tabel 5.2 dan gambar 5.2 diatas, maka bahwa masing-masing sampel dengan penambahan *Sikament LN* yang sama sebesar 1 % setiap variasi campuran adukan beton, memiliki nilai *slump* yang berbeda. Dari hasil penelitian yang didapat menunjukkan bahwa *workability* adukan beton yang terjadi semakin tinggi dengan ditambahkan *Sikament LN* dibandingkan dengan beton tanpa diberikan *Sikament LN* ke dalam adukan beton. Hal ini dikarenakan *Sikament LN* itu sendiri digolongkan kedalam *High Range Water Reducer* yang mampu meningkatkan kinerja kelecakan atau *workability* adukan beton dan mengurangi terjadinya *bleeding* dan *segregasi*. Dari tabel dan gambar di atas dapat dilihat bahwa beton normal tanpa pemberian *Sikament LN* dengan nilai slump berkisar antara 25-50 mm dapat mengakibatkan *workability* menjadi menurun, sehingga akan berakibat pada menurunnya nilai *slump* dan terjadi tingkat kesulitan pengerjaan beton tersebut. Pada grafik terlihat bahwa dengan menambahkan bahan tambah beton (*Sikament LN*), nilai *slump* yang terjadi justru menjadi lebih

baik, bahkan bisa dikatakan nilai *slump* yang terjadi bila dikaitkan dengan penambahan *Sikament LN* akan memiliki hubungan yang mendekati linier. Artinya pada penelitian ini dengan tanpa pengurangan air dan menambahkan *Sikament LN*, *slump* dan *workability* yang seharusnya kecil, bisa dihindari dan kuat tekan beton menjadi lebih baik.

Dilihat dari penambahan kandungan *Fly Ash* maka nilai *slump* beton yang dihasilkan ada kecenderungan naik. Hal ini disebabkan bentuk *Fly Ash* butiran yang sangat halus, bulat dengan permukaan halus, dimana hal ini sangat baik untuk *workabilitas*, karena akan mengurangi kebutuhan air atau *Superplastiscizer*, sehingga pada saat *Fly Ash* dicampurkan dalam adukan beton dan ditambahkan dengan *Sikament LN* proses pengerasan pada beton menjadi lambat serta *workability*nya menjadi tinggi.

### **5.5 Analisis Kuat Desak Benda Uji**

Setelah dilakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat desak benda uji tersebut. Pengujian kuat desak beton dilakukan pada benda uji umur 28 hari dengan kuat desak yang direncanakan ( $f^c$ ) sebesar 50 MPa sebanyak 70 sampel dengan menggunakan metode *SNI 03-6468-2000*, yang terdiri dari tujuh variasi. Untuk masing-masing variasi dibuat 10 sampel untuk kuat desak setiap variasi dengan pemberian bahan tambah *Fly Ash* sebesar 5%-30% dari berat semen dan penambahan *sikament LN* tetap sebesar 1% dari berat semen.

Dengan menggunakan rumus dari persamaan (3.3) butir 3.6 didapat hasil hitungan kuat tekan benda uji beton silinder sesuai pada tabel 5.3.



**Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kuat Desak Umur 28 Hari Dengan Nilai Rata-rata**

Kode Sampel	Kadar Fly Ash (%)	Nilai Faktor Air Semen		Kuat Desak MPa
		W/(c+p)	W/c	
Beton Dasar	0	0,336	0,336	38,40
V1 (5%)	5	0,336	0,354	37,92
V2 (10%)	10	0,336	0,373	37,38
V3 (15%)	15	0,336	0,395	38,05
V4 (20%)	20	0,336	0,420	40,02
V5 (25%)	25	0,336	0,448	41,31
V6 (30%)	30	0,336	0,480	39,32

Dari tabel 5.3 di atas dapat dilihat bahwa kuat desak beton yang tertinggi terdapat pada Variasi 5 (25%) yaitu sebesar 41,31 MPa dan kuat desak beton yang terendah terdapat pada Variasi 2 (10%) yaitu sebesar 37,38 MPa. Dari data di atas dapat dilihat bahwa dengan penambahan 25% *Fly Ash* mempunyai kuat desak lebih tinggi dibandingkan dengan beton variasi campuran *Fly Ash* lainnya.

Pengaruh *Fly Ash* sebagai bahan pengganti semen mengakibatkan terjadi reaksi pengikatan kapur bebas yang dihasilkan dalam proses hidrasi semen oleh *silika* yang terkandung dalam *Fly Ash*. Selain itu, 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*. *Fly Ash* merupakan bahan tambah yang bersifat aktif bila dicampur dengan kapur atau semen, dan beton dengan campuran *Fly Ash* memiliki kuat tekan lebih tinggi daripada beton normal pada komposisi tertentu, penggunaan *Fly Ash* memperlihatkan dua pengaruh abu terbang di dalam beton yaitu sebagai *filler* dan sebagai *pozzolan*. Selain itu abu terbang di dalam beton menyumbang kekuatan yang lebih baik dibanding dengan beton normal.

Pada saat pengujian kuat desak beton ikatan semen terhadap agregat sangat kuat dan agregat kasar tidak tercabut, tetapi agregat kasar material pembentuk beton mengalami pecah (dapat dilihat pada gambar 5.3).



**Gambar 5.3 Pecahan Beton Setelah Diuji Desak**

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* (*Sikament LN*).

Dari penelitian terlihat bahwa penggunaan *Fly Ash* bisa dijadikan sebagai *filler*. Hal ini terlihat dari tabel 5.3 bahwa kenaikan kuat tekan terjadi pada campuran beton Variasi 4 (20%) Variasi 5 (25%) dan Variasi 6 (30%) sedangkan yang mengalami penurunan terjadi pada campuran beton Variasi 1 (5%), Variasi 2 (10%) dan Variasi 3 (15%). Hal ini disebabkan karena adanya kesalahan pada saat pengadukan yang kurang merata dan pada saat pematatannya. Adanya penambahan *Superplasticizer* tidak begitu berpengaruh terhadap kuat desak beton. Hal ini dikarenakan dengan nilai faktor air semen yang tetap *Superplasticizer* hanya berguna dalam hal kemudahan pengerjaan pengadukan beton (*workability*).

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

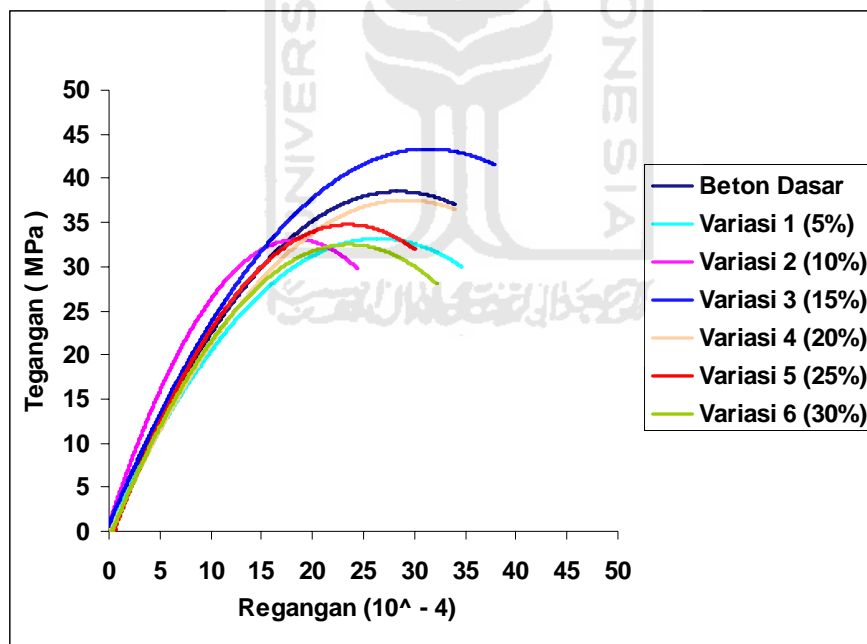
Pada penelitian ini menentukan  $f'_{cr}$  rencana rata-rata laboratorium sebesar 66,288 MPa sedangkan  $f'_{cr}$  lapangan sebesar 59,66 MPa (dengan menggunakan rumus persamaan 3.7). Namun dari hasil penelitian, didapatkan  $f'_{cr}$  laboratorium terjadi sebesar 53,4 Mpa, sedangkan  $f'_{cr}$  lapangan yang terjadi sebesar 48.06 MPa dikatakan belum memenuhi  $f'_{cr}$  rencana. Dimungkinan hal ini

terjadi karena bentuk tekstur dan kekuatan dari agregat kasar. Kita ketahui salah satu fungsi agregat kasar adalah sebagai bahan pengisi beton yang nilainya kurang lebih sekitar 70% diisi oleh agregat kasar, fungsi lain dari agregat kasar adalah untuk memberikan stabilitas volume dan keawetan. Dari uraian di atas agregat kasar yang digunakan pada benda uji beton memiliki tekstur berbentuk pipih sehingga kinerja agregat tersebut kurang maksimal untuk menahan beban yang sangat besar, sebab agregat yang berbentuk pipih kemungkinan akan membentuk rongga dibawah permukaan agregat tersebut sehingga akan mengurangi kekuatan beton. Sehingga pada saat pengujian kuat desak benda uji mengalami kehancuran dan agregat kasar pecah. Kemungkinan lain yang terjadi adalah disebabkan karena pada penelitian ini pencampuran bahan tambah *Sikament LN* menggunakan cara yang kurang tepat, seharusnya bahan tambah *Superplasticizer* terlebih dahulu dilarutkan ke dalam air pencampur adukan beton, sedangkan pada penelitian ini bahan tambah *Superplasticizer* langsung dicampurkan ke dalam adukan beton sehingga campuran *Superplasticizer* tidak dapat merata secara sempurna dan menjadikan adukan beton kurang homogen, sehingga pada saat campuran akan dimasukkan ke dalam silinder mengalami kesulitan. Karena *Sikament LN* membungkus semen menjadikan adukan cepat mengeras dan tidak meratanya agregat kasar yang dimasukkan ke dalam silinder karena adanya pemisahan antara agregat kasar dengan semen.

### **5.7 Hasil Pengujian 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). Pengujian tegangan regangan tidak dilakukan terhadap seluruh benda uji, diambil 3 sampel dari satu variasi berjumlah 10 sampel. Seluruh pengujian tegangan regangan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UIL.

Dengan memperhatikan gambar kurva tegangan-regangan yang terlihat pada gambar 5.4, menunjukkan terjadinya kenaikan kuat tekan pada campuran beton Variasi 3. Hal ini membuktikan bahwa penambahan *Fly Ash* dan *Sikament LN* pada adukan beton memberi pengaruh terhadap kuat tekan beton. Dan bila dilihat perilaku setelah tercapainya tegangan maksimum pada beton dengan penambahan *Fly Ash* dan penambahan *Sikament LN*, beton masih dapat mempertahankan tegangan dan regangan cukup besar. Hal tersebut menunjukkan penggantian sebagian semen dengan *Fly Ash* dan penambahan *Sikament LN* 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 5.4 Kurva Tegangan-Regangan Beton**

Bentuk kurva tegangan regangan dipengaruhi oleh karakteristik agregat yang digunakan dan faktor pemadatan. Daerah terlemah pada beton adalah daerah antara pasta semen dan agregat kasar. Penggunaan agregat kasar batu pecah yang

memiliki permukaan kasar dapat meningkatkan kuat tekan dan memperkecil deformasi yang terjadi akibat pembebanan.

Hal terpenting yang perlu diperhatikan dalam pengujian tegangan-regangan adalah kondisi permukaan benda uji. Permukaan yang rata akan menghasilkan nilai modulus elastisitas yang cukup baik karena distribusi beban akan tersebar secara merata ke seluruh permukaan benda uji.

Modulus elastisitas merupakan sifat beton yang berkaitan dengan mudah atau tidaknya beton mengalami deformasi. Dan menurut Edward G. Nawy, modulus elastisitas adalah kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan (sekitar  $0,4.f'c$ ), modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dapat dianggap elastis. Pada kurva tegangan regangan bahwa sekitar 40% dari  $f'c$  pada umumnya dianggap linier dengan asumsi bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dianggap elastis. Semakin tinggi kekuatan beton maka panjang bagian linier pada kurva semakin bertambah dan ada reduksi daktilitas apabila kekuatan beton bertambah (Edward G Nawy, 1990). Hasil pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada tabel 5.4

**Tabel 5.4 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas ( $E_c$ )**

Kode Sampel	$f'c$ (MPa)	$0,4.f'c$ (MPa)	$\epsilon$ ( $10^{-4}$ )	Modulus Elastisitas (MPa)	
				Uji	Teoritis ( $4700*\sqrt{f'c}$ )
Beton Dasar	44,936	17,974	8,936	20114,593	31506,1302
V1 (5%)	39,318	15,727	7,033	22362,008	29470,9114
V2 (10%)	34,110	13,644	3,418	39918,081	27449,7705
V3 (15%)	45,352	18,141	7,825	23183,131	31651,6300
V4 (20%)	41,712	16,685	5,945	28065,265	30354,8691
V5 (25%)	41,744	16,698	7,508	22239,744	30366,5105
V6 (30%)	38,324	15,330	7,312	20964,989	29095,9990

Pada penelitian ini kuat tekan beton maksimum umur 28 hari didapat pada variasi penambahan *Fly Ash* 15% yaitu sebesar 45,352 MPa, sampel beton tersebut memiliki modulus elastisitas uji sebesar 23183,131 dan modulus elastisitas teoritis sebesar 31651,6300. 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 dan uji tidak dapat digunakan.

Besarnya modulus elastis dipengaruhi sekali oleh karakteristik agregat. Daerah terlemah pada beton adalah daerah antara pasta semen dan agregat kasar. Pada penelitian ini agregat kasar pecah, karena bentuknya yang pipih dan seragam semuanya. Beton dengan pemadatan kurang baik akan menimbulkan keropos antara agregat sehingga daya ikat antar agregat menjadi lemah kemudian mengakibatkan beton menjadi rapuh dan mudah pecah. Beton dengan kuat tekan tinggi akan mempunyai modulus elastis yang tinggi pula, karena beton dengan kuat tekan tinggi akan mempunyai daerah linier pada kurva yang lebih panjang dibanding kuat beton dengan kuat tekan yang lebih kecil. Menurut Murdock dan Brook. Modulus elastisitas tidak berkaitan langsung dengan sifat-sifat beton lainnya, meskipun kekuatan lebih tinggi biasanya mempunyai harga  $\epsilon$  yang lebih tinggi juga. Pada penelitian ini didapatkan kekuatan beton tertinggi memiliki nilai modulus elastisitas yang tinggi.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini terdiri dari kesimpulan dari hasil penelitian benda uji dan saran terhadap hal-hal yang terkait dengan penggunaan bahan tambah *Fly Ash* dan *Superplasticizer* terhadap kuat desak beton yang dapat dijadikan sebagai anjuran bagi penelitian selanjutnya.

#### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi dengan nilai slump berkisar antara 25-50 mm, akan mengalami kesulitan dalam pengerjaan, oleh karena itu untuk mempermudah pengerjaan diperlukan penggunaan bahan tambah *Superplasticizer (Sikament LN)*.
2. Pada penelitian ini hal yang harus diperhatikan adalah menjaga nilai faktor air semen agar selalu tetap. Adanya penambahan *Superplasticizer* tidak begitu berpengaruh terhadap kuat desak beton. Hal ini dikarenakan dengan nilai faktor air semen yang tetap *Superplasticizer* hanya berguna dalam hal kemudahan pengerjaan pengadukan beton (*workability*).
3. Kuat desak optimum dicapai pada penambahan *Fly Ash* 25% yaitu sebesar 41,31 MPa.
4. Rumus umum modulus elastis teoritis dan uji tidak dapat digunakan.
5. *Fly Ash* bisa dijadikan bahan filler, karena bentuk butirannya yang halus.
6. Kuat tekan rencana tidak dapat dicapai, karena pada penelitian ini agregat kasar yang digunakan adalah berbentuk pipih, sehingga kinerja agregat tersebut kurang maksimal untuk menahan beban yang sangat besar, sebab agregat yang berbentuk pipih kemungkinan akan membentuk rongga dibawah permukaan agregat tersebut sehingga akan mengurangi kekuatan beton,

## 6.2 Saran

Dari uraian di atas dengan merujuk pada pembahasan dan hasil penelitian ternyata masih banyak kekurangan dari penelitian ini, maka untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi diperlukan saran-saran yang bersifat membangun seperti yang disebutkan sebagai berikut:

1. Agar diperoleh sampel yang baik perlu diperhatikan pada saat pengadukan dan pemadatan, karena apabila dalam pemadatan tidak benar, sampel akan mengalami keropos dan ini akan sangat mempengaruhi hasil uji.
2. Pada saat pengujian sangat diperlukan ketelitian dan kecermatan pengamatan dalam pembacaan dial pembebanan sehingga didapat data yang valid.
3. Untuk penelitian selanjutnya harus lebih memperhatikan tekstur dan kekuatan dari agregat kasar agar diperoleh hasil yang lebih baik.
4. Diperlukan penambahan jumlah sampel, untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat lagi.
5. Diperlukan penambahan variasi bahan tambah *Superplasticizer* dengan range tertentu untuk mengetahui pengaruh penambahan *Superplasticizer* terhadap kuat desak beton.



## 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 proposal penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Semoga amal kebaikan kita mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1992, TEKNOLOGI BETON, Biro Penerbit, Yogyakarta.
- Murdock, L. J., dan Brook, K. M., 1986, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Terjemahan, Erlangga, Jakarta.
- Murdock, L. J., dan Brook, K. M., 1991, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Erlangga, Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan, 1994, STRUKTUR BETON BERTULANG, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1992, TEKNOLOGI BETON, Buku Ajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Antono, A, 1995, TEKNOLOGI BETON, Penerbit Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Antono, A, 1995, BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK SIPIL, Penerbit Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Muh. Rifai Syakuri dan Haryadi, 1997, STUDI TENTANG BETON NORMAL DENGAN CAMPURAN ABU TERBANG, Tugas Akhir Jenjang S-1 FTSP UII, Yogyakarta.
- Muzamel dan Budiono, 1994, TINJAUAN PEMAKAIAN SUPERPLASTICIZER PADA BETON MUTU 28 MPa TERHADAP KUAT DESAK DAN KADAR OPTIMUM, Tugas Akhir Jenjang S-1 FTSP UII, Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1996, TEKNOLOGI BETON, NAFIRI, Yogyakarta.
- Nawy, Edward, G, 1985, REINFORCE CONCRETE A FUNDAMENTAL APPROACH, Terjemahan, Cetakan Pertama, Bandung.

Nawy, Edward, G, 1990, BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN  
DASAR, Terjemahan, PT ERESKO, Bandung.

Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1995, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

Mulyono, Tri, 2003, TEKNOLOGI BETON, Andi Offist, Yogyakarta.

Smith, M. J, BAHAN KONSTRUKSI DAN STRUKTUR TEKNIK, 1985.

SK SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-19999-03), TATA CARA  
PERHITUNGAN CAMPURAN BETON BERKEKUATAN TINGGI,  
Yayasan Penyelidik Masalah Bangunan, Bandung.



## HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

Pasir Asal : Kali Gendol

URAIAN	CONTOH
Berat pasir kering mutlak, gram ( BK )	491
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram ( ssd )	<b>500</b>
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram ( Bt )	986,5
Berat piknometer berisi air, gram ( B )	668
Berat jenis curah, gram/cm <sup>3</sup> .....( 1 ) $Bk / ( B + 500 - Bt )$	2,705
Berat jenis jenuh kering muka, gr/cm <sup>3</sup> .....( 2 ) $500 / ( B + Bk - Bt )$	2,754
Berat jenis semu.....( 3 ) $Bk / ( B + Bk - Bt )$	2,846
Penyerapan air.....( 4 ) $( 500 - Bk ) / Bk \times 100 \%$	1,83 %

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 )	4867
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram ( Bj )	<b>5000</b>
Berat kerikil dalam air, gram ( Ba )	3058
Berat jenis curah,.....( 1 ) $Bk / ( Bj - Ba )$	2,506
Berat jenis jenuh kering muka,.....( 2 ) $Bj / ( Bj - Ba )$	2,57
Berat jenis semu..... ( 3 ) $Bk / ( Bk - Ba )$	2,69
Penyerapan air..... ( 4 ) $( Bj - Bk ) / Bk \times 100 \%$	2,73 %

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

**Pasir Asal : Kali Gendol**

URAIAN	SAMPEL
Berat agregat kering oven ( $W_1$ ), gram	<b>500</b>
Berat agregat kering oven setelah dicuci ( $W_2$ ), gram	487
Berat yang lewat ayakan no. 200, persen $\{ ( W_1 - W_2 ) / W_1 \} \times 100$	2,6 %

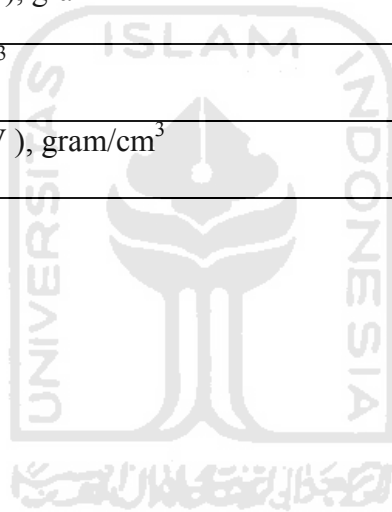
Menurut persyaratan Umum Bahan bangunan di Indonesia 1982 ( PUBI – 1982 ) berat bagian yang lewat ayakan no. 200 ( 0,075 mm ) :

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

## HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS

**Pasir Asal : Kali Gendol**

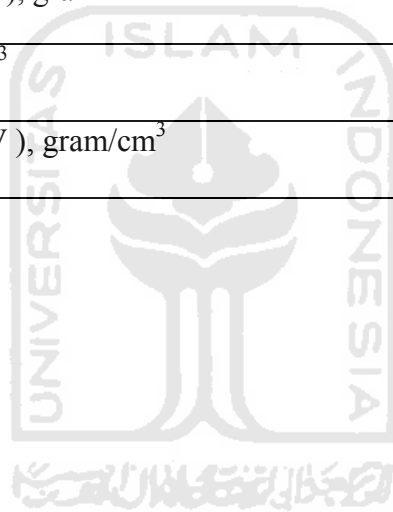
<b>URAIAN</b>	<b>SAMPEL</b>
Berat tabung ( $W_1$ ), gram	16000
Berat tabung + agregat kering tungku ( $W_2$ ), gram	32000
Berat agregat bersih ( $W_3$ ), gram	16000
Volume tabung ( $V$ ), $\text{cm}^3$	10765,318
Berat isi padat = ( $W_3 / V$ ), $\text{gram}/\text{cm}^3$	1,486



## HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS

**Pasir Asal : Kali Gendol**

<b>URAIAN</b>	<b>SAMPEL</b>
Berat tabung ( $W_1$ ), gram	16000
Berat tabung + agregat kering tungku ( $W_2$ ), gram	34000
Berat agregat bersih ( $W_3$ ), gram	18000
Volume tabung ( $V$ ), $\text{cm}^3$	10765,318
Berat isi padat = ( $W_3 / V$ ), $\text{gram}/\text{cm}^3$	1,672

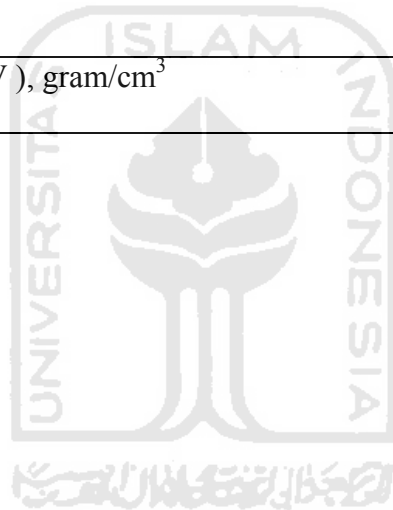




## HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT KASAR

**Kerikil Asal : Clereng**

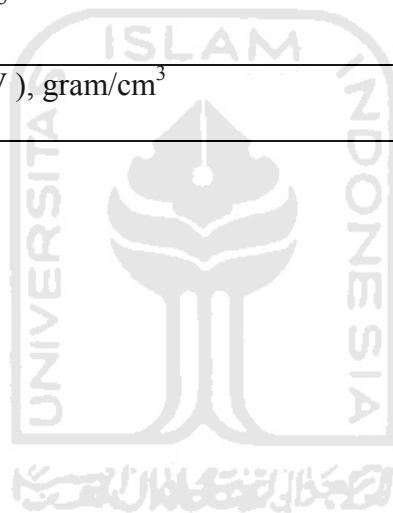
URAIAN	SAMPEL
Berat tabung ( $W_1$ ), gram	16000
Berat tabung + agregat kering tungku ( $W_2$ ), gram	30100
Berat agregat bersih ( $W_3$ ), gram	14100
Volume tabung ( $V$ ), $\text{cm}^3$	10765,318
Berat isi padat = ( $W_3 / V$ ), $\text{gram}/\text{cm}^3$	1,309



## HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT KASAR

**Kerikil Asal : Clereng**

URAIAN	SAMPEL
Berat tabung ( $W_1$ ), gram	16000
Berat tabung + agregat kering tungku ( $W_2$ ), gram	31000
Berat agregat bersih ( $W_3$ ), gram	15000
Volume tabung ( $V$ ), $\text{cm}^3$	10765,318
Berat isi padat = ( $W_3 / V$ ), $\text{gram}/\text{cm}^3$	1,393



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

Pasir Asal : Kali Gendol

Lubang ayakan ( mm )	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
4,8	6	0,3	0,3	99,7
2,40	142	7,1	7,4	92,6
1,20	338	16,9	24,3	75,7
0,60	585	29,25	53,55	46,45
0,30	460	23	76,55	23,45
0,15	330	16,5	93,05	6,95
Sisa	139	6,95	-	-
<b>Jumlah</b>	<b>2000</b>	<b>100</b>	<b>255,15</b>	<b>-</b>

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{255,15}{100} = 2,551$$

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**

Lubang ayakan ( mm )	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
20	1600	32	32	68
10	3300	66	98	2
4,80	75	1,5	99,5	0,5
Sisa	25	0,5	-	-
<b>jumlah</b>	<b>5000</b>	<b>100</b>	<b>229,5</b>	<b>-</b>

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{229,5}{100} = 2,295$$

## HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

Pasir Asal : Kali Gendol

URAIAN	CONTOH
Berat pasir kering mutlak, gram ( BK )	498
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram ( ssd )	<b>500</b>
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram ( Bt )	986
Berat piknometer berisi air, gram ( B )	668
Berat jenis curah, gram/cm <sup>3</sup> .....( 1 ) $Bk / ( B + 500 - Bt )$	2,736
Berat jenis jenuh kering muka, gr/cm <sup>3</sup> .....( 2 ) $500 / ( B + Bk - Bt )$	2,777
Berat jenis semu.....( 3 ) $Bk / ( B + Bk - Bt )$	2,767
Penyerapan air.....( 4 ) $( 500 - Bk ) / Bk \times 100 \%$	0,4 %

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 )	4962
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram ( Bj )	<b>5000</b>
Berat kerikil dalam air, gram ( Ba )	3040
Berat jenis curah,.....( 1 ) $Bk / ( Bj - Ba )$	2,532
Berat jenis jenuh kering muka,.....( 2 ) $Bj / ( Bj - Ba )$	2,551
Berat jenis semu..... ( 3 ) $Bk / ( Bk - Ba )$	2,582
Penyerapan air..... ( 4 ) $( Bj - Bk ) / Bk \times 100 \%$	0,765 %

## HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

Pasir Asal : Kali Gendol

URAIAN	CONTOH
Berat pasir kering mutlak, gram ( BK )	494
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram ( ssd )	<b>500</b>
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram ( Bt )	994
Berat piknometer berisi air, gram ( B )	679
Berat jenis curah, gram/cm <sup>3</sup> .....( 1 ) $Bk / ( B + 500 - Bt )$	2,670
Berat jenis jenuh kering muka, gr/cm <sup>3</sup> .....( 2 ) $500 / ( B + Bk - Bt )$	2,793
Berat jenis semu.....( 3 ) $Bk / ( B + Bk - Bt )$	2,759
Penyerapan air.....( 4 ) $( 500 - Bk ) / Bk \times 100 \%$	1,214 %

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 )	4967
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram ( Bj )	<b>5000</b>
Berat kerikil dalam air, gram ( Ba )	3040
Berat jenis curah,.....( 1 ) $Bk / ( Bj - Ba )$	2,534
Berat jenis jenuh kering muka,.....( 2 ) $Bj / ( Bj - Ba )$	2,551
Berat jenis semu..... ( 3 ) $Bk / ( Bk - Ba )$	2,577
Penyerapan air..... ( 4 ) $( Bj - Bk ) / Bk \times 100 \%$	0,664 %



## HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

Pasir Asal : Kali Gendol

URAIAN	CONTOH
Berat pasir kering mutlak, gram ( BK )	491
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram ( ssd )	<b>500</b>
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram ( Bt )	986,5
Berat piknometer berisi air, gram ( B )	668
Berat jenis curah, gram/cm <sup>3</sup> .....( 1 ) $Bk / ( B + 500 - Bt )$	2,705
Berat jenis jenuh kering muka, gr/cm <sup>3</sup> .....( 2 ) $500 / ( B + Bk - Bt )$	2,754
Berat jenis semu.....( 3 ) $Bk / ( B + Bk - Bt )$	2,846
Penyerapan air.....( 4 ) $( 500 - Bk ) / Bk \times 100 \%$	1,83 %

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 )	4957
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram ( Bj )	<b>5000</b>
Berat kerikil dalam air, gram ( Ba )	3040
Berat jenis curah,.....( 1 ) $Bk / ( Bj - Ba )$	2,529
Berat jenis jenuh kering muka,.....( 2 ) $Bj / ( Bj - Ba )$	2,551
Berat jenis semu..... ( 3 ) $Bk / ( Bk - Ba )$	2,585
Penyerapan air..... ( 4 ) $( Bj - Bk ) / Bk \times 100 \%$	0,867 %

### PERHTUNGAN PROPORSI CAMPURAN

fc' :	50 Mpa	<b>Agregat Halus</b>	
fcr :	66,288889 Mpa pada umur 28 hari	Modulus kehalusan	2,55
Fraksi volume agregat kasar optimum	0,68	Berat jenis relatif	2,75
Kadar agregat kasar padat kering	947,24	Kapasitas absorpsi	0,018
Kebutuhan air	175	Berat isi padat kering	1672
Kadar udara	0,02	<b>AGgregat Kasar</b>	
Kadar rongga udara (V)	39,2	Ukuran maximal	15
Koreksi kadar air	19,95	Berat jenis relatif	2,57
Maka kebutuhan air total	194,95	Kapasitas absorpsi	0,027
<b>Penentuan rasio W/(c+p)</b>		Berat isi padat kering	1393
fcr' (kekuatan lapangan)	59,66	<b>Semen Portland type I</b>	
Nilai rasio W/(c+p)	0,336	Berat jenis relatif	3,15
Total bahan yang bersifat semen (c+p)	580,208	<b>Abu Terbang kelas C</b>	
		Berat jenis relatif	2,64
		<b>Superplasticizer</b>	
		Sikamen LN	1,2
		<b>Nilai slump</b>	25 -50

#### Campuran Dasar

Semen	580,21	3,15	184,19
Agregat kasar	947,24	2,57	368,58
Air	194,95		194,95
Kadar udara	0,02	1000,00	20,00
<b>Total</b>			<b>767,72</b>

Kebutuhan volume pasir per m<sup>3</sup> (liter) 232,28  
0,23  
Dikonversi menjadi (kg) 638,77

Semen	580,21
Agregat kasar	947,24
Air	194,95
Pasir	638,77

#### Menggunakan bahan tambah = abu terbang (5%) + sikament LN (1%)

Abu terbang  
Sikament LN  
jumlah semen

#### Campuran Varian.I

Semen	551,20
Abu terbang	29,01
<b>Total</b>	<b>580,21</b>

#### Campuran Varian.I

Air	194,95
Bahan semen	185,97
Agregat kasar	368,58
Kadar udara	20,00
<b>Total</b>	<b>769,50</b>

#### Volume bahan bersifat semen

Semen	174,98
Abu terbang	10,99
<b>Total</b>	<b>185,97</b>

#### Proporsi campuran I

Air	194,95
Semen	551,20
Abu terbang	29,01
Sikament LN	5,80
Agregat kasar	947,24
Pasir	633,88

maka kebutuhan volume

pasir :

230,50

berat pasir kering oven :

0,23

633,88

Menggunakan bahan tambah = abu terbang (10%) + sikament LN (1%)

**Camp Varian.II**

Semen	522,19
Abu terbang	58,02
Total	580,21

**Campuran Varian.II**

Air	194,95
Bahan semen	187,75
Agregat kasar	368,58
Kadar udara	20,00
Sub total	771,28

**Volume bahan bersifat semen**

Semen	165,77
Abu terbang	21,98
Total	187,75

**Proporsi campuran II**

Air	194,95
Semen	522,19
Abu terbang	58,02
Sikament LN	5,80
Agregat kasar	947,24
Pasir	628,99

maka kebutuhan volume pasir :  
berat pasir kering oven :

228,72  
0,23                      628,99

Menggunakan bahan tambah = abu terbang (15%) + sikament LN (1%)

**Camp Varian.III**

Semen	493,18
Abu terbang	87,03
Total	580,21

**Camp Varian.III**

Air	194,95
Bahan semen	189,53
Agregat kasar	368,58
Kadar udara	20,00
Sub total	773,06

**Volume bahan bersifat semen**

Semen	156,56
Abu terbang	32,97
Total	189,53

**Proporsi campuran III**

Air	194,95
Semen	493,18
Abu terbang	87,03
Sikament LN	5,80
Agregat kasar	947,24
Pasir	624,09

maka kebutuhan volume pasir :  
berat pasir kering oven :

226,94  
0,23                      624,09

Menggunakan bahan tambah = abu terbang (20%) + sikament LN (1%)

**Campuran Varian.IV**

Semen	464,17
Abu terbang	116,04
Total	580,21

**Campuran Varian.IV**

Air	194,95
Bahan semen	191,31
Agregat kasar	368,58
Kadar udara	20,00
Sub total	774,84

**Volume bahan bersifat semen**

Semen	147,35
Abu terbang	43,96
Total	191,31

**Proporsi campuran IV**

Air	194,95
Semen	464,17
Abu terbang	116,04
Sikament LN	5,80
Agregat kasar	947,24
Pasir	619,20

maka kebutuhan volume pasir :  
berat pasir kering oven :

225,16  
0,23                      619,20

Menggunakan bahan tambah = abu terbang (25%) + sikament LN (1%)

**Camp Varian.V**

Semen	435,16
Abu terbang	145,05
Total	580,21

**Volume bahan bersifat semen**

Semen	138,14
Abu terbang	54,94
Total	193,09

**Camp Varian.V**

Air	194,95
Bahan semen	193,09
Agregat kasar	368,58
Kadar udara	20,00
Sub total	776,61

**Proporsi campuran V**

Air	194,95
Semen portland	435,16
Abu terbang	145,05
Sikament LN	5,80
Agregat kasar	947,24
Pasir	614,31

maka kebutuhan volume pasir : 223,39

berat pasir kering oven : 0,22 614,31

Menggunakan bahan tambah = abu terbang (30%) + sikament LN (1%)

**Campuran Varian.VI**

Semen	406,15
Abu terbang	174,06
Total	580,21

**Volume bahan bersifat semen**

Semen	128,94
Abu terbang	65,93
Total	194,87

**Campuran Varian.VI**

Air	194,95
Bahan semen	194,87
Agregat kasar	368,58
Kadar udara	20,00
Sub total	778,39

**Proporsi campuran VI**

Air	194,95
Semen portland	406,15
Abu terbang	174,06
Sikament LN	5,80
Agregat kasar	947,24
Pasir	609,42

maka kebutuhan volume pasir : 221,61

berat pasir kering oven : 0,22 609,42

**Proporsi per m<sup>3</sup> campuran (berat kering)**

Tipe Campuran	Dasar	Variasi I	Variasi II	Variasi III	Variasi IV	Variasi V	Variasi VI
Air	194,95	194,95	194,95	194,95	194,95	194,95	194,95
Semen	580,21	551,20	522,19	493,18	464,17	435,16	406,15
Abu terbang	0,00	29,01	58,02	87,03	116,04	145,05	174,06
Sikament LN	0,00	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80
Agregat kasar	947,24	947,24	947,24	947,24	947,24	947,24	947,24
Pasir	638,77	633,88	628,99	624,09	619,20	614,31	609,42

**CAMPURAN COBA**

Kadar air pasir 0,004

Kadar air agregat kasar 0,0076

Tipe Campuran	Dasar	Variasi I	Variasi II	Variasi III	Variasi IV	Variasi V	Variasi VI
Agregat Kasar (basah)	954,44	954,44	954,44	954,44	954,44	954,44	954,44
Pasir (basah)	641,33	636,42	631,50	626,59	621,68	616,77	611,85
Air	185,20	185,22	185,24	185,25	185,27	185,29	185,31

**Proporsi Campuran**

Tipe Campuran	Dasar	Variasi I	Variasi II	Variasi III	Variasi IV	Variasi V	Variasi VI
Air	185,20	185,22	185,24	185,25	185,27	185,29	185,31
Bahan semen	580,21	580,21	580,21	580,21	580,21	580,21	580,21
Agregat kasar	954,44	954,44	954,44	954,44	954,44	954,44	954,44
Pasir	641,33	636,42	631,50	626,59	621,68	616,77	611,85

**Proporsi Campuran per m<sup>3</sup> (sesuai kondisi kebasahan agregat)**

Tipe Campuran	Dasar	Variasi I	Variasi II	Variasi III	Variasi IV	Variasi V	Variasi VI
Air	185,20	185,22	185,24	185,25	185,27	185,29	185,31
Semen Portland	580,21	551,20	522,19	493,18	464,17	435,16	406,15
Abu Terbang	0,00	29,01	58,02	87,03	116,04	145,05	174,06
Sikament LN	0,00	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80
Agregat Kasar	954,44	954,44	954,44	954,44	954,44	954,44	954,44
Pasir	641,33	636,42	631,50	626,59	621,68	616,77	611,85
Total	2361,17	2362,08	2357,19	2352,30	2347,40	2342,51	2337,62

**Proporsi per campuran coba** 0,061

Tipe Campuran	Dasar	Variasi I	Variasi II	Variasi III	Variasi IV	Variasi V	Variasi VI
Air	11,29	11,29	11,29	11,29	11,29	11,29	11,29
Semen	35,36	33,60	31,83	30,06	28,29	26,52	24,75
Abu terbang	0,00	1,77	3,54	5,30	7,07	8,84	10,61
Sikament	0,00	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
agregat kasar	58,17	58,17	58,17	58,17	58,17	58,17	58,17
Pasir	39,09	38,79	38,49	38,19	37,89	37,59	37,29
Total	143,91	143,97	143,67	143,37	143,07	142,78	142,48

**Penyesuaian proporsi campuran coba****Campuran Dasar**

Slump 25 - 50

Kadar air 17,1

air	17,10
semen	46,44
abu terbang	0,00
sikament	0,00
agregat kasar	53,36
pasir	26,32

volume yang direncanakan 0,061

volume yang terjadi 0,0668

proporsi 1 m<sup>3</sup>

air	263,73
semen portland	695,60
abu terbang	0,00
sikament	0,00
agregat kasar	793,22
pasir	392,66

rasio W/(c+p) baru 0,37914

rasio W/(c+p) lama 0,336

karena rasio baru &gt; rasio lama, maka volume semen ditambah

bahan semen baru 784,916 249,18

bahan semen lama 761,936 241,88

pengurangan volume pasir 7,2952 0,0073 20,0617

Maka proporsi campuran dasar per m<sup>3</sup>

air	263,73
semen	784,92
abu terbang	0,00
sekament	0,00
agregat kasar	793,22
pasir	372,60

Varian I

Slump 25 - 50  
Kadar air 17,1

air	17,10
semen	44,11
abu terbang	2,32
sekamen	0,46
agregat kasar	53,36
pasir	25,95

volume yang direncanakan 0,061  
volume yang terjadi 0,0668  
proporsi 1m<sup>3</sup>

air	263,71
semen	660,71
abu terbang	34,75
sikament	5,30
agregat kasar	793,24
pasir	387,15

rasio W/(c+p) baru 0,49785  
rasio W/(c+p) lama 0,336

karena volume baru > dari rasio lama maka volume semen ditambah

bahan semen baru	784,864	251,57		
bahan semen lama	761,936	244,22		
pengurangan volume pasir		7,3491	0,00735	20,2099

maka proporsi campuran V.I per m<sup>3</sup>

air	263,71
semen	745,62
abu terbang	39,24
sikament	7,85
agregat kasar	793,24
pasir	366,94



