

**ANALISA PENGARUH SUSUNAN BUTIRAN  
AGREGAT CAMPURAN (FINENESS MODULUS)  
TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN  
FAKTOR AIR SEMEN 0,55 DAN 0,60**

**PENELITIAN**

Oleh :

**Ir.Kamaluddin Lubis  
Staf Pengajar Jurusan Sipil**



**JURUSAN SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2008**

**ANALISA PENGARUH SUSUNAN BUTIRAN  
AGREGAT CAMPURAN (FINENESS MODULUS)  
TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN  
FAKTOR AIR SEMEN 0,55 DAN 0,60**

**PENELITIAN**

Oleh :

**Ir.Kamaluddin Lubis  
Staf Pengajar Jurusan Sipil**



**JURUSAN SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
2008**

## LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL PENELITIAN

No.

1. a Judul Penelitian : Analisa Pengaruh Susunan Butiran Agregat Campuran (FinenesModulus) Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen 0,55 dan 0,60
- b Bidang Ilmu Penelitian : Struktur
- c Katagori Pelitian : -
2. Ketua Peneliti
- a>Nama Lengkap : Ir.Kamaluddin Lubis.MT
- b Jenis Kelamin : Laki-laki
- c Golongan / Pangkat / NIP : III b / Lektor
- d Jabatan Fungsional : -
- e Jabatan Struktural : -
- f Fakultas / Program Studi : Teknik / Program Studi Jurusan Sipil
- g Pusat Penelitian : Lembaga Penelitian UMA
3. Alamat Peneliti
- a Alamat Kantor : Jalan Kolam No. 1 Medan
- b Alamat Rumah : Jalan Bersama Gang Keluarga No 7.A Medan
- c Jumlah Anggota : -
- Lokasi Penelitian : Universitas Medan Area
- Kerja Sama Dengan : Penelitian Mandiri
- Lama Penelitian : 3 (Tiga) Bulan
- Biaya Yang Diperlukan : Rp.4000.000.-
- Sumber Dana : Universitas Medan Area

Mengetahui .  
Dekan Fakultas Teknik

  
Ir.Hj. Maniza.MT

Medan, 2008  
Ketua Peneliti,

  
Ir.Kamaluddin Lubis.MT

Menyetujui.  
Ketua Lembaga Penelitian

Ir.Roeswandy  
NIP.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Agregat sebagai salah satu bahan untuk campuran beton yang terdiri dari atas pasir dan krikil merupakan bahan yang mudah didapat dan mampu menahan gaya-gaaya yang besar agregat ini pada umumnya diambil dari sungai dan disebut pasir atau krikil.

Penelitian ini adalah bertujuan untuk mengetahui apakah kuat tekan beton tersebut dapat dipengaruhi oleh perbedaan maupun susunan agregat campuran (gradasi) yang dalam ha lini dinyatakan dalam harga *fineness modulus* agregat campuran.

Dengan harapan semoga pene;itian ini dapat berguna untuk penulis ataupun peniliti yang akan datang dan khususnya mahasiswa kritik dan saran yang bersifat membangun diharapkan demi kesempurnaan penelitian ini.

Medan, maret 2008

Peneliti,

Ir.Kamaluddin Lubis .MT

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh susunan butir agregat campuran yang dalam hal ini dinyatakan dalam harga fineness modulus agregat campuran terhadap kuat tekan beton.

Pekerjaan ini merupakan bagian dari penelitian beton dengan faktor air semen 0,55 dan 0,60, dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder. Penelitian ini meliputi kuat tekan benda uji silinder beton dengan adanya perbedaan variasi harga fineness modulus yang dilakukan dalam pembuatan benda uji. Adapun harga fineness modulus yang dipakai adalah 4,25; 4,67; 5,07; 5,65 dan 6,32.

Benda uji yang digunakan semuanya berjumlah 100 buah. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian kuat tekan silinder beton menunjukkan bahwa susunan butir agregat campuran berpengaruh nyata terhadap kuat tekan beton. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tekan beton semakin menurun pada susunan butir yang terlalu banyak kerikil dan terlalu banyak pasir.

Kata kunci: Kekuatan Tekan beton, Mutu beton

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>Kata Pengantar</b> .....	i
<b>Abstrak</b> .....	iii
<b>Daftar Isi</b> .....	v
<b>Daftar Tabel</b> .....	viii
<b>Daftar Gambar</b> .....	ix
<b>Daftar Lampiran</b> .....	x
<b>BAB I      PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	1
1.3 Permasalahan.....	1
1.4 Pembatasan Masalah .....	2
1.5 Metodologi .....	2
<b>BAB II     STUDI KEPUSTAKAAN</b>	
2.1 Sifat-Sifat Fisis Agregat.....	4
2.1.1 Berat Jenis dan Absorpsi Agregat .....	4
2.1.2 Berat Volume Agregat .....	5
2.2 Kandungan Bahan Organik Dalam Agregat.....	5
2.3 Fineness Modulus.....	5
2.4 Komposisi Campuran Beton .....	7
2.5 Pemeriksaan Mutu Adukan .....	8
2.6 Kuat Tekan Beton dan Sifat-Sifat Umum Tegangan	
Universitas Medan Area Regangan Beton .....	9

## **BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat.....	29
4.1.1 Berat Jenis dan Absorpsi .....	29
4.1.2 Berat Volume Agregat .....	32
4.1.3 Susunan Butir Agregat .....	33
4.1.4 Kandungan Bahan Organik .....	35
4.2 Rancangan Campuran .....	35
4.2.1 Penentuan Harga Fineness Modulus Rencana .....	35
4.2.2 Rancangan Campuran Beton.....	37
4.3 Pembuatan Benda Uji.....	41
4.4 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton.....	42
4.5 Seleksi Data.....	43
4.6 Analisis Varian Pengaruh Susunan Butir Agregat Campuran Terhadap Kuat Tekan Beton.....	46
4.7 Hubungan Tegangan Regangan Beton.....	50
4.8 Analisis Regresi.....	51
4.9 Analisis Varian untuk Pengujian Nyata Regresi .....	51
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	55
<b>Daftar Kepustakaan .....</b>	<b>56</b>
<b>Lampiran.....</b>	<b>57</b>

2.7 Analisis Data .....	12
2.7.1 Analisis varian pengaruh Perbedaan Susunan Butir Agregat Campuran (Gradasi) terhadap Kuat Tekan Beton.....	12
2.7.2 Seleksi Data.....	12
2.7.3 Analisis Regresi.....	13
2.7.4 Analisis Varian Untuk Pengujian Nyata Regresi ...	15