## Variasi.2

Slump 25 - 50

Kadar air 17,1

air	17,10
semen	41,79
abu terbang	4,64
sikament	0,46
agregat kasar	53,36
pasir	25,58

volume yang direncanakan 0,061

volume yang terjadi 0,0668

proporsi 1m<sup>3</sup> 529,71

air	263,70
semen	476,74
abu terbang	52,97
sikament	5,30
agregat kasar	793,25
pasir	381,64

rasio W/(c+p) baru 0,49781

rasio W/(c+p) lama 0,336

karena rasio baru &gt; dari rasio lamamaka volume semen ditambah

bahan semen baru 784,812 253,96

bahan semen lama 761,936 246,56

pengurangan volume pasir 7,4026 0,0074 20,3573

maka proporsi campuran V.III per m<sup>3</sup>

air	263,70
semen	706,33
abu terbang	78,48
sikament	7,85
agregat kasar	793,25
pasir	361,28

## Variasi.3

Slump 25 - 50

Kadar air 17,1

air	17,10
semen	39,47
abu terbang	6,97
sikament	0,46
agregat kasar	53,36
pasir	25,21

volume yang direncanakan 0,061

volume yang terjadi 0,0668

proporsi 1m<sup>3</sup> 529,72

air	263,68
semen	450,27
abu terbang	79,46
sikament	5,30
agregat kasar	793,27
pasir	376,12

rasio W/(c+p) baru 0,49777

rasio W/(c+p) lama 0,336

karena rasio baru &gt; dari rasio lama maka volume semen ditambah

bahan semen baru 784,761 256,35

bahan semen lama 761,936 248,89

pengurangan volume pasir 7,4559 0,00746 20,5037

maka proporsi campuran V.III per m<sup>3</sup>

air	263,68
semen	667,05
abu terbang	117,71
sikament	7,85
agregat kasar	793,27
pasir	355,62

## Variasi.4

Slump 25 - 50  
Kadar air 17,1

air	17,10
semen	37,15
abu terbang	9,29
sikament	0,46
agregat kasar	53,36
pasir	24,84

volume yang direncanakan 0,06095  
volume yang terjadi 0,066758  
proporsi 1m<sup>3</sup> 529,7334

air	263,66
semen	418,49
abu terbang	105,95
sikament	5,30
agregat kasar	793,28
pasir	370,61

rasio W/(c+p) baru 0,49772627  
rasio W/(c+p) lama 0,336

karena rasio baru > dari rasio lama, maka volume semen ditambah

bahan semen baru 784,708999 258,7388  
bahan semen lama 761,936013 251,23  
pengurangan volume pasir 7,508842 0,007509 20,64931

maka proporsi campuran Variasi 4 per m<sup>3</sup>

air	263,66
semen	627,77
abu terbang	156,94
sikament	7,85
agregat kasar	793,28
pasir	349,96

Varian 5

Slump 25 - 50

Kadar air 17,1

air	17,10
semen	34,83
abu terbang	11,61
sekamen	0,46
agregat kasar	53,36
pasir	24,47

volume yang direncanakan 0,06095

volume yang terjadi 0,066756

proporsi 1m<sup>3</sup> 529,7429

air	263,64
semen	397,31
abu terbang	132,44
sikament	5,30
agregat kasar	793,30
pasir	365,10

rasio W/(c+p) baru 0,49768458

rasio W/(c+p) lama 0,336

karena volume baru > dari rasio lama maka volume semen ditambah

bahan semen baru 784,657301 261,1278

bahan semen lama 761,936013 253,5664

pengurangan volume pasir 7,561467 0,007561 20,79404

maka proporsi campuran V.I per m<sup>3</sup>

air	263,64
semen	588,49
abu terbang	196,16
sikament	7,85
agregat kasar	793,30
pasir	344,30

**Variasi.6**

Slump 25 - 50

Kadar air 17,1

air	17,10
semen	32,50
abu terbang	13,93
sikament	0,46
agregat kasar	53,36
pasir	24,10

volume yang direncanakan 0,06095

volume yang terjadi 0,066755

proporsi 1m<sup>3</sup> 529,7523

air	263,63
semen	370,83
abu terbang	158,93
sikament	5,30
agregat kasar	793,31
pasir	359,58

rasio W/(c+p) baru 0,4976429

rasio W/(c+p) lama 0,336

karena rasio baru &lt; dari rasio lamamaka volume semen ditambah

bahan semen baru 784,6056 263,5165

bahan semen lama 761,936013 255,9028

pengurangan volume pasir 7,613776 0,007614 20,93788

maka proporsi campuran V.III per m<sup>3</sup>

air	263,63
semen	549,22
abu terbang	235,38
sikament	7,85
agregat kasar	793,31
pasir	338,64

**Proporsi Campuran per 1 m<sup>3</sup>**

Tipe Campuran	Dasar	Variasi I	Variasi II	Variasi III	Variasi IV	Variasi V	Variasi VI
Air	263,73	263,71	263,70	263,68	263,66	263,64	263,63
Semen	784,92	745,62	706,33	667,05	627,77	588,49	549,22
Abu terbang	0,00	39,24	78,48	117,71	156,94	196,16	235,38
Sikament.LN	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85
Agregat kasar	793,22	793,24	793,25	793,27	793,28	793,30	793,31
Pasir	372,60	366,94	361,28	355,62	349,96	344,30	338,64
Total	2222,32	2216,61	2210,89	2205,18	2199,46	2193,75	2188,03

## Proporsi campuran Beton Normal

Kadar air pasir : 0,4%

Kadar air kerikil : 0,76%

**Proporsi Campuran per 1 m<sup>3</sup>**

Tipe Campuran	Dasar	Variasi I	Variasi II	Variasi III	Variasi IV	Variasi V	Variasi VI
Air	263,73	263,71	263,70	263,68	263,66	263,64	263,63
Semen	784,92	745,62	706,33	667,05	627,77	588,49	549,22
Abu terbang	0,00	39,24	78,48	117,71	156,94	196,16	235,38
Sikament.LN	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85
Agregat kasar	793,22	793,24	793,25	793,27	793,28	793,30	793,31
Pasir	372,60	366,94	361,28	355,62	349,96	344,30	338,64
Total	2222,32	2216,61	2210,89	2205,18	2199,46	2193,75	2188,03

## Proporsi campuran Variasi 1, 2, 3

Kadar air pasir : 1,214%

Kadar air kerikil : 0,66 %

**Proporsi Campuran per 1 m<sup>3</sup>**

Tipe Campuran	Dasar	Variasi I	Variasi II	Variasi III	Variasi IV	Variasi V	Variasi VI
Air	265,04	264,99	264,94	264,89	264,84	264,78	264,73
Semen	788,81	749,23	709,65	670,10	630,56	591,04	551,53
Abu terbang	0,00	39,43	78,85	118,25	157,64	197,01	236,37
Sikament.LN	7,85	7,89	7,89	7,88	7,88	7,88	7,88
Agregat kasar	791,01	791,05	791,09	791,13	791,18	791,22	791,26
Pasir	364,62	359,10	353,57	348,05	342,53	337,01	331,49
Total	2217,33	2211,68	2205,99	2200,30	2194,62	2188,94	2183,26

## Proporsi campuran Variasi 4, 5, 6

Kadar air pasir : 1,83 %

Kadar air kerikil : 0,87 %

**Proporsi Campuran per 1 m<sup>3</sup>**

Tipe Campuran	Dasar	Variasi I	Variasi II	Variasi III	Variasi IV	Variasi V	Variasi VI
Air	267,50	267,43	267,35	267,28	267,20	267,12	267,05
Semen	796,14	756,12	716,12	676,14	636,19	596,26	556,35
Abu terbang	0,00	39,80	79,57	119,32	159,05	198,75	238,44
Sikament.LN	7,85	7,96	7,96	7,95	7,95	7,95	7,95
Agregat kasar	785,35	785,41	785,47	785,54	785,60	785,66	785,72
Pasir	353,94	348,48	343,03	337,58	332,14	326,69	321,25
Total	2210,78	2205,19	2199,50	2193,81	2188,12	2182,44	2176,76

### HASIL UJI KUAT DESAK

Sampel :  
BMT Normal

No	Beton			Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban Maks (KN)	Berat Vol (t/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak (MPa)
	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Berat (kg)				
1	303	150	12,400	17662,50	490,5	2,3170	27,77
2	303	155	12,500	18859,63	505,7	2,1874	26,81
3	304	150	12,500	17662,50	536,0	2,3280	30,35
4	301	151	12,400	17898,79	586,1	2,3016	32,75
5	302	151	12,500	17898,79	674,1	2,3125	37,66
6	302	151	12,400	17898,79	637,0	2,2940	35,59
7	303	151	12,500	17898,79	816,0	2,3049	45,59
8	304	151	12,500	17969,98	710,0	2,2919	39,51
9	303	153	12,400	18328,05	616,0	2,2314	33,61
10	304	153	12,500	18328,05	807,8	2,2435	44,07
							38,40

Sampel :  
BMT 5%

No	Beton			Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban Maks (KN)	Berat Vol (t/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak (MPa)
	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Berat (kg)				
1	301	153	12,400	18376,07	494,6	2,2418	26,92
2	303	151	12,200	17898,79	460,5	2,2495	25,73
3	302	150	12,300	17662,50	503,1	2,3059	28,48
4	303	152	12,500	18136,64	583,9	2,2746	32,19
5	301	151	12,300	17898,79	699,1	2,2830	39,06
6	302	151	12,400	17898,79	595,2	2,2940	33,25
7	303	152	12,400	18136,64	759,2	2,2564	41,86
8	299	151	12,400	17898,79	669,3	2,3139	37,39
9	304	151	12,200	17780,45	765,8	2,2608	43,07
10	305	152	12,400	18136,64	700,5	2,2453	38,62
							37,92





Sampel :  
BMT 20%

No	Beton			Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban Maks (KN)	Berat Vol (t/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak (MPa)
	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Berat (kg)				
1	302	154	12,400	18617,06	479,7	2,2055	25,77
2	300	150	12,200	17662,50	464,7	2,3024	26,31
3	300	151	12,400	17898,79	547,5	2,3093	30,59
4	302	150	12,400	17662,50	577,7	2,3247	32,71
5	300	151	12,100	17898,79	669,2	2,2534	37,39
6	300	151	12,200	17898,79	759,5	2,2720	42,43
7	300	152	12,400	18136,64	696,7	2,2790	38,41
8	301	152	12,400	18208,30	818,2	2,2647	44,94
9	300	152	12,200	18065,12	746,6	2,2511	41,33
10	300	151	12,200	17804,08	764,5	2,2841	42,94
							40,02

Sampel :  
BMT 25%

No	Beton			Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban Maks (KN)	Berat Vol (t/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak (MPa)
	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Berat (kg)				
1	302	150	12,300	17662,50	542,8	2,3059	30,73
2	303	150	12,300	17662,50	597,1	2,2983	33,81
3	298	152	12,400	18136,64	568,1	2,2943	31,32
4	302	151	12,500	17898,79	642,8	2,3125	35,91
5	301	152	12,400	18136,64	897,1	2,2714	49,46
6	304	153	12,500	18376,07	769,1	2,2376	41,85
7	302	150	12,400	17662,50	626,9	2,3247	35,49
8	303	151	12,400	17780,45	757,1	2,3024	42,58
9	302	151	12,300	17969,98	835,2	2,2680	46,48
10	302	151	12,400	17851,40	667,6	2,3001	37,40
							41,31

Sampel :  
BMT 30%

No	Beton			Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban Maks (KN)	Berat Vol (t/m <sup>3</sup> )	Kuat Desak (MPa)
	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Berat (kg)				
1	303	152	12,600	18136,64	528,9	2,2928	29,16
2	303	152	12,600	18136,64	510,5	2,2928	28,15
3	300	150	12,300	17662,50	489,2	2,3213	27,70
4	304	150	12,400	17662,50	597,1	2,3094	33,81
5	303	152	12,500	18136,64	585,1	2,2746	32,26
6	302	151	12,300	17898,79	777,6	2,2755	43,44
7	301	151	12,500	17898,79	827,9	2,3202	46,25
8	302	150	12,300	17709,63	687,9	2,3013	38,84
9	305	150	12,500	17686,06	748,3	2,3203	42,31
10	302	151	12,500	17993,74	689,6	2,3018	38,32
							39,32



**Tabel D.1 Hasil Uji Tegangan Regangan Umur 28 (Beton Dasar)**

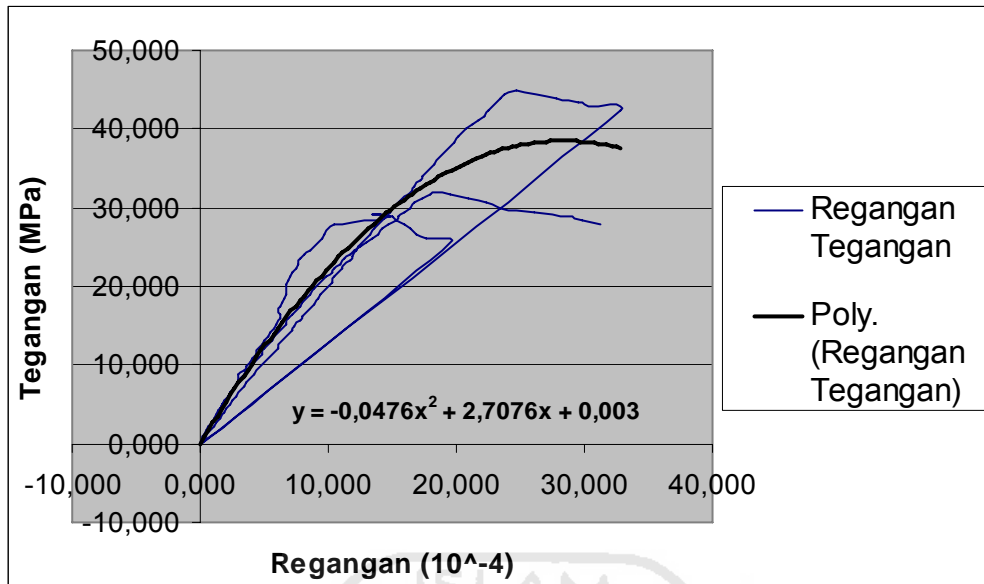
Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	10000	9	4,500	0,225	0,556	0,225
20	20000	18	9,000	0,450	1,113	0,450
30	30000	29	14,500	0,725	1,669	0,725
40	40000	40	20,000	1,000	2,226	1,000
50	50000	50	25,000	1,250	2,782	1,250
60	60000	60	30,000	1,500	3,339	1,500
70	70000	72	36,000	1,800	3,895	1,800
80	80000	81	40,500	2,025	4,452	2,025
90	90000	90	45,000	2,250	5,008	2,250
100	100000	100	50,000	2,500	5,565	2,500
110	110000	112	56,000	2,800	6,121	2,800
120	120000	124	62,000	3,100	6,678	3,100
130	130000	135	67,500	3,375	7,234	3,375
140	140000	144	72,000	3,600	7,791	3,600
150	150000	157	78,500	3,925	8,347	3,925
160	160000	170	85,000	4,250	8,904	4,250
170	170000	180	90,000	4,500	9,460	4,500
180	180000	194	97,000	4,850	10,017	4,850
190	190000	205	102,500	5,125	10,573	5,125
200	200000	216	108,000	5,400	11,130	5,400
210	210000	227	113,500	5,675	11,686	5,675
220	220000	239	119,500	5,975	12,243	5,975
230	230000	250	125,000	6,250	12,799	6,250
240	240000	262	131,000	6,550	13,356	6,550
250	250000	273	136,500	6,825	13,912	6,825
260	260000	285	142,500	7,125	14,469	7,125
270	270000	295	147,500	7,375	15,025	7,375
280	280000	308	154,000	7,700	15,582	7,700
290	290000	319	159,500	7,975	16,138	7,975
300	300000	329	164,500	8,225	16,695	8,225
310	310000	340	170,000	8,500	17,251	8,500
320	320000	352	176,000	8,800	17,807	8,800
330	330000	364	182,000	9,100	18,364	9,100
340	340000	376	188,000	9,400	18,920	9,400
350	350000	388	194,000	9,700	19,477	9,700
360	360000	399	199,500	9,975	20,033	9,975
370	370000	408	204,000	10,200	20,590	10,200
380	380000	418	209,000	10,450	21,146	10,450
390	390000	429	214,500	10,725	21,703	10,725
400	400000	440	220,000	11,000	22,259	11,000
410	410000	450	225,000	11,250	22,816	11,250
420	420000	464	232,000	11,600	23,372	11,600
430	430000	475	237,500	11,875	23,929	11,875
440	440000	485	242,500	12,125	24,485	12,125

450	450000	495	247,500	12,375	25,042	12,375
460	460000	506	253,000	12,650	25,598	12,650
470	470000	518	259,000	12,950	26,155	12,950
480	480000	531	265,500	13,275	26,711	13,275
490	490000	542	271,000	13,550	27,268	13,550
500	500000	554	277,000	13,850	27,824	13,850
510	510000	566	283,000	14,150	28,381	14,150
520	520000	581	290,500	14,525	28,937	14,525
530	530000	592	296,000	14,800	29,494	14,800
540	540000	606	303,000	15,150	30,050	15,150
550	550000	619	309,500	15,475	30,607	15,475
560	560000	631	315,500	15,775	31,163	15,775
570	570000	646	323,000	16,150	31,720	16,150
580	580000	658	329,000	16,450	32,276	16,450
590	590000	670	335,000	16,750	32,833	16,750
600	600000	684	342,000	17,100	33,389	17,100
610	610000	694	347,000	17,350	33,946	17,350
620	620000	705	352,500	17,625	34,502	17,625
630	630000	716	358,000	17,900	35,058	17,900
640	640000	729	364,500	18,225	35,615	18,225
650	650000	742	371,000	18,550	36,171	18,550
660	660000	755	377,500	18,875	36,728	18,875
670	670000	768	384,000	19,200	37,284	19,200
680	680000	781	390,500	19,525	37,841	19,525
690	690000	792	396,000	19,800	38,397	19,800
700	700000	806	403,000	20,150	38,954	20,150
710	710000	818	409,000	20,450	39,510	20,450
720	720000	829	414,500	20,725	40,067	20,725
730	730000	850	425,000	21,250	40,623	21,250
740	740000	870	435,000	21,750	41,180	21,750
750	750000	887	443,500	22,175	41,736	22,175
760	760000	899	449,500	22,475	42,293	22,475
770	770000	910	455,000	22,750	42,849	22,750
780	780000	923	461,500	23,075	43,406	23,075
790	790000	934	467,000	23,350	43,962	23,350
800	800000	950	475,000	23,750	44,519	23,750
807,5	807500	985	492,500	24,625	44,936	24,625
790	790000	1110	555,000	27,750	43,962	27,750
780	780000	1180	590,000	29,500	43,406	29,500
770	770000	1225	612,500	30,625	42,849	30,625
760	760000	1310	655,000	32,750	42,293	32,750
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	10000	9	4,500	0,225	0,546	0,225
20	20000	14	7,000	0,350	1,091	0,350
30	30000	21	10,500	0,525	1,637	0,525
40	40000	28	14,000	0,700	2,182	0,700
50	50000	38	19,000	0,950	2,728	0,950
60	60000	46	23,000	1,150	3,274	1,150

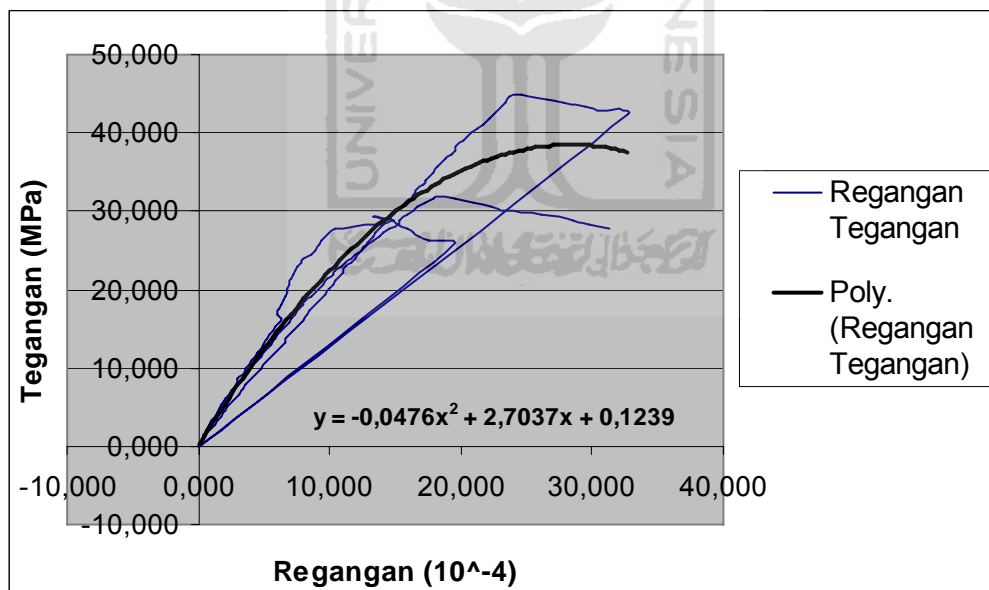
70	70000	54	27,000	1,350	3,819	1,350
80	80000	61	30,500	1,525	4,365	1,525
90	90000	69	34,500	1,725	4,911	1,725
100	100000	77	38,500	1,925	5,456	1,925
110	110000	86	43,000	2,150	6,002	2,150
120	120000	95	47,500	2,375	6,547	2,375
130	130000	103	51,500	2,575	7,093	2,575
140	140000	111	55,500	2,775	7,639	2,775
150	150000	120	60,000	3,000	8,184	3,000
160	160000	120	60,000	3,000	8,730	3,000
170	170000	136	68,000	3,400	9,275	3,400
180	180000	145	72,500	3,625	9,821	3,625
190	190000	154	77,000	3,850	10,367	3,850
200	200000	162	81,000	4,050	10,912	4,050
210	210000	171	85,500	4,275	11,458	4,275
220	220000	178	89,000	4,450	12,003	4,450
230	230000	190	95,000	4,750	12,549	4,750
240	240000	199	99,500	4,975	13,095	4,975
250	250000	209	104,500	5,225	13,640	5,225
260	260000	217	108,500	5,425	14,186	5,425
270	270000	228	114,000	5,700	14,732	5,700
280	280000	237	118,500	5,925	15,277	5,925
290	290000	246	123,000	6,150	15,823	6,150
300	300000	250	125,000	6,250	16,368	6,250
310	310000	242	121,000	6,050	16,914	6,050
320	320000	248	124,000	6,200	17,460	6,200
330	330000	255	127,500	6,375	18,005	6,375
340	340000	260	130,000	6,500	18,551	6,500
350	350000	265	132,500	6,625	19,096	6,625
360	360000	269	134,500	6,725	19,642	6,725
370	370000	270	135,000	6,750	20,188	6,750
380	380000	274	137,000	6,850	20,733	6,850
390	390000	281	140,500	7,025	21,279	7,025
400	400000	286	143,000	7,150	21,824	7,150
410	410000	296	148,000	7,400	22,370	7,400
420	420000	304	152,000	7,600	22,916	7,600
430	430000	313	156,500	7,825	23,461	7,825
440	440000	322	161,000	8,050	24,007	8,050
450	450000	344	172,000	8,600	24,553	8,600
460	460000	357	178,500	8,925	25,098	8,925
470	470000	366	183,000	9,150	25,644	9,150
480	480000	377	188,500	9,425	26,189	9,425
490	490000	384	192,000	9,600	26,735	9,600
500	500000	400	200,000	10,000	27,281	10,000
510	510000	415	207,500	10,375	27,826	10,375
520	520000	533	266,500	13,325	28,372	13,325
530	530000	592	296,000	14,800	28,917	14,800
536	536000	535	267,500	13,375	29,245	13,375

530	530000	596	298,000	14,900	28,917	14,900
520	520000	609	304,500	15,225	28,372	15,225
510	510000	634	317,000	15,850	27,826	15,850
500	500000	655	327,500	16,375	27,281	16,375
490	490000	676	338,000	16,900	26,735	16,900
480	480000	704	352,000	17,600	26,189	17,600
470	470000	779	389,500	19,475	25,644	19,475
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	10000	5	2,500	0,125	0,546	0,125
20	20000	12	6,000	0,300	1,091	0,300
30	30000	19	9,500	0,475	1,637	0,475
40	40000	26	13,000	0,650	2,182	0,650
50	50000	34	17,000	0,850	2,728	0,850
60	60000	41	20,500	1,025	3,274	1,025
70	70000	50	25,000	1,250	3,819	1,250
80	80000	58	29,000	1,450	4,365	1,450
90	90000	66	33,000	1,650	4,911	1,650
100	100000	75	37,500	1,875	5,456	1,875
110	110000	83	41,500	2,075	6,002	2,075
120	120000	94	47,000	2,350	6,547	2,350
130	130000	104	52,000	2,600	7,093	2,600
140	140000	113	56,500	2,825	7,639	2,825
150	150000	124	62,000	3,100	8,184	3,100
160	160000	134	67,000	3,350	8,730	3,350
170	170000	144	72,000	3,600	9,275	3,600
180	180000	155	77,500	3,875	9,821	3,875
190	190000	167	83,500	4,175	10,367	4,175
200	200000	178	89,000	4,450	10,912	4,450
210	210000	189	94,500	4,725	11,458	4,725
220	220000	200	100,000	5,000	12,003	5,000
230	230000	211	105,500	5,275	12,549	5,275
240	240000	221	110,500	5,525	13,095	5,525
250	250000	232	116,000	5,800	13,640	5,800
260	260000	242	121,000	6,050	14,186	6,050
270	270000	253	126,500	6,325	14,732	6,325
280	280000	264	132,000	6,600	15,277	6,600
290	290000	275	137,500	6,875	15,823	6,875
300	300000	285	142,500	7,125	16,368	7,125
310	310000	297	148,500	7,425	16,914	7,425
320	320000	309	154,500	7,725	17,460	7,725
330	330000	320	160,000	8,000	18,005	8,000
340	340000	327	163,500	8,175	18,551	8,175
350	350000	344	172,000	8,600	19,096	8,600
360	360000	356	178,000	8,900	19,642	8,900
370	370000	370	185,000	9,250	20,188	9,250
380	380000	380	190,000	9,500	20,733	9,500
390	390000	394	197,000	9,850	21,279	9,850
400	400000	410	205,000	10,250	21,824	10,250

410	410000	420	210,000	10,500	22,370	10,500
420	420000	435	217,500	10,875	22,916	10,875
430	430000	450	225,000	11,250	23,461	11,250
440	440000	464	232,000	11,600	24,007	11,600
450	450000	480	240,000	12,000	24,553	12,000
460	460000	497	248,500	12,425	25,098	12,425
470	470000	515	257,500	12,875	25,644	12,875
480	480000	535	267,500	13,375	26,189	13,375
490	490000	552	276,000	13,800	26,735	13,800
500	500000	566	283,000	14,150	27,281	14,196
510	510000	584	292,000	14,600	27,826	14,646
520	520000	610	305,000	15,250	28,372	15,296
530	530000	615	307,500	15,375	28,917	15,421
540	540000	634	317,000	15,850	29,463	15,896
550	550000	655	327,500	16,375	30,009	16,421
560	560000	670	335,000	16,750	30,554	16,796
570	570000	689	344,500	17,225	31,100	17,271
580	580000	715	357,500	17,875	31,645	17,921
586,1	586100	730	365,000	18,250	31,978	18,296
580	580000	780	390,000	19,500	31,645	19,546
570	570000	835	417,500	20,875	31,100	20,921
560	560000	895	447,500	22,375	30,554	22,421
550	550000	935	467,500	23,375	30,009	23,421
540	540000	1045	522,500	26,125	29,463	26,171
530	530000	1140	570,000	28,500	28,917	28,546
520	520000	1190	595,000	29,750	28,372	29,796
510	510000	1250	625,000	31,250	27,826	31,296



Gambar D.1 Grafik Tegangan Regangan Umur 28 (Beton Dasar)



Gambar D.2 Grafik Koreksi Tegangan Regangan Umur 28 (Beton Dasar)



**Tabel D.2 Hasil Uji Tegangan Regangan Umur 28 .Beton Variasi 1 (5%)**

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	10000	5	2,500	0,125	0,559	0,169
20	20000	11	5,500	0,275	1,117	0,319
30	30000	19	9,500	0,475	1,676	0,519
40	40000	29	14,500	0,725	2,235	0,769
50	50000	40	20,000	1,000	2,793	1,044
60	60000	48	24,000	1,200	3,352	1,244
70	70000	58	29,000	1,450	3,911	1,494
80	80000	67	33,500	1,675	4,470	1,719
90	90000	79	39,500	1,975	5,028	2,019
100	100000	89	44,500	2,225	5,587	2,269
110	110000	96	48,000	2,400	6,146	2,444
120	120000	105	52,500	2,625	6,704	2,669
130	130000	114	57,000	2,850	7,263	2,894
140	140000	128	64,000	3,200	7,822	3,244
150	150000	134	67,000	3,350	8,380	3,394
160	160000	146	73,000	3,650	8,939	3,694
170	170000	157	78,500	3,925	9,498	3,969
180	180000	167	83,500	4,175	10,057	4,219
190	190000	177	88,500	4,425	10,615	4,469
200	200000	190	95,000	4,750	11,174	4,794
210	210000	196	98,000	4,900	11,733	4,944
220	220000	204	102,000	5,100	12,291	5,144
230	230000	220	110,000	5,500	12,850	5,544
240	240000	255	127,500	6,375	13,409	6,419
250	250000	275	137,500	6,875	13,967	6,919
260	260000	293	146,500	7,325	14,526	7,369
270	270000	320	160,000	8,000	15,085	8,044
280	280000	338	169,000	8,450	15,644	8,494
290	290000	360	180,000	9,000	16,202	9,044
300	300000	385	192,500	9,625	16,761	9,669
310	310000	407	203,500	10,175	17,320	10,219
320	320000	435	217,500	10,875	17,878	10,919
330	330000	440	220,000	11,000	18,437	11,044
340	340000	456	228,000	11,400	18,996	11,444
350	350000	469	234,500	11,725	19,554	11,769
360	360000	485	242,500	12,125	20,113	12,169
370	370000	501	250,500	12,525	20,672	12,569
380	380000	515	257,500	12,875	21,230	12,919
390	390000	531	265,500	13,275	21,789	13,319
400	400000	568	284,000	14,200	22,348	14,244
410	410000	591	295,500	14,775	22,907	14,819
420	420000	617	308,500	15,425	23,465	15,469
430	430000	652	326,000	16,300	24,024	16,344
440	440000	686	343,000	17,150	24,583	17,194

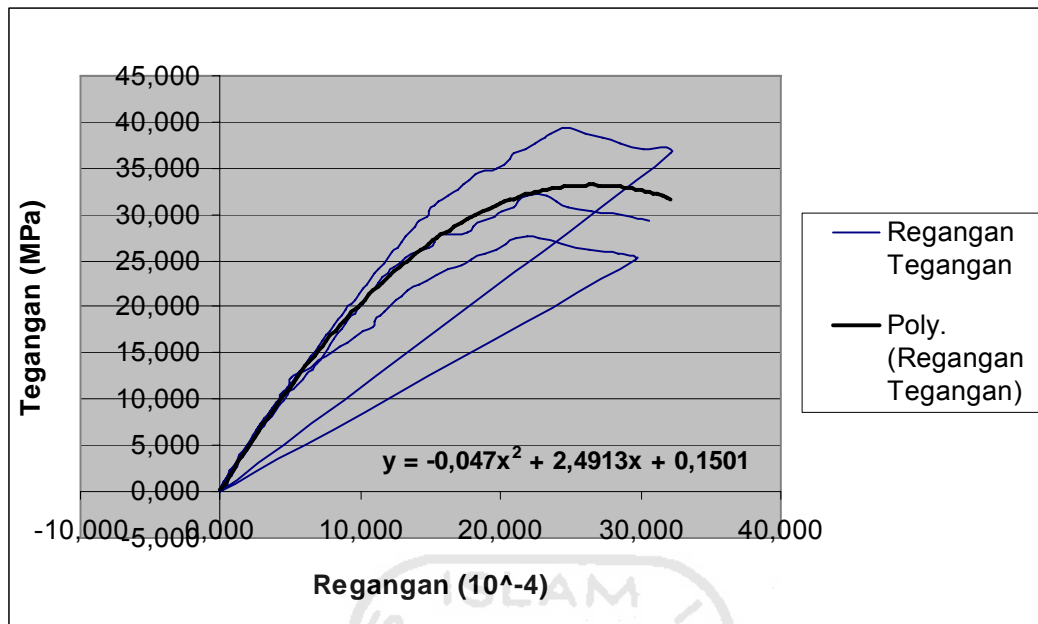
450	450000	717	358,500	17,925	25,141	17,969
460	460000	752	376,000	18,800	25,700	18,844
470	470000	786	393,000	19,650	26,259	19,694
480	480000	817	408,500	20,425	26,817	20,469
490	490000	845	422,500	21,125	27,376	21,169
494,6	494600	875	437,500	21,875	27,633	21,919
490	490000	907	453,500	22,675	27,376	22,719
480	480000	976	488,000	24,400	26,817	24,444
470	470000	1054	527,000	26,350	26,259	26,394
460	460000	1135	567,500	28,375	25,700	28,419
450	450000	1185	592,500	29,625	25,141	29,669
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,044
10	10000	6	3,000	0,150	0,562	0,194
20	20000	11	5,500	0,275	1,125	0,319
30	30000	19	9,500	0,475	1,687	0,519
40	40000	26	13,000	0,650	2,250	0,694
50	50000	35	17,500	0,875	2,812	0,919
60	60000	45	22,500	1,125	3,374	1,169
70	70000	55	27,500	1,375	3,937	1,419
80	80000	64	32,000	1,600	4,499	1,644
90	90000	74	37,000	1,850	5,062	1,894
100	100000	84	42,000	2,100	5,624	2,144
110	110000	94	47,000	2,350	6,187	2,394
120	120000	105	52,500	2,625	6,749	2,669
130	130000	115	57,500	2,875	7,311	2,919
140	140000	125	62,500	3,125	7,874	3,169
150	150000	135	67,500	3,375	8,436	3,419
160	160000	146	73,000	3,650	8,999	3,694
170	170000	157	78,500	3,925	9,561	3,969
180	180000	167	83,500	4,175	10,123	4,219
190	190000	180	90,000	4,500	10,686	4,544
200	200000	190	95,000	4,750	11,248	4,794
210	210000	201	100,500	5,025	11,811	5,069
220	220000	212	106,000	5,300	12,373	5,344
230	230000	225	112,500	5,625	12,936	5,669
240	240000	235	117,500	5,875	13,498	5,919
250	250000	245	122,500	6,125	14,060	6,169
260	260000	257	128,500	6,425	14,623	6,469
270	270000	268	134,000	6,700	15,185	6,744
280	280000	280	140,000	7,000	15,748	7,044
290	290000	290	145,000	7,250	16,310	7,294
300	300000	300	150,000	7,500	16,872	7,544
310	310000	312	156,000	7,800	17,435	7,844
320	320000	325	162,500	8,125	17,997	8,169
330	330000	334	167,000	8,350	18,560	8,394
340	340000	346	173,000	8,650	19,122	8,694
350	350000	357	178,500	8,925	19,685	8,969
360	360000	371	185,500	9,275	20,247	9,319

370	370000	385	192,500	9,625	20,809	9,669
380	380000	395	197,500	9,875	21,372	9,919
390	390000	405	202,500	10,125	21,934	10,169
400	400000	416	208,000	10,400	22,497	10,444
410	410000	430	215,000	10,750	23,059	10,794
420	420000	442	221,000	11,050	23,621	11,094
430	430000	452	226,000	11,300	24,184	11,344
440	440000	465	232,500	11,625	24,746	11,669
450	450000	479	239,500	11,975	25,309	12,019
460	460000	490	245,000	12,250	25,871	12,294
470	470000	504	252,000	12,600	26,434	12,644
480	480000	515	257,500	12,875	26,996	12,919
490	490000	526	263,000	13,150	27,558	13,194
500	500000	540	270,000	13,500	28,121	13,544
510	510000	555	277,500	13,875	28,683	13,919
520	520000	565	282,500	14,125	29,246	14,169
530	530000	590	295,000	14,750	29,808	14,794
540	540000	595	297,500	14,875	30,370	14,919
550	550000	610	305,000	15,250	30,933	15,294
560	560000	623	311,500	15,575	31,495	15,619
570	570000	652	326,000	16,300	32,058	16,344
580	580000	680	340,000	17,000	32,620	17,044
590	590000	695	347,500	17,375	33,183	17,419
600	600000	710	355,000	17,750	33,745	17,794
610	610000	725	362,500	18,125	34,307	18,169
620	620000	790	395,000	19,750	34,870	19,794
630	630000	810	405,000	20,250	35,432	20,294
640	640000	825	412,500	20,625	35,995	20,669
650	650000	840	420,000	21,000	36,557	21,044
660	660000	870	435,000	21,750	37,119	21,794
670	670000	898	449,000	22,450	37,682	22,494
680	680000	925	462,500	23,125	38,244	23,169
690	690000	945	472,500	23,625	38,807	23,669
699,1	699100	985	492,500	24,625	39,318	24,669
690	690000	1040	520,000	26,000	38,807	26,044
680	680000	1090	545,000	27,250	38,244	27,294
670	670000	1140	570,000	28,500	37,682	28,544
660	660000	1210	605,000	30,250	37,119	30,294
650	650000	1285	642,500	32,125	36,557	32,169
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,044
10	10000	15	7,500	0,375	0,551	0,419
20	20000	22	11,000	0,550	1,103	0,594
30	30000	29	14,500	0,725	1,654	0,769
40	40000	37	18,500	0,925	2,205	0,969
50	50000	45	22,500	1,125	2,757	1,169
60	60000	54	27,000	1,350	3,308	1,394
70	70000	64	32,000	1,600	3,860	1,644
80	80000	74	37,000	1,850	4,411	1,894

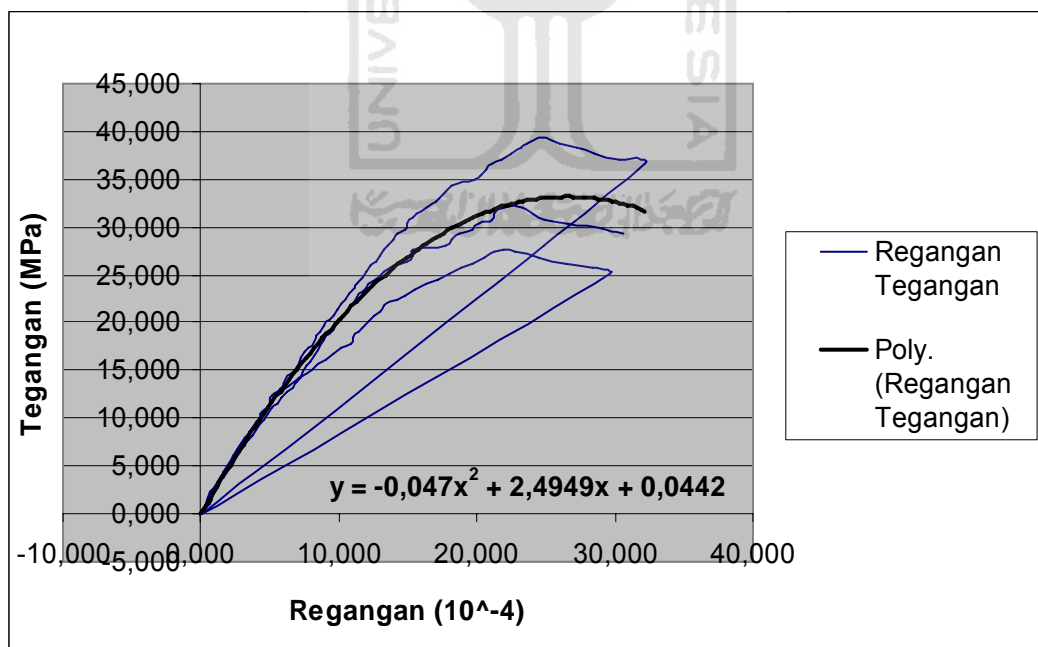
90	90000	85	42,500	2,125	4,962	2,169
100	100000	93	46,500	2,325	5,514	2,369
110	110000	103	51,500	2,575	6,065	2,619
120	120000	114	57,000	2,850	6,616	2,894
130	130000	126	63,000	3,150	7,168	3,194
140	140000	135	67,500	3,375	7,719	3,419
150	150000	146	73,000	3,650	8,271	3,694
160	160000	157	78,500	3,925	8,822	3,969
170	170000	168	84,000	4,200	9,373	4,244
180	180000	182	91,000	4,550	9,925	4,594
190	190000	193	96,500	4,825	10,476	4,869
200	200000	206	103,000	5,150	11,027	5,194
210	210000	219	109,500	5,475	11,579	5,519
220	220000	234	117,000	5,850	12,130	5,894
230	230000	249	124,500	6,225	12,682	6,269
240	240000	264	132,000	6,600	13,233	6,644
250	250000	275	137,500	6,875	13,784	6,919
260	260000	287	143,500	7,175	14,336	7,219
270	270000	294	147,000	7,350	14,887	7,394
280	280000	305	152,500	7,625	15,438	7,669
290	290000	315	157,500	7,875	15,990	7,919
300	300000	325	162,500	8,125	16,541	8,169
310	310000	335	167,500	8,375	17,092	8,419
320	320000	346	173,000	8,650	17,644	8,694
330	330000	357	178,500	8,925	18,195	8,969
340	340000	369	184,500	9,225	18,747	9,269
350	350000	382	191,000	9,550	19,298	9,594
360	360000	393	196,500	9,825	19,849	9,869
370	370000	405	202,500	10,125	20,401	10,169
380	380000	416	208,000	10,400	20,952	10,444
390	390000	427	213,500	10,675	21,503	10,719
400	400000	439	219,500	10,975	22,055	11,019
410	410000	451	225,500	11,275	22,606	11,319
420	420000	464	232,000	11,600	23,158	11,644
430	430000	479	239,500	11,975	23,709	12,019
440	440000	495	247,500	12,375	24,260	12,419
450	450000	511	255,500	12,775	24,812	12,819
460	460000	527	263,500	13,175	25,363	13,219
470	470000	559	279,500	13,975	25,914	14,019
480	480000	595	297,500	14,875	26,466	14,919
490	490000	612	306,000	15,300	27,017	15,344
500	500000	615	307,500	15,375	27,569	15,419
510	510000	706	353,000	17,650	28,120	17,694
520	520000	723	361,500	18,075	28,671	18,119
530	530000	748	374,000	18,700	29,223	18,744
540	540000	785	392,500	19,625	29,774	19,669
550	550000	802	401,000	20,050	30,325	20,094
560	560000	840	420,000	21,000	30,877	21,044