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Sumber Data.....	16
3.2 Material Yang Digunakan .....	17
3.3 Prosedur Penelitian.....	17
3.3.1 Persiapan .....	17
3.3.2 Pengukuran Berat Jenis dan Absorpsi.....	18
3.3.3 Pengukuran Berat Volume .....	21
3.3.4 Pengukuran Susunan Butir .....	22
3.3.5 Pemeriksaan Kandungan Bahan Organik .....	23
3.3.6 Rancangan Campuran Beton.....	24
3.3.7 Perbandingan Campuran Agregat Halus dan Agregat Kasar.....	24
3.3.8 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji .....	25
3.3.9 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton.....	26
3.3.10 Analisis Data .....	27
3.4 Rancangan yang Digunakan.....	28
3.5 Peralatan Yang Digunakan.....	28



## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Analisis Varian untuk Nyata Regresi Dalam Regresi Berganda..	15
Tabel 2. Pengelompokan Jumlah Benda Uji untuk Setiap Perlakuan .....	18
Tabel 3. Rancangan Pengumpulan Data Kuat Tekan Beton .....	28
Tabel 4. Berat Jenis dan Absorpsi Agregat .....	32
Tabel 5. Berat Volume Agregat .....	33
Tabel 6. Persentase Tinggal di Atas Saringan dan Fineness Modulus Agregat Halus.....	35
Tabel 7. Persentase Tinggal di Atas Saringan dan Fineness Modulus Agregat Kasar.....	35
Tabel 8. Penentuan Harga Fineness Modulus Rencana .....	37
Tabel 9. Komposisi Campuran Beton untuk Tiap 1 m Beton .....	41
Tabel 10. Data Hasil Pembangan Berat Rata-rata Silinder Beton untuk Tiap Perlakuan.....	42
Tabel 11. Analisis Varian Pengaruh Susunan Butir Agregat Campuran Terhadap Kuat Tekan Beton .....	49
Tabel 12. Analisis Varian Pengujian Nyata Regresi Polinomial Berganda ..	51

6. Menentukan komposisi masing-masing agregat

**DAFTAR GAMBAR**

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Bagan Alir Metode Penelitian .....	3
Gambar 2. Daerah Susunan Butiran Agregat Campuran Dengan Diameter Maksimum 31,5 mm .....	6
Gambar 3. Kurva Gradasi Pada Diameter Maksimum 31,5 mm.....	7
Gambar 4. Jenis Slump.....	8
Gambar 5. Kurva Hubungan Tegangan Regangan Silinder Beton Yang Disederhanakan .....	10
Gambar 6. Daerah Susunan Butir Agregat Campuran Dengan Diameter Maksimum 31,5 mm .....	36
Gambar 7. Hubungan Kuat Tekan dan Susunan Butir Agregat Campuran Terhadap Pengaruh FAS .....	53
Gambar 8. Hubungan Kuat Tekan dan Susunan Butir Agregat Cmpuran Terhadap Pengaruh FAS dalam Bentuk Countur .....	54

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Agregat sebagai salah satu bahan untuk campuran beton yang terdiri atas pasir dan kerikil merupakan bahan yang mudah didapat dan mampu menahan gaya tekan yang besar. Agregat yang digunakan untuk campuran beton biasanya diambil dari sungai disebut kerikil dan pasir.

Pada penelitian ini susunan butir agregat campuran dinyatakan dengan harga fineness modulus (FM).

### 1.2 Maksud dan Tujuan

Penelitian bertujuan untuk mengetahui apakah kuat tekan beton dipengaruhi oleh perbedaan susunan butir agregat campuran (gradasi) yang dalam hal ini dinyatakan dalam harga fineness modulus agregat campuran. Penelitian ini diharapkan dapat mengungkapkan apakah susunan butir agregat campuran berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

### 1.3 Permasalahan

Dalam hal ini permasalahan yang timbul antara lain adalah walaupun nilai hasil dari test slump sudah ditentukan, tetapi sulit untuk menemukan kadar air yang tepat untuk mencocokkannya terhadap kuat tekan beton itu sendiri.

### 1.4 Pembatasan Masalah

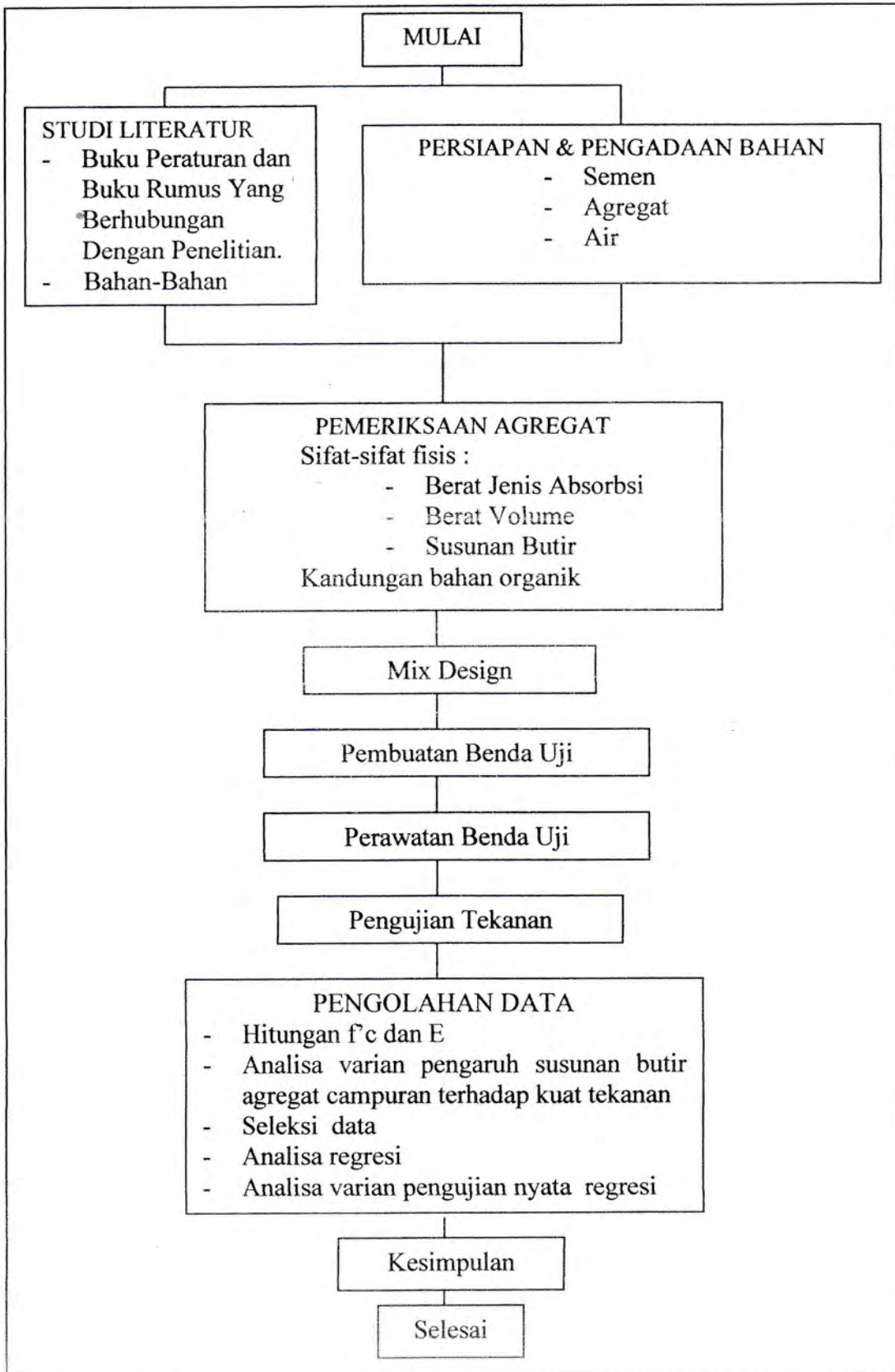
Harga fineness modulus yang diambil merujuk grafik susunan/butiran agregat campuran pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971, masing-masing 4,25; 4,67; 5,07; 5,65 dan 6,32. Faktor air semen (FAS) yang diambil