570	570000	848	424,000	21,200	31,428	21,244
580	580000	878	439,000	21,950	31,979	21,994
583,9	583900	906	453,000	22,650	32,194	22,694
580	580000	929	464,500	23,225	31,979	23,269
570	570000	957	478,500	23,925	31,428	23,969
560	560000	992	496,000	24,800	30,877	24,844
550	550000	1058	529,000	26,450	30,325	26,494
540	540000	1175	587,500	29,375	29,774	29,419
530	530000	1225	612,500	30,625	29,223	30,669





**Gambar D.3 Grafik Tegangan Regangan Umur 28 Variasi 1 (5%)**



**Gambar D.4 Grafik Koreksi Tegangan Regangan Umur 28 Variasi 1 (5%)**

**Tabel D.3 Hasil Uji Tegangan Regangan Umur 28 Hari. Beton V2 (10%)**

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg Koreksi
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	10000	3	1,500	0,075	0,544	0,309
20	20000	8	4,000	0,200	1,088	0,434
30	30000	15	7,500	0,375	1,633	0,609
40	40000	21	10,500	0,525	2,177	0,759
50	50000	28	14,000	0,700	2,721	0,934
60	60000	36	18,000	0,900	3,265	1,134
70	70000	44	22,000	1,100	3,809	1,334
80	80000	51	25,500	1,275	4,353	1,509
90	90000	56	28,000	1,400	4,898	1,634
100	100000	64	32,000	1,600	5,442	1,834
110	110000	71	35,500	1,775	5,986	2,009
120	120000	77	38,500	1,925	6,530	2,159
130	130000	84	42,000	2,100	7,074	2,334
140	140000	90	45,000	2,250	7,619	2,484
150	150000	97	48,500	2,425	8,163	2,659
160	160000	104	52,000	2,600	8,707	2,834
170	170000	112	56,000	2,800	9,251	3,034
180	180000	120	60,000	3,000	9,795	3,234
190	190000	127	63,500	3,175	10,340	3,409
200	200000	135	67,500	3,375	10,884	3,609
210	210000	143	71,500	3,575	11,428	3,809
220	220000	151	75,500	3,775	11,972	4,009
230	230000	160	80,000	4,000	12,516	4,234
240	240000	170	85,000	4,250	13,060	4,484
250	250000	178	89,000	4,450	13,605	4,684
260	260000	186	93,000	4,650	14,149	4,884
270	270000	194	97,000	4,850	14,693	5,084
280	280000	200	100,000	5,000	15,237	5,234
290	290000	206	103,000	5,150	15,781	5,384
300	300000	247	123,500	6,175	16,326	6,409
310	310000	273	136,500	6,825	16,870	7,059
320	320000	282	141,000	7,050	17,414	7,284
330	330000	288	144,000	7,200	17,958	7,434
340	340000	297	148,500	7,425	18,502	7,659
350	350000	306	153,000	7,650	19,047	7,884
360	360000	316	158,000	7,900	19,591	8,134
370	370000	324	162,000	8,100	20,135	8,334
380	380000	328	164,000	8,200	20,679	8,434
390	390000	338	169,000	8,450	21,223	8,684
400	400000	357	178,500	8,925	21,767	9,159
410	410000	367	183,500	9,175	22,312	9,409
420	420000	378	189,000	9,450	22,856	9,684
430	430000	389	194,500	9,725	23,400	9,959
440	440000	398	199,000	9,950	23,944	10,184

450	450000	410	205,000	10,250	24,488	10,484
460	460000	425	212,500	10,625	25,033	10,859
470	470000	440	220,000	11,000	25,577	11,234
480	480000	455	227,500	11,375	26,121	11,609
490	490000	470	235,000	11,750	26,665	11,984
500	500000	480	240,000	12,000	27,209	12,234
510	510000	490	245,000	12,250	27,753	12,484
520	520000	506	253,000	12,650	28,298	12,884
530	530000	516	258,000	12,900	28,842	13,134
540	540000	525	262,500	13,125	29,386	13,359
560	560000	534	267,000	13,350	30,474	13,584
570	570000	544	272,000	13,600	31,019	13,834
580	580000	558	279,000	13,950	31,563	14,184
590	590000	566	283,000	14,150	32,107	14,384
597,5	597500	578	289,000	14,450	32,515	14,684
590	590000	598	299,000	14,950	32,107	15,184
580	580000	625	312,500	15,625	31,563	15,859
570	570000	675	337,500	16,875	31,019	17,109
560	560000	730	365,000	18,250	30,474	18,484
550	550000	786	393,000	19,650	29,930	19,884
540	540000	826	413,000	20,650	29,386	20,884
530	530000	915	457,500	22,875	28,842	23,109
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,234
10	10000	5	2,500	0,125	0,548	0,359
20	20000	12	6,000	0,300	1,097	0,534
30	30000	19	9,500	0,475	1,645	0,709
40	40000	27	13,500	0,675	2,194	0,909
50	50000	34	17,000	0,850	2,742	1,084
60	60000	41	20,500	1,025	3,291	1,259
70	70000	47	23,500	1,175	3,839	1,409
80	80000	55	27,500	1,375	4,388	1,609
90	90000	62	31,000	1,550	4,936	1,784
100	100000	69	34,500	1,725	5,485	1,959
110	110000	76	38,000	1,900	6,033	2,134
120	120000	83	41,500	2,075	6,582	2,309
130	130000	91	45,500	2,275	7,130	2,509
140	140000	97	48,500	2,425	7,679	2,659
150	150000	104	52,000	2,600	8,227	2,834
160	160000	112	56,000	2,800	8,776	3,034
170	170000	120	60,000	3,000	9,324	3,234
180	180000	123	61,500	3,075	9,873	3,309
190	190000	118	59,000	2,950	10,421	3,184
200	200000	112	56,000	2,800	10,970	3,034
210	210000	113	56,500	2,825	11,518	3,059
220	220000	116	58,000	2,900	12,067	3,134
230	230000	119	59,500	2,975	12,615	3,209
240	240000	123	61,500	3,075	13,164	3,309
250	250000	128	64,000	3,200	13,712	3,434

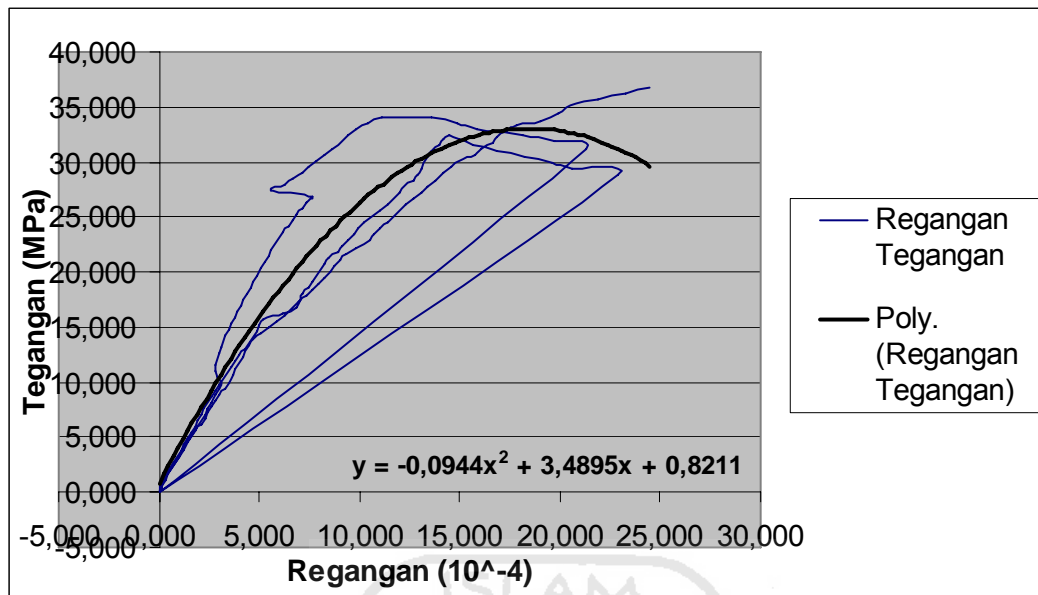


260	260000	134	67,000	3,350	14,260	3,584
270	270000	139	69,500	3,475	14,809	3,709
280	280000	144	72,000	3,600	15,357	3,834
290	290000	150	75,000	3,750	15,906	3,984
300	300000	155	77,500	3,875	16,454	4,109
310	310000	162	81,000	4,050	17,003	4,284
320	320000	168	84,000	4,200	17,551	4,434
330	330000	175	87,500	4,375	18,100	4,609
340	340000	183	91,500	4,575	18,648	4,809
350	350000	189	94,500	4,725	19,197	4,959
360	360000	195	97,500	4,875	19,745	5,109
370	370000	203	101,500	5,075	20,294	5,309
380	380000	210	105,000	5,250	20,842	5,484
390	390000	218	109,000	5,450	21,391	5,684
400	400000	225	112,500	5,625	21,939	5,859
410	410000	231	115,500	5,775	22,488	6,009
420	420000	238	119,000	5,950	23,036	6,184
430	430000	247	123,500	6,175	23,585	6,409
440	440000	257	128,500	6,425	24,133	6,659
450	450000	268	134,000	6,700	24,682	6,934
460	460000	275	137,500	6,875	25,230	7,109
470	470000	285	142,500	7,125	25,779	7,359
480	480000	294	147,000	7,350	26,327	7,584
490	490000	306	153,000	7,650	26,875	7,884
500	500000	224	112,000	5,600	27,424	5,834
510	510000	252	126,000	6,300	27,972	6,534
520	520000	268	134,000	6,700	28,521	6,934
530	530000	285	142,500	7,125	29,069	7,359
540	540000	298	149,000	7,450	29,618	7,684
550	550000	313	156,500	7,825	30,166	8,059
560	560000	330	165,000	8,250	30,715	8,484
570	570000	344	172,000	8,600	31,263	8,834
580	580000	365	182,500	9,125	31,812	9,359
590	590000	379	189,500	9,475	32,360	9,709
600	600000	393	196,500	9,825	32,909	10,059
610	610000	415	207,500	10,375	33,457	10,609
620	620000	445	222,500	11,125	34,006	11,359
621,9	621900	495	247,500	12,375	34,110	12,609
620	620000	545	272,500	13,625	34,006	13,859
610	610000	595	297,500	14,875	33,457	15,109
600	600000	635	317,500	15,875	32,909	16,109
590	590000	725	362,500	18,125	32,360	18,359
580	580000	790	395,000	19,750	31,812	19,984
570	570000	850	425,000	21,250	31,263	21,484
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,234
10	10000	4	2,000	0,100	0,556	0,334
20	20000	10	5,000	0,250	1,113	0,484
30	30000	19	9,500	0,475	1,669	0,709

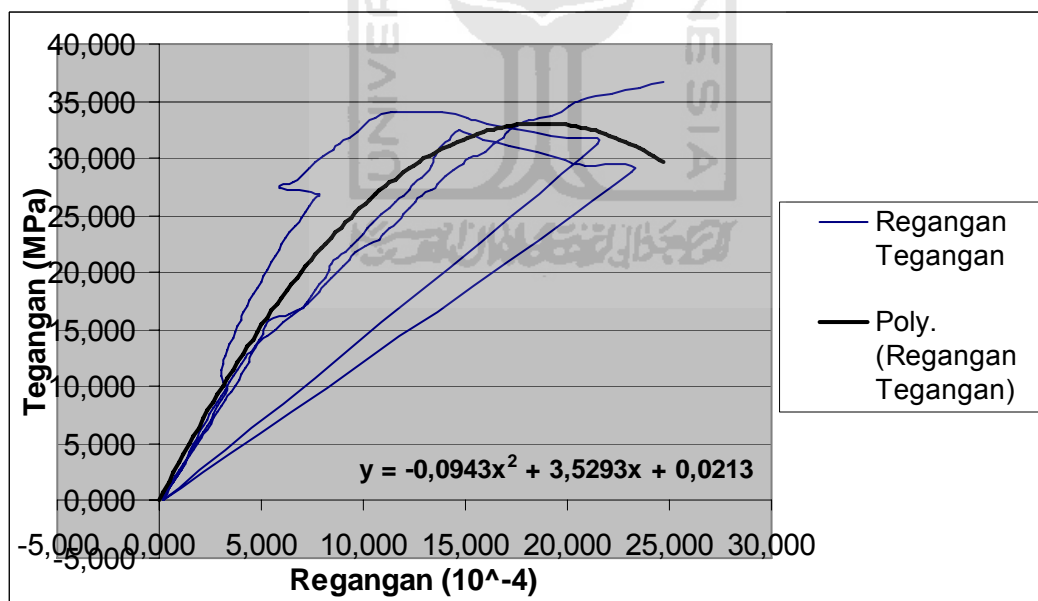
40	40000	27	13,500	0,675	2,226	0,909
50	50000	35	17,500	0,875	2,782	1,109
60	60000	43	21,500	1,075	3,339	1,309
70	70000	50	25,000	1,250	3,895	1,484
80	80000	58	29,000	1,450	4,452	1,684
90	90000	66	33,000	1,650	5,008	1,884
100	100000	74	37,000	1,850	5,565	2,084
110	110000	83	41,500	2,075	6,121	2,309
120	120000	91	45,500	2,275	6,678	2,509
130	130000	98	49,000	2,450	7,234	2,684
140	140000	105	52,500	2,625	7,791	2,859
150	150000	114	57,000	2,850	8,347	3,084
160	160000	122	61,000	3,050	8,904	3,284
170	170000	131	65,500	3,275	9,460	3,509
180	180000	140	70,000	3,500	10,017	3,734
190	190000	149	74,500	3,725	10,573	3,959
200	200000	153	76,500	3,825	11,130	4,059
210	210000	159	79,500	3,975	11,686	4,209
220	220000	166	83,000	4,150	12,243	4,384
230	230000	172	86,000	4,300	12,799	4,534
240	240000	178	89,000	4,450	13,356	4,684
250	250000	188	94,000	4,700	13,912	4,934
260	260000	202	101,000	5,050	14,469	5,284
270	270000	220	110,000	5,500	15,025	5,734
280	280000	235	117,500	5,875	15,582	6,109
290	290000	251	125,500	6,275	16,138	6,509
300	300000	266	133,000	6,650	16,695	6,884
310	310000	280	140,000	7,000	17,251	7,234
320	320000	293	146,500	7,325	17,807	7,559
330	330000	306	153,000	7,650	18,364	7,884
340	340000	317	158,500	7,925	18,920	8,159
350	350000	329	164,500	8,225	19,477	8,459
360	360000	340	170,000	8,500	20,033	8,734
370	370000	351	175,500	8,775	20,590	9,009
380	380000	363	181,500	9,075	21,146	9,309
390	390000	375	187,500	9,375	21,703	9,609
400	400000	395	197,500	9,875	22,259	10,109
410	410000	422	211,000	10,550	22,816	10,784
420	420000	430	215,000	10,750	23,372	10,984
430	430000	441	220,500	11,025	23,929	11,259
440	440000	456	228,000	11,400	24,485	11,634
450	450000	469	234,500	11,725	25,042	11,959
460	460000	482	241,000	12,050	25,598	12,284
470	470000	493	246,500	12,325	26,155	12,559
480	480000	506	253,000	12,650	26,711	12,884
490	490000	523	261,500	13,075	27,268	13,309
500	500000	536	268,000	13,400	27,824	13,634
510	510000	552	276,000	13,800	28,381	14,034

520	520000	568	284,000	14,200	28,937	14,434
530	530000	585	292,500	14,625	29,494	14,859
540	540000	598	299,000	14,950	30,050	15,184
550	550000	630	315,000	15,750	30,607	15,984
560	560000	644	322,000	16,100	31,163	16,334
570	570000	665	332,500	16,625	31,720	16,859
580	580000	673	336,500	16,825	32,276	17,059
590	590000	693	346,500	17,325	32,833	17,559
600	600000	715	357,500	17,875	33,389	18,109
606,5	606500	760	380,000	19,000	33,751	19,234
620	620000	795	397,500	19,875	34,502	20,109
630	630000	820	410,000	20,500	35,058	20,734
640	640000	875	437,500	21,875	35,615	22,109
650	650000	930	465,000	23,250	36,171	23,484
660	660000	980	490,000	24,500	36,728	24,734





Gambar D.5 Grafik Tegangan Regangan Umur 28 Hari Variasi 2 (10%)



Gambar D.6 Grafik Koreksi Tegangan Regangan Umur 28 Hari. V2(10%)

**Tabel D.4 Hasil Uji Tegangan Regangan Umur 28 Hari. Variasi 3 (15%)**

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Reg ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	10000	3	1,500	0,075	0,554	0,372
20	20000	9	4,500	0,225	1,109	0,522
30	30000	15	7,500	0,375	1,663	0,672
40	40000	21	10,500	0,525	2,217	0,822
50	50000	28	14,000	0,700	2,771	0,997
60	60000	35	17,500	0,875	3,326	1,172
70	70000	42	21,000	1,050	3,880	1,347
80	80000	51	25,500	1,275	4,434	1,572
90	90000	60	30,000	1,500	4,989	1,797
100	100000	65	32,500	1,625	5,543	1,922
110	110000	74	37,000	1,850	6,097	2,147
120	120000	83	41,500	2,075	6,651	2,372
130	130000	92	46,000	2,300	7,206	2,597
140	140000	101	50,500	2,525	7,760	2,822
150	150000	112	56,000	2,800	8,314	3,097
160	160000	119	59,500	2,975	8,869	3,272
170	170000	127	63,500	3,175	9,423	3,472
180	180000	137	68,500	3,425	9,977	3,722
190	190000	145	72,500	3,625	10,531	3,922
200	200000	154	77,000	3,850	11,086	4,147
210	210000	161	80,500	4,025	11,640	4,322
220	220000	169	84,500	4,225	12,194	4,522
230	230000	175	87,500	4,375	12,749	4,672
240	240000	208	104,000	5,200	13,303	5,497
250	250000	213	106,500	5,325	13,857	5,622
260	260000	217	108,500	5,425	14,411	5,722
270	270000	223	111,500	5,575	14,966	5,872
280	280000	229	114,500	5,725	15,520	6,022
290	290000	235	117,500	5,875	16,074	6,172
300	300000	241	120,500	6,025	16,629	6,322
310	310000	248	124,000	6,200	17,183	6,497
320	320000	255	127,500	6,375	17,737	6,672
330	330000	263	131,500	6,575	18,291	6,872
340	340000	268	134,000	6,700	18,846	6,997
350	350000	275	137,500	6,875	19,400	7,172
360	360000	281	140,500	7,025	19,954	7,322
370	370000	289	144,500	7,225	20,508	7,522
380	380000	298	149,000	7,450	21,063	7,747
390	390000	306	153,000	7,650	21,617	7,947
400	400000	315	157,500	7,875	22,171	8,172
410	410000	325	162,500	8,125	22,726	8,422
420	420000	335	167,500	8,375	23,280	8,672
430	430000	345	172,500	8,625	23,834	8,922
440	440000	354	177,000	8,850	24,388	9,147