adalah 0,55 dan 0,60. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm tinggi 30 cm sebanyak 100 buah.

## 1.5 Metodologi

Selama melaksanakan penelitian, penyusun telah mendapatkan data yang diperoleh dari beberapa pengkajian. Untuk memperoleh data tersebut, penyusun melakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Melakukan studi kepustakaan (literatur) untuk melengkapi penulisan Skripsi ini;
2. Mempersiapkan bahan-bahan yang akan diuji/diteliti;
3. Pemeriksaan terhadap bahan-bahan yang akan diuji/diteliti yang nantinya akan dicampur menjadi suatu *mix design* yang sesuai dengan pembatasan masalah;
4. Membuat benda yang akan diuji/diteliti yaitu silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 100 sampel;
5. Melakukan perawatan benda uji dengan cara merendam dengan waktu yang ditentukan;
6. Pengujian kuat tekan yang akan mendapatkan data yang kemudian diolah dengan cara Hitungan  $f_c$  dan  $E$ , Analisa varian pengaruh susunan butir agregat campuran terhadap kuat tekanan, seleksi data, analisa regresi, analisa varian pengujian nyata regresi;
7. Konsultasi dengan dosen pembimbing lalu mengambil kesimpulan.



Gambar 1 Bagan Alir Metode Penelitian  
UNIVERSITAS MEDAN AREA

## BAB II

### STUDI KEPUSTAKAAN

Bab ini menyajikan teori-teori yang mendukung permasalahan dalam penelitian ini. Teori-teori tersebut berkenaan dengan sifat-sifat fisis agregat, fineness modulus, komposisi campuran beton, mutu adukan beton, pengujian kuat tekan, sifat-sifat umum tegangan dan regangan beton dan analisis data.

#### 2.1 Sifat-Sifat Fisis Agregat

Mutu agregat dipengaruhi oleh gradasi, kekerasan butiran, berat jenis dan kadar lumpur, karena itu diperlukan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisis agregat. Dasar yang digunakan untuk pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat ini adalah metode standar *American Society for Testing of Material (ASTM)*, *British Standard (BS)*, *American Concrete Institute (ACI)*, dan *PBI N.I-2 1971*.

##### 2.1.1 Berat Jenis dan Absorpsi Agregat

Orchard (1979) menyatakan bahwa kerikil yang baik mempunyai berat jenis antara 2,6-2,7; sedangkan pasir yang baik mempunyai berat jenis lebih besar dan 2,6. Absorpsi dari agregat yang baik berada dalam rentang 0,4% - 1,9%. Troxel dalam bukunya seperti yang dikutip oleh Rahman I.A (1988) menyatakan bahwa kerikil yang baik mempunyai berat jenis antara 2,5 - 2,8; sedangkan pasir antara 2,0 - 2,6. Absorpsi yang disyaratkan untuk kerikil adalah antara 0,5% - 1,0% dan pasir berada dalam interval 0% - 2%.

### **2.1.2 Berat Volume Agregat**

British Standard 812 seperti yang dikutip oleh Orchard (1979) menyatakan bahwa berat volume agregat yang baik untuk material beton adalah lebih besar dan pada 1,445 kg/l sedangkan menurut Troxel berat volume kerikil yang baik adalah 1,56 kg/l dan untuk pasir 1,40 kg/l.

### **2.2 Kandungan Bahan Organik dalam Agregat**

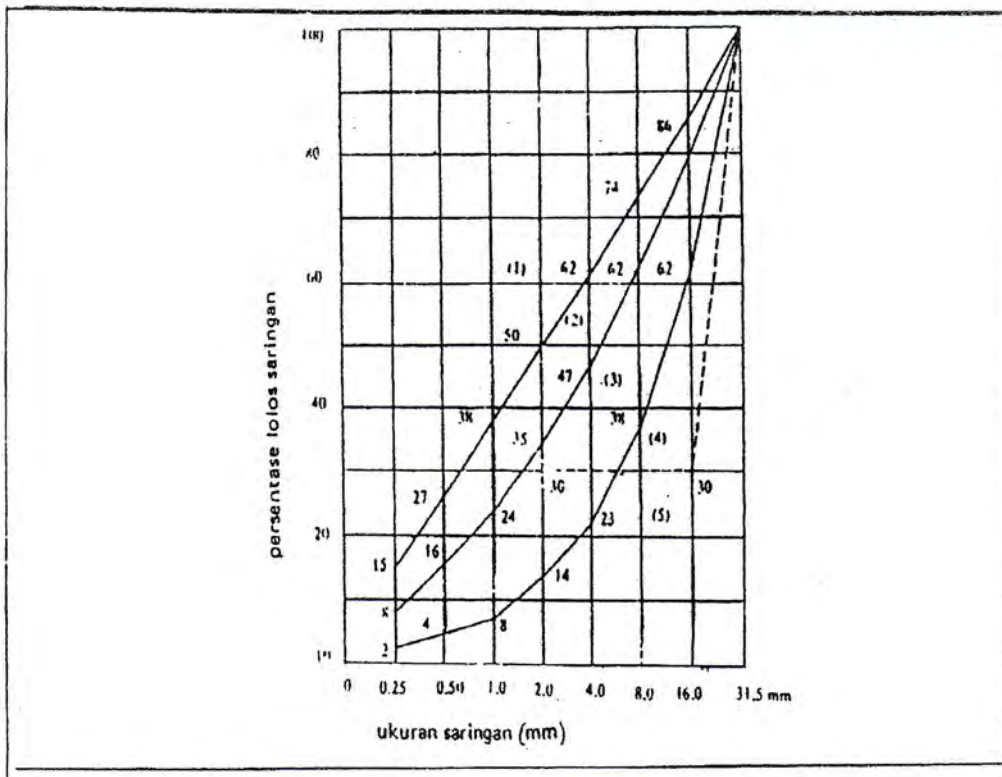
Kandungan bahan organik dalam agregat diperiksa atau ditentukan dari beberapa tingkat kepekatan warna berdasarkan percobaan Abram's Harder. Beberapa kemungkinan yang terjadi dari hasil pemeriksaan ini adalah sebagai berikut:

1. Cairan berwarna jernih, artinya pasir bebas dari bahan organik,
2. Cairan berwarna kuning muda, artinya pasir dapat digunakan sebagai bahan pembentuk beton,
3. Cairan berwarna kuning tua, artinya pasir mengandung banyak bahan-bahan organik.

Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971) pasal 3.3 ayat 4 menyatakan bahwa agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna Abram's Harder, Agregat halus yang tidak memenuhi syarat percobaan warna ini dapat juga dipakai, bila kuat tekan beton dengan menggunakan agregat tersebut pada umur 7, 28 hari minimal 95% dari kuat tekan beton yang menggunakan agregat yang sama tetapi sudah bersih dari bahan-bahan organik.

### 2.3 Fineness Modulus

PBI (1971), menetapkan bahwa susunan butir agregat beton harus diperiksa dengan melakukan analisis ayakan. Susunan ayakan disusun dengan susunan ayakan yang mempunyai lubang-lubang persegi dengan ukuran lubang berturut-turut 31,5; 16; 8; 4; 2; 1; 0,50 dan 0,25 mm. Standar ASTM (1979) yang disesuaikan dengan ketentuan-ketentuan PBI 1971, mempunyai harga fineness modulus untuk agregat campuran berkisar 4,0 hingga 7,0 dengan susunan ayakan yang digunakan berturut-turut 31,5 mm; 19,1 mm; 9,52 mm; 4,76 mm; 2,38 mm; 1,19 mm; 0,59 mm; 0,29 mm dan 0,149 mm. Untuk lebih jelasnya susunan butirannya dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Daerah Susunan Butiran Agregat Campuran Dengan Diameter Maximum 31,5 mm

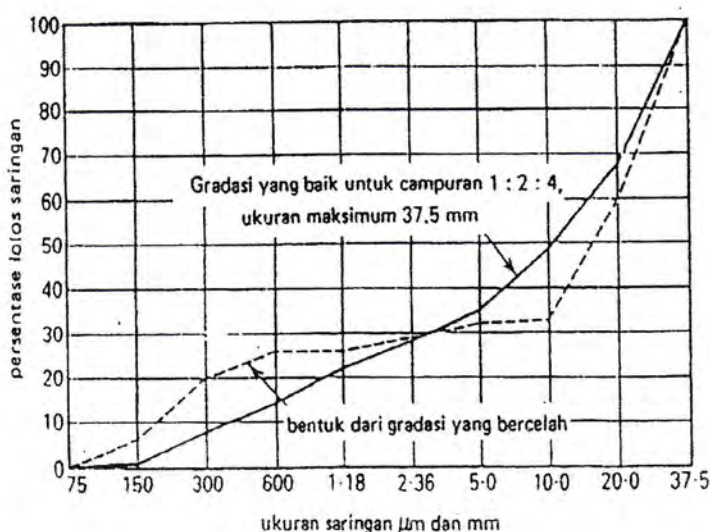
Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971



Angka-angka yang terdapat dalam kurung menunjukkan arti sebagai berikut :

- 1) Daerah tidak baik, diperlukan terlalu banyak semen dan air,
- 2) Daerah baik, tetapi diperlukan banyak semen dan air,
- 3) Daerah sangat baik sekali,
- 4) Daerah baik untuk susunan butir diskontinyu,
- 5) Daerah tidak baik, terlalu sulit untuk dikerjakan.

Menurut Neville, AM (1973) harga fineness modulus untuk agregat campuran berkisar antara 2,3-3,0 dengan susunan ayakan yang digunakan berturut-turut 9,6 mm; 5,0 mm; 2,36 mm; 1,18mm; 0,6mm; 0,3 mm dan 0,15 mm sedangkan menurut Murdock (1973) harga fineness modulus untuk agregat campuran berkisar antara 5,7 - 5,8 dengan susunan ayakan yang digunakan berturut-turut 37,5 mm; 20 mm; 10 mm; 5 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 600 mm; 300 mm; 150 mm dan 75 mm. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada gambar 3 berikut :



Gambar 3. Kurva Gradasi Pada Diameter Maximum 31,5 mm

Sumber: Murdock, L.J (1991)

## 2.4 Komposisi Campuran Beton

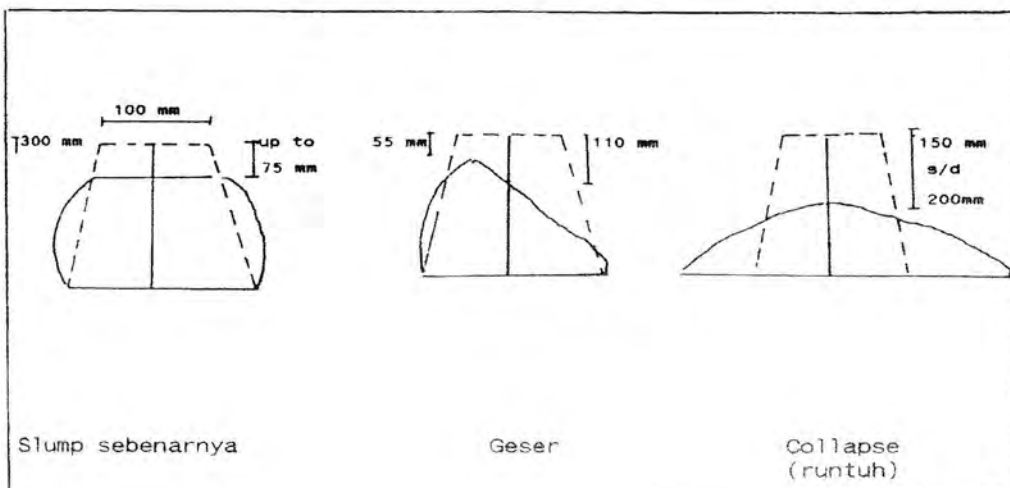
Rancangan beton (*mix design*) didasarkan pada metode perhitungan yang disarankan oleh ACI Standard dengan menggunakan tabel-tabel seperti yang diperlihatkan pada Lampiran B.

\* Penggunaan rumus Dobokugakai sangat membantu dalam menentukan bagian dari setiap material yang dipakai. Untuk harga fineness modulus agregat campuran rencana diambil sebesar 4,25; 4,67; 5,07; 5,65; dan 6;32.

## 2.5 Pemeriksaan Mutu Adukan

Pemeriksaan mutu adukan bertujuan untuk mengontrol kembali campuran beton yang telah direncanakan apakah telah sesuai dengan yang diharapkan. Pemeriksaan mutu adukan ini meliputi pemeriksaan slump, berat volume, kandungan udara dalam beton, suhu mortal dan suhu kamar pada saat melakukan pengadukan beton.

Pemeriksaan slump menurut Abram's Harder bertujuan untuk mengukur kekentalan mortal sebelum dipadatkan. Besarnya nilai slump adalah besarnya penurunan tinggi mortal setelah kerucut diangkat vertikal ke atas. Gambar 4 memperlihatkan beberapa jenis slump yang mungkin terjadi pada beton:



#### Gambar 4. Jenis Slump

Sumber: Murdock (1991)

Kadar udara dalam adukan beton yang menggunakan semen Portland Type I menurut Orchard (1979) berada sekitar 0,5% - 2,5%.

Temperatur air pengaduk beton menurut ASTM tidak boleh melebihi 23°C dan air untuk perawatan beton 20°C. Temperatur kamar dan material beton berkisar antara 20°C-27°C. *American Concrete Institute 305-72* menyarankan suhu mortal maksimum sekitar 32°C. Hal ini mengingat reaksi kimia yang terjadi pada saat semen mengadakan ikatan dan pengerasan diikuti oleh pelepasan panas.

#### 2.6 Kuat Tekan Beton dan Sifat-Sifat Umum Tegangan Regangan Beton

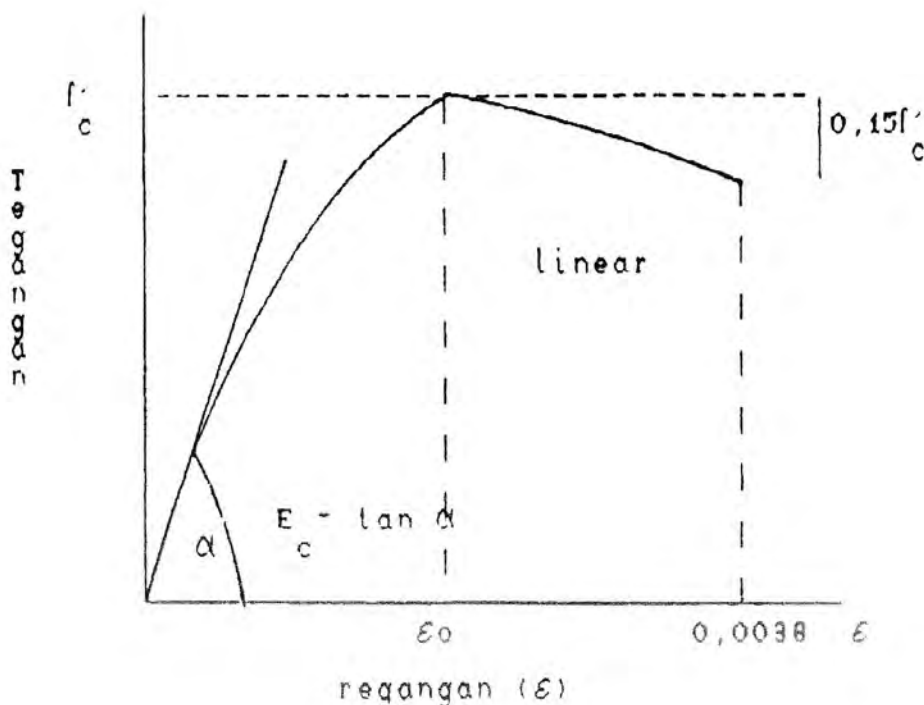
Kuat tekan beton dan sifat-sifat umum tegangan dan regangan sangat tergantung dari faktor air semen, tingkat pemadatan yang dilakukan dan mutu material yang digunakan. Murdock dan Brook (1991) melaporkan bahwa kuat tekan beton tidak hanya dipengaruhi oleh kedua faktor tersebut di atas saja, tetapi juga dipengaruhi oleh jenis dan kualitas semen yang dipakai, jenis dan lekuk-lekuk bidang permukaan agregat, efisiensi dan perawatan, suhu dan umur beton.

Granholm (1965) menyatakan bahwa garis lengkung pada diagram tegangan regangan mempunyai ciri-ciri tertentu, yaitu garis akan terus naik sampai mencapai tegangan maksimum dan kemudian menurun. Bentuk garis lengkung mulai dari nol sampai mencapai puncak tegangan maksimum agak teratur namun setelah itu menjadi tidak teratur. Besar tegangan maksimum terjadi pada regangan 0,0015 sampai 0,0020.

Wang dan Salmon (1986) menyatakan bahwa hubungan tegangan

regangan beton memperlihatkan hubungan yang tidak berbanding lurus atau non linier untuk tegangan di atas setengah dari kuat tekan silinder beton. Distribusi tegangan regangan atau stress block beton yang berpola linier di bawah setengah dari kuat tekan beton maksimum, akan segera memperlihatkan nonlinier begitu melewati batas setengah kuat tekan maksimum. Hubungan kurva tegangan regangan selanjutnya akan mengikuti kurva parabolik hingga mencapai kuat tekan maksimum dan melandai seiring dengan pengurangan tegangan dan penambahan regangan secara tidak proporsional.

Park dan Paulay (1975) mengatakan bahwa garis diagram hubungan tegangan regangan pada saat setengah dari kuat tekan beton hampir berupa garis lurus. Puncak kurva relatif tajam untuk beton mutu tinggi dan relatif mendatar untuk beton mutu rendah. Besarnya nilai regangan maksimum dari grafik tersebut adalah 0,0038.



Gambar 5. Kurva Hubungan Tegangan Regangan Silinder Beton Yang Disederhanakan

Sumber: Park dan Paulay (1975)

Hubungan kuat tekan dan regangan beton diperoleh dari data hasil tes kuat tekan silinder beton sentrik dan data perpendekan dari pembacaan deflection dial.

Besarnya kuat tekan yang timbul dapat dihitung dengan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

di mana :

$f'c$  = Kuat tekan yang timbul (kg/W)

$P$  = Beban yang bekerja (kg)

$A$  = Luas tampang (cm )

Besarnya regangan yang timbul akibat pembebanan dapat dihitung dengan

rumus :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

$\varepsilon$  = Regangan

$\Delta l$  = Jarak perpendekan yang terjadi dalam arah pembebanan (cm)

$l$  = Jarak frame gage (20 cm)

Perbandingan antara besarnya tegangan yang diperoleh dengan besarnya regangan disebut modulus elastisitas dan dihitung dengan rumus :

$$EC = \frac{f'c}{\varepsilon} \dots\dots\dots(2.3)$$

Wang dan Salmon (1986) menyatakan bahwa modulus elastisitas beton naik sesuai dengan kuat tekan beton dan semakin bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton.