450	450000	365	182,500	9,125	24,943	9,422
460	460000	376	188,000	9,400	25,497	9,697
470	470000	380	190,000	9,500	26,051	9,797
472,2	472200	385	192,500	9,625	26,173	9,922
470	470000	425	212,500	10,625	26,051	10,922
460	460000	485	242,500	12,125	25,497	12,422
450	450000	540	270,000	13,500	24,943	13,797
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,297
10	10000	5	2,500	0,125	0,548	0,422
20	20000	12	6,000	0,300	1,097	0,597
30	30000	19	9,500	0,475	1,645	0,772
40	40000	27	13,500	0,675	2,194	0,972
50	50000	35	17,500	0,875	2,742	1,172
60	60000	43	21,500	1,075	3,291	1,372
70	70000	51	25,500	1,275	3,839	1,572
80	80000	58	29,000	1,450	4,388	1,747
90	90000	66	33,000	1,650	4,936	1,947
100	100000	75	37,500	1,875	5,485	2,172
110	110000	82	41,000	2,050	6,033	2,347
120	120000	89	44,500	2,225	6,582	2,522
130	130000	96	48,000	2,400	7,130	2,697
140	140000	104	52,000	2,600	7,679	2,897
150	150000	112	56,000	2,800	8,227	3,097
160	160000	121	60,500	3,025	8,776	3,322
170	170000	130	65,000	3,250	9,324	3,547
180	180000	138	69,000	3,450	9,873	3,747
190	190000	147	73,500	3,675	10,421	3,972
200	200000	155	77,500	3,875	10,970	4,172
210	210000	164	82,000	4,100	11,518	4,397
220	220000	173	86,500	4,325	12,067	4,622
230	230000	182	91,000	4,550	12,615	4,847
240	240000	192	96,000	4,800	13,164	5,097
250	250000	195	97,500	4,875	13,712	5,172
260	260000	196	98,000	4,900	14,260	5,197
270	270000	198	99,000	4,950	14,809	5,247
280	280000	199	99,500	4,975	15,357	5,272
290	290000	202	101,000	5,050	15,906	5,347
300	300000	209	104,500	5,225	16,454	5,522
310	310000	215	107,500	5,375	17,003	5,672
320	320000	222	111,000	5,550	17,551	5,847
330	330000	229	114,500	5,725	18,100	6,022
340	340000	237	118,500	5,925	18,648	6,222
350	350000	239	119,500	5,975	19,197	6,272
360	360000	245	122,500	6,125	19,745	6,422
370	370000	356	178,000	8,900	20,294	9,197
380	380000	367	183,500	9,175	20,842	9,472
390	390000	380	190,000	9,500	21,391	9,797
400	400000	397	198,500	9,925	21,939	10,222

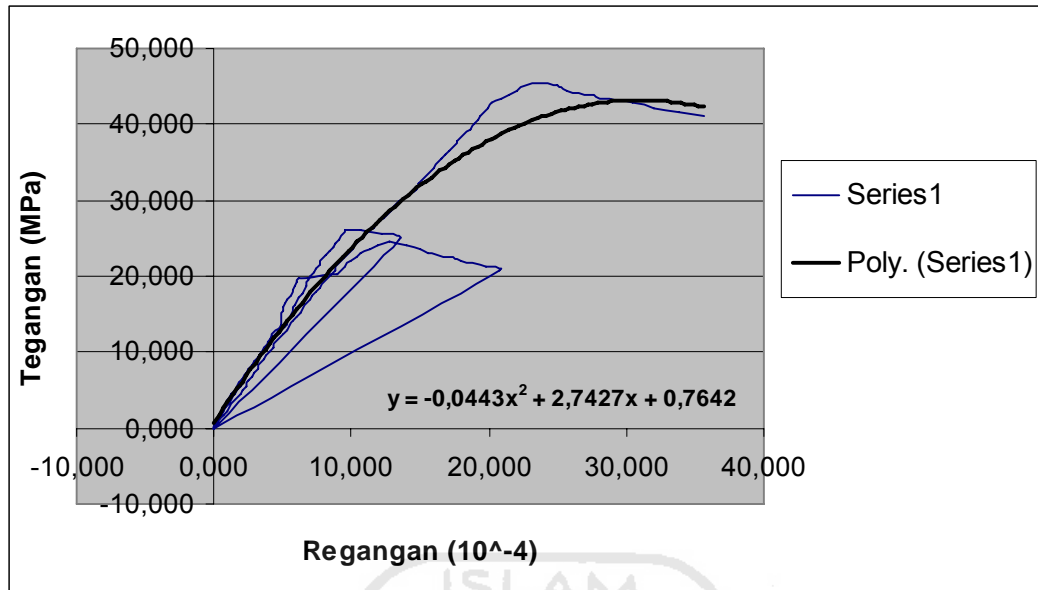
410	410000	415	207,500	10,375	22,488	10,672
420	420000	425	212,500	10,625	23,036	10,922
430	430000	455	227,500	11,375	23,585	11,672
440	440000	476	238,000	11,900	24,133	12,197
449	449000	510	255,000	12,750	24,627	13,047
440	440000	560	280,000	14,000	24,133	14,297
430	430000	599	299,500	14,975	23,585	15,272
420	420000	625	312,500	15,625	23,036	15,922
410	410000	685	342,500	17,125	22,488	17,422
400	400000	720	360,000	18,000	21,939	18,297
390	390000	790	395,000	19,750	21,391	20,047
380	380000	830	415,000	20,750	20,842	21,047
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,297
10	10000	9	4,500	0,225	0,563	0,522
20	20000	17	8,500	0,425	1,126	0,722
30	30000	28	14,000	0,700	1,689	0,997
40	40000	37	18,500	0,925	2,253	1,222
50	50000	46	23,000	1,150	2,816	1,447
60	60000	55	27,500	1,375	3,379	1,672
70	70000	65	32,500	1,625	3,942	1,922
80	80000	75	37,500	1,875	4,505	2,172
90	90000	85	42,500	2,125	5,068	2,422
100	100000	94	47,000	2,350	5,632	2,647
110	110000	102	51,000	2,550	6,195	2,847
120	120000	110	55,000	2,750	6,758	3,047
130	130000	119	59,500	2,975	7,321	3,272
140	140000	128	64,000	3,200	7,884	3,497
150	150000	136	68,000	3,400	8,447	3,697
160	160000	145	72,500	3,625	9,011	3,922
170	170000	153	76,500	3,825	9,574	4,122
180	180000	162	81,000	4,050	10,137	4,347
190	190000	173	86,500	4,325	10,700	4,622
200	200000	181	90,500	4,525	11,263	4,822
210	210000	191	95,500	4,775	11,826	5,072
220	220000	200	100,000	5,000	12,390	5,297
230	230000	210	105,000	5,250	12,953	5,547
240	240000	220	110,000	5,500	13,516	5,797
250	250000	230	115,000	5,750	14,079	6,047
260	260000	240	120,000	6,000	14,642	6,297
270	270000	250	125,000	6,250	15,205	6,547
280	280000	259	129,500	6,475	15,769	6,772
290	290000	269	134,500	6,725	16,332	7,022
300	300000	279	139,500	6,975	16,895	7,272
310	310000	288	144,000	7,200	17,458	7,497
320	320000	299	149,500	7,475	18,021	7,772
330	330000	309	154,500	7,725	18,584	8,022
340	340000	318	159,000	7,950	19,148	8,247
350	350000	329	164,500	8,225	19,711	8,522

360	360000	339	169,500	8,475	20,274	8,772
370	370000	350	175,000	8,750	20,837	9,047
380	380000	361	180,500	9,025	21,400	9,322
390	390000	372	186,000	9,300	21,963	9,597
400	400000	383	191,500	9,575	22,527	9,872
410	410000	393	196,500	9,825	23,090	10,122
420	420000	404	202,000	10,100	23,653	10,397
430	430000	416	208,000	10,400	24,216	10,697
440	440000	426	213,000	10,650	24,779	10,947
450	450000	439	219,500	10,975	25,342	11,272
460	460000	451	225,500	11,275	25,906	11,572
470	470000	464	232,000	11,600	26,469	11,897
480	480000	478	239,000	11,950	27,032	12,247
490	490000	491	245,500	12,275	27,595	12,572
500	500000	505	252,500	12,625	28,158	12,922
510	510000	516	258,000	12,900	28,721	13,197
520	520000	527	263,500	13,175	29,285	13,472
530	530000	541	270,500	13,525	29,848	13,822
540	540000	555	277,500	13,875	30,411	14,172
550	550000	572	286,000	14,300	30,974	14,597
560	560000	587	293,500	14,675	31,537	14,972
570	570000	596	298,000	14,900	32,100	15,197
580	580000	607	303,500	15,175	32,663	15,472
590	590000	617	308,500	15,425	33,227	15,722
600	600000	629	314,500	15,725	33,790	16,022
610	610000	639	319,500	15,975	34,353	16,272
620	620000	648	324,000	16,200	34,916	16,497
630	630000	659	329,500	16,475	35,479	16,772
640	640000	672	336,000	16,800	36,042	17,097
650	650000	684	342,000	17,100	36,606	17,397
660	660000	699	349,500	17,475	37,169	17,772
670	670000	707	353,500	17,675	37,732	17,972
680	680000	720	360,000	18,000	38,295	18,297
690	690000	732	366,000	18,300	38,858	18,597
700	700000	747	373,500	18,675	39,421	18,972
710	710000	758	379,000	18,950	39,985	19,247
720	720000	768	384,000	19,200	40,548	19,497
730	730000	776	388,000	19,400	41,111	19,697
740	740000	786	393,000	19,650	41,674	19,947
750	750000	796	398,000	19,900	42,237	20,197
760	760000	808	404,000	20,200	42,800	20,497
770	770000	837	418,500	20,925	43,364	21,222
780	780000	858	429,000	21,450	43,927	21,747
790	790000	880	440,000	22,000	44,490	22,297
800	800000	909	454,500	22,725	45,053	23,022
805,3	805300	945	472,500	23,625	45,352	23,922
800	800000	998	499,000	24,950	45,053	25,247
790	790000	1025	512,500	25,625	44,490	25,922

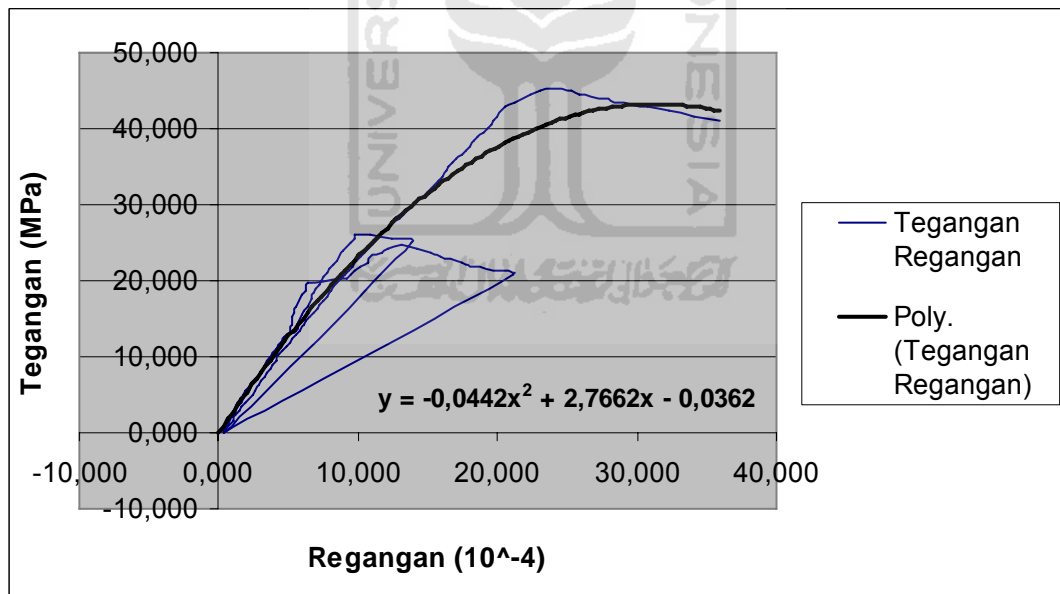


780	780000	1095	547,500	27,375	43,927	27,672
770	770000	1135	567,500	28,375	43,364	28,672
760	760000	1220	610,000	30,500	42,800	30,797
750	750000	1280	640,000	32,000	42,237	32,297
740	740000	1355	677,500	33,875	41,674	34,172
730	730000	1425	712,500	35,625	41,111	35,922





Gambar D.7 Grafik Tegangan Regangan Umur 28 Hari Variasi 3 (15%)



Gambar D.8 Grafik Koreksi Tegangan Regangan Umur 28 Variasi 3 (15%)

**Tabel D.5 Hasil Uji Tegangan Regangan Umur 28 Hari Beton V 4 (20%)**

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regegan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0,000	0	0	0,000
10	10000	8	4,000	0,200	0,554	0,007
20	20000	17	8,500	0,425	1,107	0,232
30	30000	29	14,500	0,725	1,661	0,532
40	40000	40	20,000	1,000	2,214	0,807
50	50000	52	26,000	1,300	2,768	1,107
60	60000	65	32,500	1,625	3,321	1,432
70	70000	76	38,000	1,900	3,875	1,707
80	80000	89	44,500	2,225	4,428	2,032
90	90000	101	50,500	2,525	4,982	2,332
100	100000	113	56,500	2,825	5,536	2,632
110	110000	125	62,500	3,125	6,089	2,932
120	120000	140	70,000	3,500	6,643	3,307
130	130000	151	75,500	3,775	7,196	3,582
140	140000	161	80,500	4,025	7,750	3,832
150	150000	176	88,000	4,400	8,303	4,207
160	160000	189	94,500	4,725	8,857	4,532
170	170000	201	100,500	5,025	9,410	4,832
180	180000	215	107,500	5,375	9,964	5,182
190	190000	229	114,500	5,725	10,518	5,532
200	200000	243	121,500	6,075	11,071	5,882
210	210000	254	127,000	6,350	11,625	6,157
220	220000	266	133,000	6,650	12,178	6,457
230	230000	277	138,500	6,925	12,732	6,732
240	240000	293	146,500	7,325	13,285	7,132
250	250000	306	153,000	7,650	13,839	7,457
260	260000	320	160,000	8,000	14,392	7,807
270	270000	334	167,000	8,350	14,946	8,157
280	280000	347	173,500	8,675	15,499	8,482
290	290000	361	180,500	9,025	16,053	8,832
300	300000	374	187,000	9,350	16,607	9,157
310	310000	387	193,500	9,675	17,160	9,482
320	320000	400	200,000	10,000	17,714	9,807
330	330000	413	206,500	10,325	18,267	10,132
340	340000	428	214,000	10,700	18,821	10,507
350	350000	434	217,000	10,850	19,374	10,657
360	360000	450	225,000	11,250	19,928	11,057
370	370000	461	230,500	11,525	20,481	11,332
380	380000	473	236,500	11,825	21,035	11,632
390	390000	487	243,500	12,175	21,589	11,982
400	400000	499	249,500	12,475	22,142	12,282
410	410000	515	257,500	12,875	22,696	12,682
420	420000	531	265,500	13,275	23,249	13,082
430	430000	549	274,500	13,725	23,803	13,532
440	440000	570	285,000	14,250	24,356	14,057

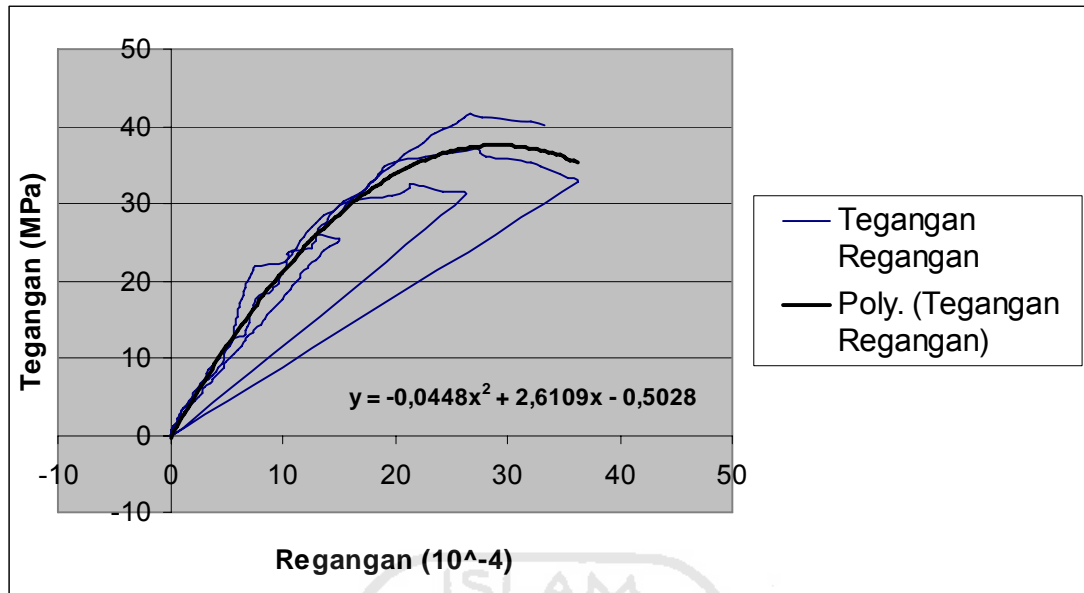
450	450000	598	299,000	14,950	24,910	14,757
460	460000	605	302,500	15,125	25,463	14,932
470	470000	522	261,000	13,050	26,017	12,857
480	480000	539	269,500	13,475	26,571	13,282
490	490000	555	277,500	13,875	27,124	13,682
500	500000	573	286,500	14,325	27,678	14,132
510	510000	590	295,000	14,750	28,231	14,557
520	520000	605	302,500	15,125	28,785	14,932
530	530000	618	309,000	15,450	29,338	15,257
540	540000	631	315,500	15,775	29,892	15,582
550	550000	645	322,500	16,125	30,445	15,932
560	560000	665	332,500	16,625	30,999	16,432
570	570000	683	341,500	17,075	31,553	16,882
580	580000	699	349,500	17,475	32,106	17,282
590	590000	718	359,000	17,950	32,660	17,757
600	600000	732	366,000	18,300	33,213	18,107
610	610000	743	371,500	18,575	33,767	18,382
620	620000	754	377,000	18,850	34,320	18,657
630	630000	764	382,000	19,100	34,874	18,907
640	640000	797	398,500	19,925	35,427	19,732
650	650000	910	455,000	22,750	35,981	22,557
660	660000	1002	501,000	25,050	36,534	24,857
669,2	669200	1095	547,500	27,375	37,044	27,182
660	660000	1105	552,500	27,625	36,534	27,432
650	650000	1121	560,500	28,025	35,981	27,832
640	640000	1280	640,000	32,000	35,427	31,807
630	630000	1320	660,000	33,000	34,874	32,807
620	620000	1355	677,500	33,875	34,320	33,682
610	610000	1385	692,500	34,625	33,767	34,432
600	600000	1415	707,500	35,375	33,213	35,182
590	590000	1452	726,000	36,300	32,660	36,107
0	0	0	0,000	0,000	0,000	-0,193
10	10000	6	3,000	0,150	0,562	-0,043
20	20000	13	6,500	0,325	1,123	0,132
30	30000	22	11,000	0,550	1,685	0,357
40	40000	31	15,500	0,775	2,247	0,582
50	50000	40	20,000	1,000	2,808	0,807
60	60000	48	24,000	1,200	3,370	1,007
70	70000	58	29,000	1,450	3,932	1,257
80	80000	70	35,000	1,750	4,493	1,557
90	90000	79	39,500	1,975	5,055	1,782
100	100000	89	44,500	2,225	5,617	2,032
110	110000	99	49,500	2,475	6,178	2,282
120	120000	109	54,500	2,725	6,740	2,532
130	130000	119	59,500	2,975	7,302	2,782
140	140000	129	64,500	3,225	7,863	3,032
150	150000	139	69,500	3,475	8,425	3,282
160	160000	149	74,500	3,725	8,987	3,532