**2.7. Analisis Data**

**2.7.1 Analisis varian pengaruh Perbedaan Susunan Butir Agregat Campuran (Gradasi) terhadap Kuat Tekan Beton**

Analisis varian menurut Hines dilakukan untuk mengetahui apakah perbedaan susunan butir agregat campuran (gradasi) dalam hal ini harga fineness modulus berpengaruh nyata terhadap kuat tekan beton. Metode yang dipilih adalah analisis varian untuk rancangan faktorial dua arah model efek tetap.

**2.7.2 Seleksi Data**

Seleksi data dilakukan secara statistik dan data hasil pengujian kuat tekan beton. Baik tidaknya penyebaran tersebut dapat dilihat dan simpangan baku (*standar deviation*) atau yang terjadi. Besarnya simpangan baku ini tergantung dari tingkat ketelitian pelaksanaan dan pengawasan. Semakin kecil simpangan baku yang timbul akan semakin baik, karena nilai koefisiennya menjadi lebih kecil yang berarti bahwa pekerjaan yang dilakukan semakin teliti. Besarnya simpangan baku dihitung dengan rumus:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(2.5)$$

di mana:

S = Simpangan baku  
 UNIVERSITAS MEDAN AREA

$X_i$  = Kuat tekan masing-masing benda uji ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\bar{X}$  = Kuat tekan rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

$n$  = Jumlah benda uji

### 2.7.3 Analisis Regresi

Analisis regresi umumnya dipakai untuk menganalisa hubungan antara dua variabel atau lebih. Variabel-variabel yang harus diketahui dalam analisis regresi adalah variabel-variabel yang mempengaruhi dan yang dipengaruhi. Variabel yang mempengaruhi disebut variabel bebas independent variabel dan variabel yang dipengaruhi disebut variabel terikat (*dependent variabel*). Analisis regresi berganda digunakan pada variabel bebas (*independent variabel*) yang lebih dari satu. Regresi berganda adalah salah satu teknik statistik yang digunakan secara luas.

Persamaan garis atau kurva yang mewakili kedua variabel tersebut diperoleh dari data yaitu  $(x.,y.)$  dimana  $i = 1,2,\dots,n$ . Kedua data tersebut diplot kedalam salib sumbu kartesian dan kemudian titik-titik tersebut akan membentuk titik pencar, yang disebut dengan diagram pencar (*scatter diagram*).

Berdasarkan pada diagram pencar tersebut, akan didapat garis atau kurva pendekatan yang mewakili kedua kumpulan titik tersebut. Garis atau kurva pendekatan ini dinamakan garis penduga (*approximating curve*), seperti yang dikutip Sudjana (1989). Apabila garis penduga ini mendekati trend sebuah garis lurus, maka dikatakan adanya hubungan linear antara kedua kelompok data. Sebaliknya, apabila garis penduga menyimpang dari trend sebuah garis lurus, maka dikatakan adanya hubungan nonlinear antara kedua kelompok data tersebut.

Garis penduga yang dianggap paling mewakili adalah garis yang dibuat

sedemikian rupa sehingga "total error" yang mungkin terjadi dapat ditekan sekecil mungkin. Ada dua metode pendekatan yang digunakan untuk memperkecil "error" yang ada. Kedua metode tersebut adalah metode kuadrat terkecil dan metode interpolasi. Metode kuadrat terkecil (*least square method*) masih dianggap yang terbaik dewasa ini. Metode kuadrat terkecil dipakai untuk data yang diperkirakan adanya kesalahan cukup besar dari data, sedangkan metode interpolasi berdasar pada data yang diketahui sangat benar. Metode kuadrat terkecil cocok digunakan untuk meminimumkan jumlah kuadrat dari kesalahan (*error*).

Garis atau kurva penduga yang mewakili titik-titik dalam diagram pencar dapat berupa garis lurus (*linear*) atau dapat berupa garis lengkung (*non linear*). Regresi "linear berganda digunakan untuk diagram pencar yang berupa garis lurus dan regresi nonlinear berganda digunakan untuk diagram pencar yang berupa garis lengkung.

Data kuat tekan beton adalah sebagai variabel terikat (*dependent variabel*) sedangkan faktor air semen dan fineness modulus sebagai variabel bebas (*independent variabel*). Persamaan regresi berganda yang paling cocok dari ketiga model regresi tersebut adalah regresi yang koefisien determinasinya paling besar dibandingkan dengan yang lainnya.

Koefisien determinasi (*R square*) sering dipergunakan untuk mempertimbangkan ketepatan sebuah model regresi. Namun bukan berarti *R square* yang besar akan memberikan pendugaan yang akurat terhadap suatu model regresi dan suatu observasi. Hal ini disebabkan oleh :

- a. *R square* tidak mengukur besarnya slope garis regresi,



- b. R square tidak menyatakan secara langsung curamnya slope,
- c. R square tidak mengukur kelayakan garis regresi.

**2.7.4 Analisis Varian Untuk Pengujian Nyata Regresi**

Model regresi yang diperoleh dalam bentuk sebuah persamaan perlu dilihat kesesuaiannya dengan melakukan uji analisis varian regresi. Analisis varian pengujian nyata regresi ini dilakukan menurut Hines dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Analisis Varian untuk Nyata Regresi Dalam Regresi Berganda

Sumber Varian	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kuadrat	F <sub>0</sub>
Regresi	SSR	k	$MS_R = \frac{SS_R}{K}$	$MS_R = \frac{SS_R}{K}$
Error	SS <sub>e</sub>	n-k-1	$MS_E = \frac{SS_E}{n-K-1}$	
Total	Syy	n-1		



di mana :

$$Syy = y^1 y - \frac{\left[ \sum_{i=1}^n y_i \right]^2}{n} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$SS_R = \bar{\beta}^1 x^1 y - \frac{\left[ \sum_{i=1}^n y_i \right]^2}{n} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$SS_E = Syy - SS_R = y^1 y - \bar{\beta}^1 x^1 y \dots\dots\dots (2.8)$$

Berdasarkan perhitungan di atas, model regresi yang dipilih dianggap sesuai jika FO hasil perhitungan lebih besar dari persentase titik distribusi, pada = 0,05 atau  $F_0 > F_{0,05;k;n-k-1}$ . Jika F, perhitungan lebih kecil dari persentase titik distribusi F pada = 0,05 maka model regresi yang dipilih tidak sesuai dan dicoba

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Perkembangan teknologi beton sampai sekarang ini adalah dan hasil karya penelitian yang semakin intensif dilaksanakan selama ini. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat-sifat dan mutu beton yang disyaratkan suatu konstruksi dapat dibuat dengan mudah sesuai spesifikasi yang ditentukan. Perhatian pada mutu bahan yang dipergunakan sangat penting untuk memperoleh hasil yang baik.

#### **3.1 Sumber Data**

Penelitian ini ingin menjawab pertanyaan apakah susunan butir agregat campuran yang digunakan untuk adukan beton berpengaruh terhadap kuat tekannya. Sebagai variabel bebas (*independent variabel*) yang dipilih adalah dua macam faktor air semen (FAS) dengan lima taraf (level) susunan butir agregat yang dinyatakan dalam fineness modulus (FM) dengan lima taraf pula. Sebagai variabel terikat (*dependent variabel*) adalah kuat tekan beton yang diperoleh dari pengujian kuat tekan beton benda uji silinder.

#### **3.2 Material Yang Digunakan**

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland, agregat halus, agregat kasar dan air. Semen Portland yang digunakan adalah semen Portland type I produksi PT. Semen Andalas Indonesia. Pemeriksaan terhadap mutu semen Portland tidak dilakukan lagi karena semen Portland yang digunakan telah memenuhi Standar Industri Indonesia, SII No. 001381.

Pemeriksaan hanya dilakukan dengan melihat apakah kantong pembungkus dan

Agregat halus yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan 3/8 (diameter 9,52 mm) dan tertinggal di atas saringan No. 100 (diameter 0,149 mm). Agregat kasar yang digunakan adalah kerikil yang lolos saringan 31,5 mm. Air yang digunakan adalah air PDAM yang tersedia di lokasi penelitian. Air tersebut sudah memenuhi syarat Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBBI) 1982 yaitu bersih, tidak mengandung lumpur, minyak, benda terapung dan garam-garaman.

Perawatan benda uji dilakukan dalam bak air yang terdapat di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara (USU).

### **3.3 Prosedur Penelitian**

#### **3.3.1 Persiapan**

Pekerjaan persiapan ini meliputi perencanaan fineness modulus rencana dengan mengambil susunan butir (*sieve analysis*) rujukan adalah grafik daerah susunan butir agregat campuran dengan diameter maksimum 31,5 mm.

Jumlah benda uji yang direncanakan berjumlah 100 buah benda uji silinder beton dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Kelompok kuat tekan dipilih dua kelompok yaitu kuat tekan beton benda uji yang dihasilkan oleh faktor air semen 0,55 dan 0,60. Kelompok susunan butir agregat campuran dipilih harga lima level fineness modulus agregat yaitu 4,24; 4,67; 5,07; 5,65 dan 6,32. Untuk lebih jelasnya pembagian benda uji dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Pengelompokan Jumlah Benda Uji untuk Setiap Perlakuan

FAS	Harga Fineness Modulus					TOTAL
	4,25	4,67	5,07	5,65	6,32	
0,55	10	10	10	10	10	50
0,60	10	10	10	10	10	50
TOTAL	20	20	20	20	20	100

Sumber: Penelitian Laboratorium Tahun 2007

### 3.3.2 Pengukuran Berat Jenis dan Absorpsi

Pengukuran berat jenis dan absorpsi agregat dilakukan berdasarkan British standard 812. Peralatan-peralatan yang digunakan adalah gelas Thaulow's dan penutupnya, timbangan merek Maruto type C.158. A kapasitas 5000 gr, tongkat besi penumbuk berdiameter 10 mm dengan panjang 150 mm, konis pasir dengan diameter alas 90 mm, diameter atas 40 mm dan tinggi 70 mm.

Agregat halus dan agregat kasar diambil secara acak dan masing-masing tumpukannya kira-kira 10 kg kemudian direndam dalam air selama 24 jam agar kedua jenis agregat tersebut jenuh air. Agregat yang telah direndam tersebut kemudian dihamparkan di lantai agar permukaannya menjadi kering dengan cara membalik-balikkan secara merata.

Keadaan kering air permukaan agregat halus dapat diketahui dengan percobaan konis pasir yaitu dengan cara memasukkan agregat yang telah diangin anginkan tadi ke dalam konis pasir yang terdiri atas tiga lapisan. Setiap lapisan agregat dipadatkan dengan menggunakan tongkat besi berdiameter 10 mm dan panjang 150 mm dengan cara menjatuhkan tongkat tersebut ke atas setiap lapisan sebanyak 25 kali secara merata. Setelah permukaan diratakan lalu konis pasir diangkat secara vertikal ke atas. Jika agregat sudah dalam keadaan sebagian

UNIVERSITAS MEDAN AREA

runtuh, hal ini menunjukkan bahwa agregat tersebut dalam keadaan kering air permukaan.

Keadaan kering air permukaan untuk agregat kasar dapat diketahui dengan cara pemeriksaan secara visual terhadap perubahan warna yang terjadi pada agregat tersebut. Jika agregat tersebut berwarna abu-abu, hal ini menunjukkan bahwa agregat tersebut dalam keadaan kering permukaan.

Pemeriksaan kering air permukaan kedua jenis agregat ini dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang diusulkan oleh Dobokugakai yang dikutip oleh Rahman, I.A (1983).

Pasir dalam keadaan kering air permukaan tadi kemudian dimasukkan dalam gelas Thaulow's dan ditimbang beratnya. Kemudian gelas diisi penuh dengan air bersih dan selanjutnya ditutup rapat dengan menggunakan plat kaca, lalu gelas tersebut dibalik-balikkan beberapa kali agar semua udara yang ada di dalam pasir dapat keluar. Pekerjaan ini terus dilakukan sehingga benar-benar tidak ada lagi gelembung udara di dalam gelas. Gelas, pasir, air dan penutupnya kemudian ditimbang beratnya setelah bebas dari udara. Selanjutnya adalah menimbang gelas, air dan penutupnya saja.

Berdasarkan pekerjaan di atas dapat dihitung berat jenis agregat yaitu perbandingan antara berat sejumlah volume agregat tanpa rongga udara dengan berat air pada volume yang sama.

Berat jenis pasir kering air permukaan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$Sg_{(sai)} = \frac{Ws}{Ws - Wcsw' + Wcw''} \dots\dots\dots(3.1)$$

$Sg_{(sad)}$  = Berat jenis kering air permukaan

$W_s$  = Berat agregat kering air permukaan (gram)

$W_{CSW}^I$  = Berat gelas berisi air dan agregat (gram)

$W_{CW}^{II}$  = Berat gelas dan air (gram)

Berat jenis pasir kering oven diperoleh dengan cara membuang air yang bercampur dengan agregat dan kemudian dioven selama 24 jam dengan temperatur berkisar antara 100°C hingga 110°C lalu pasir ditimbang beratnya.