170	170000	162	81,000	4,050	9,548	3,857
180	180000	175	87,500	4,375	10,110	4,182
190	190000	185	92,500	4,625	10,672	4,432
200	200000	197	98,500	4,925	11,233	4,732
210	210000	210	105,000	5,250	11,795	5,057
220	220000	222	111,000	5,550	12,357	5,357
230	230000	270	135,000	6,750	12,918	6,557
240	240000	266	133,000	6,650	13,480	6,457
250	250000	272	136,000	6,800	14,042	6,607
260	260000	280	140,000	7,000	14,603	6,807
270	270000	284	142,000	7,100	15,165	6,907
280	280000	290	145,000	7,250	15,727	7,057
290	290000	294	147,000	7,350	16,288	7,157
300	300000	299	149,500	7,475	16,850	7,282
310	310000	303	151,500	7,575	17,412	7,382
320	320000	309	154,500	7,725	17,973	7,532
330	330000	356	178,000	8,900	18,535	8,707
340	340000	368	184,000	9,200	19,097	9,007
350	350000	388	194,000	9,700	19,658	9,507
360	360000	389	194,500	9,725	20,220	9,532
370	370000	398	199,000	9,950	20,782	9,757
380	380000	405	202,500	10,125	21,343	9,932
390	390000	412	206,000	10,300	21,905	10,107
400	400000	415	207,500	10,375	22,467	10,182
410	410000	419	209,500	10,475	23,028	10,282
420	420000	424	212,000	10,600	23,590	10,407
430	430000	505	252,500	12,625	24,152	12,432
440	440000	507	253,500	12,675	24,713	12,482
450	450000	515	257,500	12,875	25,275	12,682
460	460000	521	260,500	13,025	25,837	12,832
470	470000	527	263,500	13,175	26,398	12,982
480	480000	532	266,000	13,300	26,960	13,107
490	490000	551	275,500	13,775	27,522	13,582
500	500000	563	281,500	14,075	28,083	13,882
510	510000	574	287,000	14,350	28,645	14,157
520	520000	590	295,000	14,750	29,207	14,557
530	530000	604	302,000	15,100	29,768	14,907
540	540000	635	317,500	15,875	30,330	15,682
550	550000	792	396,000	19,800	30,892	19,607
560	560000	833	416,500	20,825	31,453	20,632
570	570000	849	424,500	21,225	32,015	21,032
578,7	578700	851	425,500	21,275	32,504	21,082
570	570000	925	462,500	23,125	32,015	22,932
560	560000	970	485,000	24,250	31,453	24,057
550	550000	1045	522,500	26,125	30,892	25,932
0	0	0	0,000	0,000	0,000	-0,193
10	10000	5	2,500	0,125	0,549	-0,068
20	20000	13	6,500	0,325	1,098	0,132

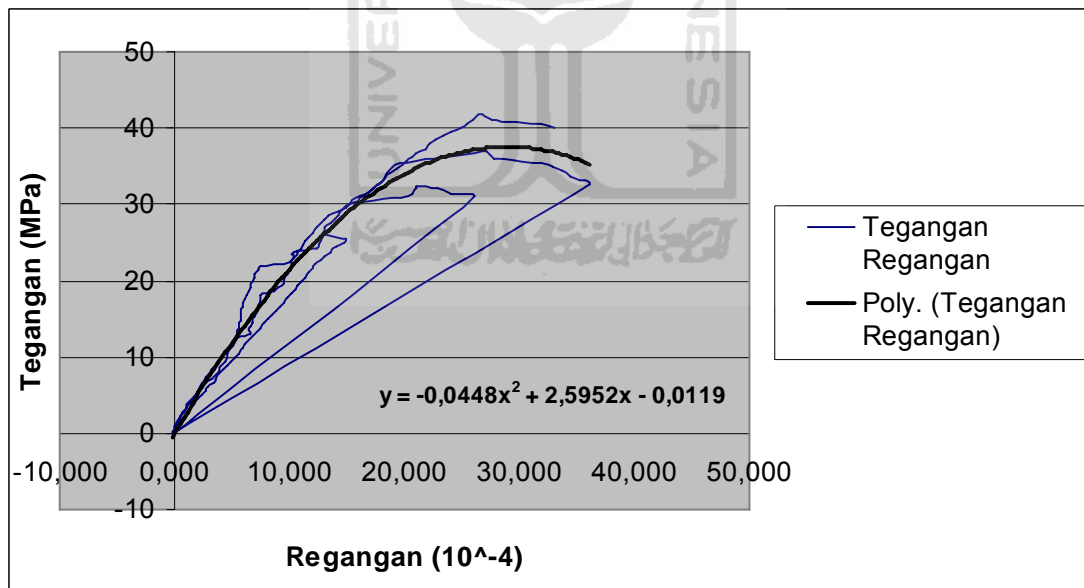
30	30000	23	11,500	0,575	1,648	0,382
40	40000	27	13,500	0,675	2,197	0,482
50	50000	37	18,500	0,925	2,746	0,732
60	60000	48	24,000	1,200	3,295	1,007
70	70000	58	29,000	1,450	3,844	1,257
80	80000	69	34,500	1,725	4,394	1,532
90	90000	80	40,000	2,000	4,943	1,807
100	100000	91	45,500	2,275	5,492	2,082
110	110000	103	51,500	2,575	6,041	2,382
120	120000	116	58,000	2,900	6,590	2,707
130	130000	138	69,000	3,450	7,140	3,257
140	140000	151	75,500	3,775	7,689	3,582
150	150000	161	80,500	4,025	8,238	3,832
160	160000	172	86,000	4,300	8,787	4,107
170	170000	182	91,000	4,550	9,336	4,357
180	180000	189	94,500	4,725	9,886	4,532
190	190000	192	96,000	4,800	10,435	4,607
200	200000	200	100,000	5,000	10,984	4,807
210	210000	212	106,000	5,300	11,533	5,107
220	220000	219	109,500	5,475	12,082	5,282
230	230000	223	111,500	5,575	12,632	5,382
240	240000	226	113,000	5,650	13,181	5,457
250	250000	229	114,500	5,725	13,730	5,532
260	260000	233	116,500	5,825	14,279	5,632
270	270000	236	118,000	5,900	14,828	5,707
280	280000	239	119,500	5,975	15,378	5,782
290	290000	241	120,500	6,025	15,927	5,832
300	300000	244	122,000	6,100	16,476	5,907
310	310000	248	124,000	6,200	17,025	6,007
320	320000	253	126,500	6,325	17,574	6,132
330	330000	258	129,000	6,450	18,124	6,257
340	340000	264	132,000	6,600	18,673	6,407
350	350000	270	135,000	6,750	19,222	6,557
360	360000	276	138,000	6,900	19,771	6,707
370	370000	283	141,500	7,075	20,320	6,882
380	380000	288	144,000	7,200	20,870	7,007
390	390000	296	148,000	7,400	21,419	7,207
400	400000	304	152,000	7,600	21,968	7,407
410	410000	410	205,000	10,250	22,517	10,057
420	420000	429	214,500	10,725	23,066	10,532
430	430000	438	219,000	10,950	23,616	10,757
440	440000	447	223,500	11,175	24,165	10,982
450	450000	455	227,500	11,375	24,714	11,182
460	460000	465	232,500	11,625	25,263	11,432
470	470000	478	239,000	11,950	25,812	11,757
490	490000	504	252,000	12,600	26,911	12,407
500	500000	516	258,000	12,900	27,460	12,707
510	510000	531	265,500	13,275	28,009	13,082

520	520000	545	272,500	13,625	28,558	13,432
530	530000	579	289,500	14,475	29,108	14,282
540	540000	604	302,000	15,100	29,657	14,907
550	550000	615	307,500	15,375	30,206	15,182
560	560000	641	320,500	16,025	30,755	15,832
570	570000	669	334,500	16,725	31,304	16,532
580	580000	690	345,000	17,250	31,854	17,057
590	590000	704	352,000	17,600	32,403	17,407
600	600000	725	362,500	18,125	32,952	17,932
610	610000	740	370,000	18,500	33,501	18,307
620	620000	758	379,000	18,950	34,050	18,757
630	630000	779	389,500	19,475	34,600	19,282
640	640000	799	399,500	19,975	35,149	19,782
650	650000	817	408,500	20,425	35,698	20,232
660	660000	833	416,500	20,825	36,247	20,632
670	670000	851	425,500	21,275	36,796	21,082
680	680000	881	440,500	22,025	37,346	21,832
690	690000	899	449,500	22,475	37,895	22,282
700	700000	917	458,500	22,925	38,444	22,732
710	710000	945	472,500	23,625	38,993	23,432
720	720000	972	486,000	24,300	39,542	24,107
730	730000	1006	503,000	25,150	40,092	24,957
740	740000	1026	513,000	25,650	40,641	25,457
750	750000	1046	523,000	26,150	41,190	25,957
759,5	759500	1069	534,500	26,725	41,712	26,532
750	750000	1110	555,000	27,750	41,190	27,557
740	740000	1282	641,000	32,050	40,641	31,857
730	730000	1331	665,500	33,275	40,092	33,082

جامعة القاهرة  
Cairo University



Gambar D.9 Grafik Tegangan Regangan Umur 28 Hari Variasi 4 (20%)



Gambar D.10 Grafik Koreksi Tegangan Regangan Umur 28 Variasi 4 (20%)



**Tabel D.6 Hasil Uji Tegangan Regangan Umur 28 Hari. Variasi 5 (25%)**

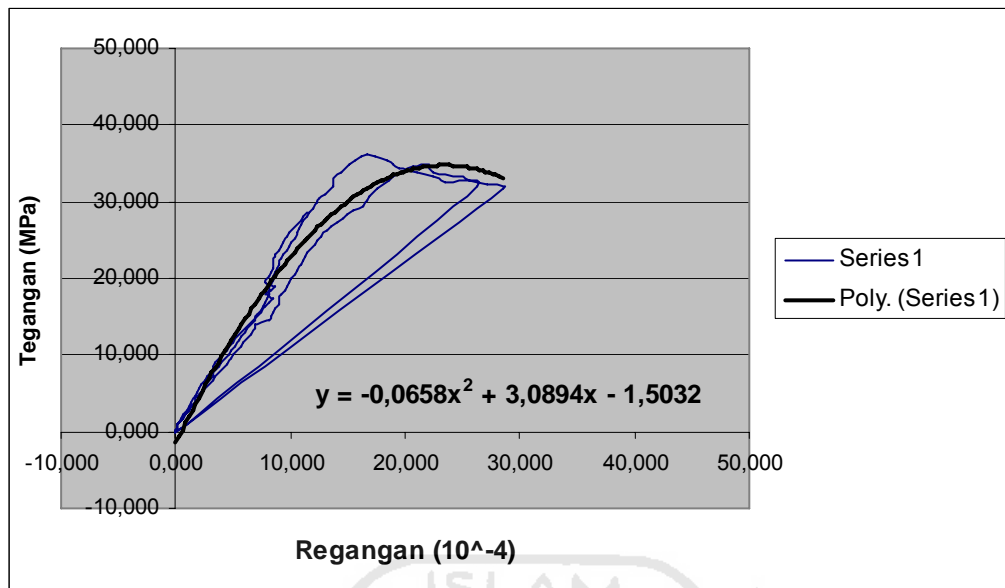
Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	10000	7	3,500	0,175	0,562	-0,330
20	20000	15	7,500	0,375	1,125	-0,130
30	30000	24	12,000	0,600	1,687	0,095
40	40000	34	17,000	0,850	2,250	0,345
50	50000	44	22,000	1,100	2,812	0,595
60	60000	54	27,000	1,350	3,374	0,845
70	70000	64	32,000	1,600	3,937	1,095
80	80000	74	37,000	1,850	4,499	1,345
90	90000	85	42,500	2,125	5,062	1,620
100	100000	95	47,500	2,375	5,624	1,870
110	110000	105	52,500	2,625	6,187	2,120
120	120000	115	57,500	2,875	6,749	2,370
130	130000	127	63,500	3,175	7,311	2,670
140	140000	138	69,000	3,450	7,874	2,945
150	150000	150	75,000	3,750	8,436	3,245
160	160000	160	80,000	4,000	8,999	3,495
170	170000	171	85,500	4,275	9,561	3,770
180	180000	183	91,500	4,575	10,123	4,070
190	190000	195	97,500	4,875	10,686	4,370
200	200000	205	102,500	5,125	11,248	4,620
210	210000	218	109,000	5,450	11,811	4,945
220	220000	230	115,000	5,750	12,373	5,245
230	230000	240	120,000	6,000	12,936	5,495
240	240000	251	125,500	6,275	13,498	5,770
250	250000	263	131,500	6,575	14,060	6,070
260	260000	274	137,000	6,850	14,623	6,345
270	270000	284	142,000	7,100	15,185	6,595
280	280000	296	148,000	7,400	15,748	6,895
290	290000	307	153,500	7,675	16,310	7,170
300	300000	315	157,500	7,875	16,872	7,370
310	310000	321	160,500	8,025	17,435	7,520
320	320000	323	161,500	8,075	17,997	7,570
330	330000	326	163,000	8,150	18,560	7,645
340	340000	332	166,000	8,300	19,122	7,795
350	350000	337	168,500	8,425	19,685	7,920
360	360000	341	170,500	8,525	20,247	8,020
370	370000	347	173,500	8,675	20,809	8,170
380	380000	353	176,500	8,825	21,372	8,320
390	390000	359	179,500	8,975	21,934	8,470
400	400000	366	183,000	9,150	22,497	8,645
410	410000	375	187,500	9,375	23,059	8,870
420	420000	385	192,500	9,625	23,621	9,120
430	430000	395	197,500	9,875	24,184	9,370
440	440000	405	202,500	10,125	24,746	9,620

450	450000	413	206,500	10,325	25,309	9,820
460	460000	421	210,500	10,525	25,871	10,020
470	470000	428	214,000	10,700	26,434	10,195
480	480000	437	218,500	10,925	26,996	10,420
490	490000	445	222,500	11,125	27,558	10,620
500	500000	457	228,500	11,425	28,121	10,920
510	510000	468	234,000	11,700	28,683	11,195
520	520000	480	240,000	12,000	29,246	11,495
530	530000	491	245,500	12,275	29,808	11,770
540	540000	503	251,500	12,575	30,370	12,070
550	550000	522	261,000	13,050	30,933	12,545
560	560000	537	268,500	13,425	31,495	12,920
570	570000	547	273,500	13,675	32,058	13,170
580	580000	550	275,000	13,750	32,620	13,245
590	590000	554	277,000	13,850	33,183	13,345
600	600000	574	287,000	14,350	33,745	13,845
610	610000	589	294,500	14,725	34,307	14,220
620	620000	604	302,000	15,100	34,870	14,595
630	630000	624	312,000	15,600	35,432	15,095
640	640000	644	322,000	16,100	35,995	15,595
642,8	642800	664	332,000	16,600	36,152	16,095
640	640000	696	348,000	17,400	35,995	16,895
630	630000	739	369,500	18,475	35,432	17,970
620	620000	758	379,000	18,950	34,870	18,445
610	610000	780	390,000	19,500	34,307	18,995
600	600000	839	419,500	20,975	33,745	20,470
590	590000	898	449,000	22,450	33,183	21,945
580	580000	940	470,000	23,500	32,620	22,995
570	570000	1050	525,000	26,250	32,058	25,745
0	0	0	0,000	0,000	0,000	-0,505
10	10000	6	3,000	0,150	0,556	-0,355
20	20000	14	7,000	0,350	1,113	-0,155
30	30000	24	12,000	0,600	1,669	0,095
40	40000	34	17,000	0,850	2,226	0,345
50	50000	44	22,000	1,100	2,782	0,595
60	60000	55	27,500	1,375	3,339	0,870
70	70000	66	33,000	1,650	3,895	1,145
80	80000	79	39,500	1,975	4,452	1,470
90	90000	91	45,500	2,275	5,008	1,770
100	100000	103	51,500	2,575	5,565	2,070
110	110000	115	57,500	2,875	6,121	2,370
120	120000	128	64,000	3,200	6,678	2,695
130	130000	140	70,000	3,500	7,234	2,995
140	140000	152	76,000	3,800	7,791	3,295
150	150000	164	82,000	4,100	8,347	3,595
160	160000	178	89,000	4,450	8,904	3,945
170	170000	190	95,000	4,750	9,460	4,245
180	180000	201	100,500	5,025	10,017	4,520

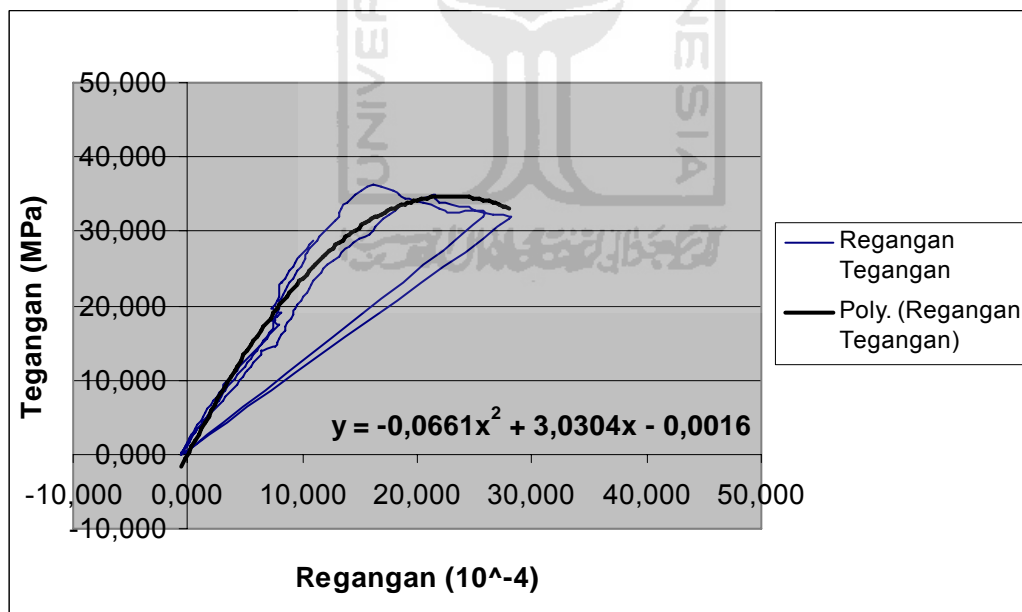
190	190000	213	106,500	5,325	10,573	4,820
200	200000	227	113,500	5,675	11,130	5,170
210	210000	238	119,000	5,950	11,686	5,445
220	220000	251	125,500	6,275	12,243	5,770
230	230000	261	130,500	6,525	12,799	6,020
240	240000	274	137,000	6,850	13,356	6,345
250	250000	275	137,500	6,875	13,912	6,370
260	260000	325	162,500	8,125	14,469	7,620
270	270000	332	166,000	8,300	15,025	7,795
280	280000	339	169,500	8,475	15,582	7,970
290	290000	346	173,000	8,650	16,138	8,145
300	300000	357	178,500	8,925	16,695	8,420
310	310000	359	179,500	8,975	17,251	8,470
320	320000	368	184,000	9,200	17,807	8,695
330	330000	378	189,000	9,450	18,364	8,945
340	340000	385	192,500	9,625	18,920	9,120
350	350000	394	197,000	9,850	19,477	9,345
360	360000	403	201,500	10,075	20,033	9,570
370	370000	413	206,500	10,325	20,590	9,820
380	380000	424	212,000	10,600	21,146	10,095
390	390000	434	217,000	10,850	21,703	10,345
400	400000	443	221,500	11,075	22,259	10,570
410	410000	450	225,000	11,250	22,816	10,745
420	420000	460	230,000	11,500	23,372	10,995
430	430000	473	236,500	11,825	23,929	11,320
440	440000	483	241,500	12,075	24,485	11,570
450	450000	495	247,500	12,375	25,042	11,870
460	460000	508	254,000	12,700	25,598	12,195
470	470000	529	264,500	13,225	26,155	12,720
480	480000	545	272,500	13,625	26,711	13,120
490	490000	564	282,000	14,100	27,268	13,595
500	500000	582	291,000	14,550	27,824	14,045
510	510000	599	299,500	14,975	28,381	14,470
520	520000	617	308,500	15,425	28,937	14,920
530	530000	650	325,000	16,250	29,494	15,745
540	540000	665	332,500	16,625	30,050	16,120
550	550000	675	337,500	16,875	30,607	16,370
560	560000	688	344,000	17,200	31,163	16,695
570	570000	705	352,500	17,625	31,720	17,120
580	580000	724	362,000	18,100	32,276	17,595
590	590000	742	371,000	18,550	32,833	18,045
600	600000	758	379,000	18,950	33,389	18,445
610	610000	792	396,000	19,800	33,946	19,295
620	620000	831	415,500	20,775	34,502	20,270
626,9	626900	881	440,500	22,025	34,886	21,520
620	620000	885	442,500	22,125	34,502	21,620
610	610000	900	450,000	22,500	33,946	21,995
600	600000	988	494,000	24,700	33,389	24,195

590	590000	1025	512,500	25,625	32,833	25,120
580	580000	1085	542,500	27,125	32,276	26,620
570	570000	1140	570,000	28,500	31,720	27,995
0	0	0	0,000	0,000	0,000	-0,505
10	10000	6	3,000	0,150	0,560	-0,355
20	20000	13	6,500	0,325	1,120	-0,180
30	30000	21	10,500	0,525	1,681	0,020
40	40000	28	14,000	0,700	2,241	0,195
50	50000	38	19,000	0,950	2,801	0,445
60	60000	47	23,500	1,175	3,361	0,670
70	70000	56	28,000	1,400	3,921	0,895
80	80000	65	32,500	1,625	4,481	1,120
90	90000	74	37,000	1,850	5,042	1,345
100	100000	81	40,500	2,025	5,602	1,520
110	110000	90	45,000	2,250	6,162	1,745
120	120000	100	50,000	2,500	6,722	1,995
130	130000	110	55,000	2,750	7,282	2,245
140	140000	120	60,000	3,000	7,843	2,495
150	150000	130	65,000	3,250	8,403	2,745
160	160000	140	70,000	3,500	8,963	2,995
170	170000	151	75,500	3,775	9,523	3,270
180	180000	162	81,000	4,050	10,083	3,545
190	190000	176	88,000	4,400	10,643	3,895
200	200000	189	94,500	4,725	11,204	4,220
210	210000	202	101,000	5,050	11,764	4,545
220	220000	215	107,500	5,375	12,324	4,870
230	230000	229	114,500	5,725	12,884	5,220
240	240000	243	121,500	6,075	13,444	5,570
250	250000	256	128,000	6,400	14,005	5,895
260	260000	269	134,500	6,725	14,565	6,220
270	270000	282	141,000	7,050	15,125	6,545
280	280000	295	147,500	7,375	15,685	6,870
290	290000	310	155,000	7,750	16,245	7,245
300	300000	323	161,500	8,075	16,805	7,570
310	310000	340	170,000	8,500	17,366	7,995
320	320000	314	157,000	7,850	17,926	7,345
330	330000	331	165,500	8,275	18,486	7,770
340	340000	344	172,000	8,600	19,046	8,095
350	350000	312	156,000	7,800	19,606	7,295
360	360000	326	163,000	8,150	20,166	7,645
370	370000	333	166,500	8,325	20,727	7,820
380	380000	337	168,500	8,425	21,287	7,920
390	390000	341	170,500	8,525	21,847	8,020
400	400000	342	171,000	8,550	22,407	8,045
410	410000	345	172,500	8,625	22,967	8,120
420	420000	349	174,500	8,725	23,158	8,220
430	430000	358	179,000	8,950	23,709	8,445
440	440000	365	182,500	9,125	24,260	8,620

450	450000	375	187,500	9,375	24,812	8,870
460	460000	385	192,500	9,625	25,363	9,120
470	470000	398	199,000	9,950	25,914	9,445
480	480000	410	205,000	10,250	26,466	9,745
490	490000	422	211,000	10,550	27,017	10,045
500	500000	434	217,000	10,850	27,569	10,345
510	510000	445	222,500	11,125	28,120	10,620
520	520000	456	228,000	11,400	28,671	10,895
530	530000	468	234,000	11,700	29,223	11,195
540	540000	480	240,000	12,000	29,774	11,495
550	550000	498	249,000	12,450	30,325	11,945
560	560000	515	257,500	12,875	30,877	12,370
570	570000	534	267,000	13,350	31,428	12,845
580	580000	555	277,500	13,875	31,979	13,370
590	590000	573	286,500	14,325	32,531	13,820
600	600000	590	295,000	14,750	33,082	14,245
610	610000	597	298,500	14,925	33,634	14,420
620	620000	608	304,000	15,200	34,185	14,695
630	630000	618	309,000	15,450	34,736	14,945
640	640000	627	313,500	15,675	35,288	15,170
650	650000	640	320,000	16,000	35,839	15,495
660	660000	656	328,000	16,400	36,390	15,895
670	670000	678	339,000	16,950	36,942	16,445
680	680000	685	342,500	17,125	37,493	16,620
690	690000	697	348,500	17,425	38,045	16,920
700	700000	706	353,000	17,650	38,596	17,145
710	710000	725	362,500	18,125	39,147	17,620
720	720000	749	374,500	18,725	39,699	18,220
730	730000	765	382,500	19,125	40,250	18,620
740	740000	778	389,000	19,450	40,801	18,945
750	750000	794	397,000	19,850	41,353	19,345
757,1	757100	815	407,500	20,375	41,744	19,870
750	750000	845	422,500	21,125	41,353	20,620
740	740000	915	457,500	22,875	40,801	22,370
730	730000	975	487,500	24,375	40,250	23,870
720	720000	1025	512,500	25,625	39,699	25,120
710	710000	1080	540,000	27,000	39,147	26,495
700	700000	1150	575,000	28,750	38,596	28,245



Gambar D.11 Grafik Tegangan Regangan Umur 28 Hari Variasi 5 (25%)



Gambar D.12 Grafik Koreksi Tegangan Regangan Umur 28 Variasi 5 (25%)

**Tabel D.7 Hasil Uji Tegangan Regangan Umur 28 Hari Beton V 6 (30%)**

Beban (KN)	Beban (Kg)	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	$\Delta L$ ( $10^{-3}$ )mm	Regangan ( $10^{-4}$ )	Tegangan (MPa)	Reg_Koreksi
0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	10000	7	3,500	0,175	0,565	-0,128
20	20000	14	7,000	0,350	1,129	0,047
30	30000	21	10,500	0,525	1,694	0,222
40	40000	30	15,000	0,750	2,259	0,447
50	50000	39	19,500	0,975	2,823	0,672
60	60000	48	24,000	1,200	3,388	0,897
70	70000	57	28,500	1,425	3,953	1,122
80	80000	65	32,500	1,625	4,517	1,322
90	90000	73	36,500	1,825	5,082	1,522
100	100000	82	41,000	2,050	5,647	1,747
110	110000	92	46,000	2,300	6,211	1,997
120	120000	102	51,000	2,550	6,776	2,247
130	130000	110	55,000	2,750	7,341	2,447
140	140000	120	60,000	3,000	7,905	2,697
150	150000	130	65,000	3,250	8,470	2,947
160	160000	141	70,500	3,525	9,035	3,222
170	170000	150	75,000	3,750	9,599	3,447
180	180000	160	80,000	4,000	10,164	3,697
190	190000	169	84,500	4,225	10,729	3,922
200	200000	170	85,000	4,250	11,293	3,947
210	210000	173	86,500	4,325	11,858	4,022
220	220000	174	87,000	4,350	12,423	4,047
230	230000	176	88,000	4,400	12,987	4,097
240	240000	244	122,000	6,100	13,552	5,797
250	250000	246	123,000	6,150	14,117	5,847
260	260000	258	129,000	6,450	14,681	6,147
270	270000	259	129,500	6,475	15,246	6,172
280	280000	260	130,000	6,500	15,811	6,197
290	290000	261	130,500	6,525	16,375	6,222
300	300000	262	131,000	6,550	16,940	6,247
310	310000	270	135,000	6,750	17,505	6,447
320	320000	280	140,000	7,000	18,069	6,697
330	330000	283	141,500	7,075	18,634	6,772
340	340000	293	146,500	7,325	19,199	7,022
350	350000	306	153,000	7,650	19,763	7,347
360	360000	323	161,500	8,075	20,328	7,772
370	370000	335	167,500	8,375	20,893	8,072
380	380000	350	175,000	8,750	21,457	8,447
390	390000	365	182,500	9,125	22,022	8,822
400	400000	380	190,000	9,500	22,587	9,197
410	410000	445	222,500	11,125	23,151	10,822
420	420000	453	226,500	11,325	23,716	11,022
430	430000	462	231,000	11,550	24,281	11,247
440	440000	470	235,000	11,750	24,845	11,447

450	450000	474	237,000	11,850	25,410	11,547
460	460000	482	241,000	12,050	25,975	11,747
470	470000	489	244,500	12,225	26,539	11,922
480	480000	495	247,500	12,375	27,104	12,072
490	490000	497	248,500	12,425	27,669	12,122
500	500000	542	271,000	13,550	28,233	13,247
510	510000	558	279,000	13,950	28,798	13,647
520	520000	777	388,500	19,425	29,363	19,122
528,9	528900	796	398,000	19,900	29,865	19,597
520	520000	825	412,500	20,625	29,363	20,322
510	510000	896	448,000	22,400	28,798	22,097
500	500000	935	467,500	23,375	28,233	23,072
490	490000	1015	507,500	25,375	27,669	25,072
480	480000	1085	542,500	27,125	27,104	26,822
470	470000	1125	562,500	28,125	26,539	27,822
460	460000	1210	605,000	30,250	25,975	29,947
450	450000	1290	645,000	32,250	25,410	31,947
0	0	0	0,000	0,000	0,000	-0,303
10	10000	11	5,500	0,275	0,565	-0,028
20	20000	25	12,500	0,625	1,131	0,322
30	30000	42	21,000	1,050	1,696	0,747
40	40000	61	30,500	1,525	2,262	1,222
50	50000	81	40,500	2,025	2,827	1,722
60	60000	100	50,000	2,500	3,393	2,197
70	70000	104	52,000	2,600	3,958	2,297
80	80000	108	54,000	2,700	4,523	2,397
90	90000	116	58,000	2,900	5,089	2,597
100	100000	126	63,000	3,150	5,654	2,847
110	110000	134	67,000	3,350	6,220	3,047
120	120000	149	74,500	3,725	6,785	3,422
130	130000	160	80,000	4,000	7,350	3,697
140	140000	172	86,000	4,300	7,916	3,997
150	150000	184	92,000	4,600	8,481	4,297
160	160000	196	98,000	4,900	9,047	4,597
170	170000	201	100,500	5,025	9,612	4,722
180	180000	203	101,500	5,075	10,178	4,772
190	190000	203	101,500	5,075	10,743	4,772
200	200000	206	103,000	5,150	11,308	4,847
210	210000	217	108,500	5,425	11,874	5,122
220	220000	226	113,000	5,650	12,439	5,347
230	230000	233	116,500	5,825	13,005	5,522
240	240000	236	118,000	5,900	13,570	5,597
250	250000	243	121,500	6,075	14,135	5,772
260	260000	257	128,500	6,425	14,701	6,122
270	270000	273	136,500	6,825	15,266	6,522
280	280000	285	142,500	7,125	15,832	6,822
290	290000	294	147,000	7,350	16,397	7,047
300	300000	306	153,000	7,650	16,963	7,347

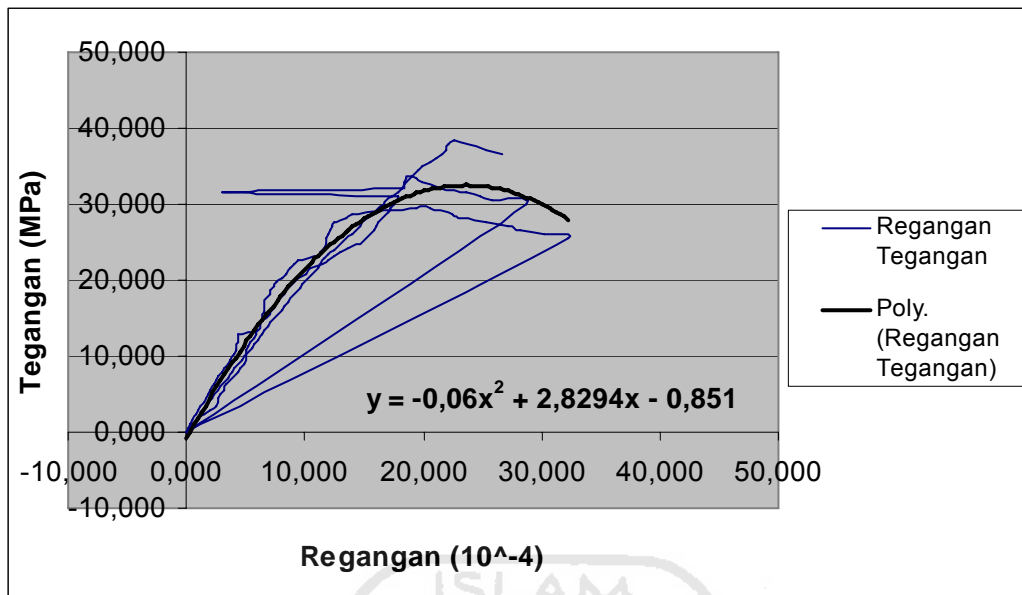


310	310000	316	158,000	7,900	17,528	7,597
320	320000	327	163,500	8,175	18,093	7,872
330	330000	339	169,500	8,475	18,659	8,172
340	340000	349	174,500	8,725	19,224	8,422
350	350000	362	181,000	9,050	19,790	8,747
360	360000	379	189,500	9,475	20,355	9,172
370	370000	403	201,500	10,075	20,920	9,772
380	380000	420	210,000	10,500	21,486	10,197
390	390000	460	230,000	11,500	22,051	11,197
400	400000	479	239,500	11,975	22,617	11,672
410	410000	501	250,500	12,525	23,182	12,222
420	420000	521	260,500	13,025	23,748	12,722
430	430000	545	272,500	13,625	24,313	13,322
440	440000	591	295,500	14,775	24,878	14,472
450	450000	607	303,500	15,175	25,444	14,872
460	460000	618	309,000	15,450	26,009	15,147
470	470000	632	316,000	15,800	26,575	15,497
480	480000	643	321,500	16,075	27,140	15,772
490	490000	648	324,000	16,200	27,705	15,897
500	500000	664	332,000	16,600	28,271	16,297
510	510000	682	341,000	17,050	28,836	16,747
520	520000	691	345,500	17,275	29,402	16,972
530	530000	701	350,500	17,525	29,967	17,222
540	540000	707	353,500	17,675	30,533	17,372
550	550000	715	357,500	17,875	31,098	17,572
560	560000	119	59,500	2,975	31,663	2,672
570	570000	726	363,000	18,150	32,229	17,847
580	580000	733	366,500	18,325	32,794	18,022
590	590000	741	370,500	18,525	33,360	18,222
597,1	597100	751	375,500	18,775	33,761	18,472
590	590000	775	387,500	19,375	33,360	19,072
580	580000	796	398,000	19,900	32,794	19,597
570	570000	855	427,500	21,375	32,229	21,072
560	560000	945	472,500	23,625	31,663	23,322
550	550000	995	497,500	24,875	31,098	24,572
540	540000	1035	517,500	25,875	30,533	25,572
530	530000	1145	572,500	28,625	29,967	28,322
0	0	0	0,000	0,000	0,000	-0,303
10	10000	10	5,000	0,250	0,556	-0,053
20	20000	21	10,500	0,525	1,111	0,222
30	30000	32	16,000	0,800	1,667	0,497
40	40000	43	21,500	1,075	2,223	0,772
50	50000	55	27,500	1,375	2,779	1,072
60	60000	65	32,500	1,625	3,334	1,322
70	70000	75	37,500	1,875	3,890	1,572
80	80000	85	42,500	2,125	4,446	1,822
90	90000	94	47,000	2,350	5,002	2,047
100	100000	106	53,000	2,650	5,557	2,347

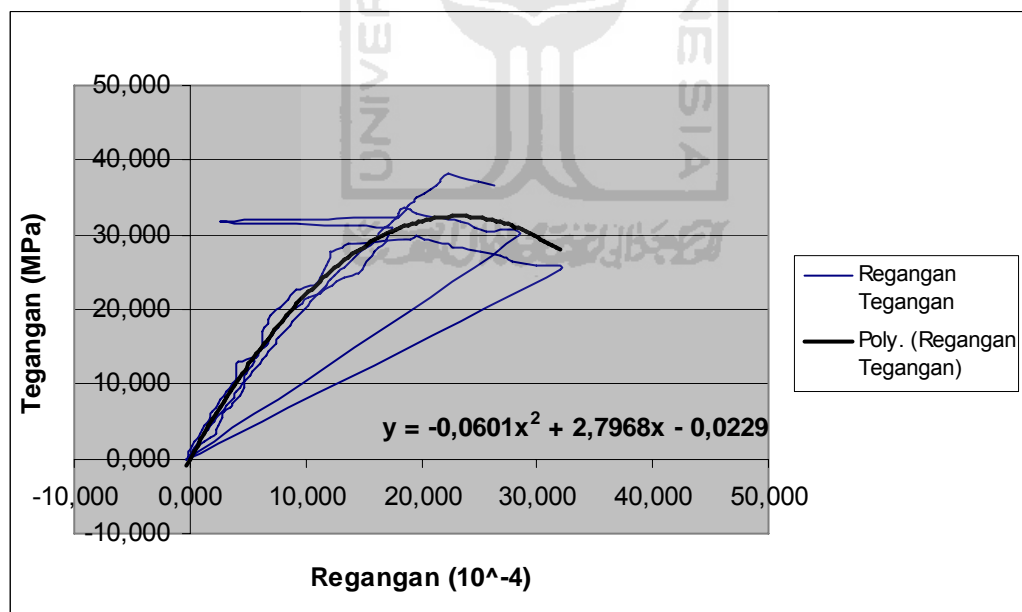
110	110000	117	58,500	2,925	6,113	2,622
120	120000	128	64,000	3,200	6,669	2,897
130	130000	141	70,500	3,525	7,225	3,222
140	140000	151	75,500	3,775	7,780	3,472
150	150000	162	81,000	4,050	8,336	3,747
160	160000	172	86,000	4,300	8,892	3,997
170	170000	185	92,500	4,625	9,448	4,322
180	180000	196	98,000	4,900	10,003	4,597
190	190000	210	105,000	5,250	10,559	4,947
200	200000	220	110,000	5,500	11,115	5,197
210	210000	230	115,000	5,750	11,671	5,447
220	220000	241	120,500	6,025	12,226	5,722
230	230000	253	126,500	6,325	12,782	6,022
240	240000	264	132,000	6,600	13,338	6,297
250	250000	275	137,500	6,875	13,894	6,572
260	260000	286	143,000	7,150	14,449	6,847
270	270000	297	148,500	7,425	15,005	7,122
280	280000	310	155,000	7,750	15,561	7,447
290	290000	320	160,000	8,000	16,117	7,697
300	300000	330	165,000	8,250	16,672	7,947
310	310000	343	171,500	8,575	17,228	8,272
320	320000	357	178,500	8,925	17,784	8,622
330	330000	368	184,000	9,200	18,340	8,897
340	340000	381	190,500	9,525	18,895	9,222
350	350000	392	196,000	9,800	19,451	9,497
360	360000	405	202,500	10,125	20,007	9,822
370	370000	418	209,000	10,450	20,563	10,147
380	380000	430	215,000	10,750	21,118	10,447
390	390000	445	222,500	11,125	21,674	10,822
400	400000	455	227,500	11,375	22,230	11,072
410	410000	468	234,000	11,700	22,786	11,397
420	420000	481	240,500	12,025	23,341	11,722
430	430000	498	249,000	12,450	23,897	12,147
440	440000	513	256,500	12,825	24,453	12,522
450	450000	527	263,500	13,175	25,009	12,872
460	460000	543	271,500	13,575	25,564	13,272
470	470000	558	279,000	13,950	26,120	13,647
480	480000	573	286,500	14,325	26,676	14,022
490	490000	590	295,000	14,750	27,232	14,447
500	500000	603	301,500	15,075	27,787	14,772
510	510000	621	310,500	15,525	28,343	15,222
520	520000	642	321,000	16,050	28,899	15,747
530	530000	650	325,000	16,250	29,455	15,947
540	540000	666	333,000	16,650	30,010	16,347
550	550000	673	336,500	16,825	30,566	16,522
560	560000	698	349,000	17,450	31,122	17,147
570	570000	715	357,500	17,875	31,678	17,572
580	580000	730	365,000	18,250	32,233	17,947

590	590000	743	371,500	18,575	32,789	18,272
600	600000	757	378,500	18,925	33,345	18,622
610	610000	768	384,000	19,200	33,901	18,897
620	620000	785	392,500	19,625	34,456	19,322
630	630000	798	399,000	19,950	35,012	19,647
640	640000	825	412,500	20,625	35,568	20,322
650	650000	845	422,500	21,125	36,124	20,822
660	660000	865	432,500	21,625	36,679	21,322
670	670000	876	438,000	21,900	37,235	21,597
680	680000	887	443,500	22,175	37,791	21,872
689,6	689600	908	454,000	22,700	38,324	22,397
680	680000	950	475,000	23,750	37,791	23,447
670	670000	1010	505,000	25,250	37,235	24,947
660	660000	1068	534,000	26,700	36,679	26,397
650	650000	1135	567,500	28,375	36,124	28,072
640	640000	1210	605,000	30,250	35,568	29,947
630	630000	1280	640,000	32,000	35,012	31,697





Gambar D.13 Grafik Tegangan Regangan Umur 28 Hari Variasi 6 (30%)



Gambar D.14 Grafik Koreksi Tegangan Regangan Umur 28 Variasi 6 (30%)







**Gambar F.1 Pembuatan Benda Uji Silinder**



**Gambar F.2 Pengukuran Benda Uji Silinder**



**Gambar F.3 Pengujian Kuat Desak Benda Uji**



**Gambar F.4 Pecahan Benda Uji Setelah Pengujian kuat Desak**



**Gambar F.5 Pecahan Benda Uji Setelah Pengujian kuat Desak**