Berat jenis kering oven dapat dihitung dengan rumus:

$$Sg_{(od)} = \frac{Wd}{W_s - W_{CSW}^I + W_{CW}^{II}} \dots\dots\dots(3.2)$$

di mana :

$Sg_{(od)}$  = Berat jenis kering oven

$W_s$  = Berat agregat kering oven (gram)

Absorpsi yaitu persentase perbandingan antara berat air yang diserap oleh agregat pada keadaan kering permukaan dengan berat agregat pada keadaan kering oven.

Perhitungan absorpsi dari setiap agregat halus dan agregat kasar dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$W = \frac{(W_s - Wd)}{Wd} \times 100 \dots\dots\dots(3.3)$$

di mana :

$W$  = Absorpsi (%)

Langkah pemeriksaan dan perhitungan absorpsi untuk kedua jenis agregat tersebut dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing agregat. Harga yang

diamor adalah harga rata-rata dari ketiga sampel yang diuji tersebut.

Kerikil yang dalam keadaan kering permukaan dihitung berat jenisnya dengan cara memasukkan sejumlah sampel ke dalam keranjang, kemudian ditimbang beratnya bersama-sama. Pemeriksaan berat jenis kerikil ini menggunakan timbangan merek Maruto type C.158.A yang tersedia di laboratorium. Berat jenis kerikil kering air permukaan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Sg_{(sad)} = \frac{W_s}{W_s - W_w} \dots\dots\dots(3.4)$$

di mana:

$W_w$  = Berat kerikil dalam air (gram)

Pemeriksaan berat jenis kerikil kering oven sama dengan pemeriksaan terhadap pasir. Perhitungan berat jenis kering oven dapat dihitung rumus:

$$Sg_{(od)} = \frac{W_s}{W_s - W_w} \dots\dots\dots(3.5)$$

Hasil perhitungan berat jenis dan absorpsi ini dapat dilihat pada Tabel 6 Halaman 36.

### 3.3.3 Pengukuran Berat Volume

Pengukuran berat volume agregat didasarkan pada metode British Standard 812. Agregat kasar dan agregat halus diambil secara acak sebanyak kira-kira 2 kg, kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada temperatur sekitar 100°C.

Berat volume ini diperiksa dengan bantuan timbangan yang mempunyai kapasitas 50 kg dan kontainer yang mempunyai volume 1,552 liter. Agregat yang telah kering oven tadi kemudian dimasukkan ke dalam kontainer sebanyak tiga lapisan. Volume tiap lapis diusahakan lebih kurang sama besarnya. Pemadatan

dilakukan pada tiap lapisan dengan menggunakan tongkat besi berdiameter 16 mm dan panjang 600 mm. Agregat kemudian ditumbuk dengan menggunakan tongkat besi tersebut sebanyak 25 kali dengan tinggi jatuh 25 cm untuk tiap lapisan. Setelah penumbukan selesai, permukaan agregat diratakan sejajar dengan permukaan kontainer lalu ditimbang beratnya. Berdasarkan berat agregat, kontainer serta volume kontainer yang dipakai, berat volume agregat dapat dihitung.

Berat volume agregat yaitu perbandingan antara berat agregat dalam kontainer dengan volume dari kontainer tersebut. Perhitungan berat volume dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$W_v = \frac{(W_{ca} - W_c)}{V_c} \dots\dots\dots(3.6)$$

di mana:

$W_v$  = Berat volume (kg/l)

$W_{ca}$  = Berat kontainer + agregat pemadatan (kg)

$W_c$  = Berat kontainer (kg)

$V_c$  = Volume kontainer (l)

### 3.3.4 Pengukuran Susunan Butir

Pengukuran susunan butir agregat campuran dilakukan terhadap kedua jenis agregat tadi. Agregat yang dipakai dalam pengukuran ini harus agregat kering oven. Agregat halus dan agregat kasar diambil secara acak sebanyak masing-masing 500 gram dan 1500 gram. Saringan yang digunakan untuk pengukuran ini adalah saringan buatan pabrik Maruto Testing Machine, Jepang.

Susunan saringannya didasarkan pada ketentuan dari ASTM. Diameter dari saringan tersebut adalah 31,50 mm; 19,10 mm; 9,52 mm; 4,76 mm; 2,38 mm;



1,19 mm; 0,59 mm; 0,279 mm; dan 0,149 mm.

Agregat yang akan diukur susunan butirnya kemudian dimasukkan ke dalam saringan yang telah disusun berdasarkan ketentuan ASTM tadi, kemudian saringan digetar-getarkan agar butir butiran agregat yang lebih halus dapat turun ke saringan berikutnya. Agregat yang tinggal di atas saringan saringan ditimbang beratnya dengan menggunakan timbangan merek Maruto type C.158.A berkapasitas 5000 gram. Demikian seterusnya sampai diameter yang paling kecil hingga diperoleh sisa dan hasil pengukuran tadi.

Pengukuran susunan butir ini dilakukan tiga kali untuk masing-masing agregat yang kemudian dihitung harga rata-ratanya. Berdasarkan persentase berat agregat yang tertinggal di atas tiap saringan akan diperoleh harga kumulatif dan derajat kehalusan (*fineness modulus*).

### **3.3.5 Pemeriksaan Kandungan Bahan Organik**

Pemeriksaan kandungan bahan organik bertujuan untuk melihat material yang digunakan untuk campuran beton memenuhi syarat agregat beton atau tidak. Kandungan bahan organik dalam material sangat mengganggu proses pengikatan beton, sehingga dapat menurunkan kuat tekan beton itu sendiri. Material harus bersih dan bebas dari kandungan bahan organik untuk memperoleh campuran beton yang baik.

Pemeriksaan kandungan bahan organik ini dikhususkan pada agregat halus. Metode pemeriksian didasarkan pada ASTM C40-73 yaitu percobaan warna Abram's Harder dan sesuai dengan PBI N1-2 1971. Agregat halus dimasukkan ke dalam gelas ukur sebanyak 130 ml, kemudian ditambahkan larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 3% hingga volume gelas menjadi 200 ml. Campuran lalu

diaduk hingga merata dan dibiarkan selama 24 jam, setelah 24 jam diamati warna cairan dalam gelas ukur tersebut.

### 3.3.6 Rancangan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dirancang dengan mengambil analogi Metode ACI Standard 211.1-77, dengan slump rencana berada 8-10 cm, diameter agregat maksimum lolos # 31,5 mm, kebutuhan air untuk 1 m<sup>3</sup> mortal adalah 186,33 kg. Hasil yang diperoleh akan dapat diketahui komposisi dan agregat halus dan agregat kasar.

Komposisi campuran beton pada penelitian ini dirancang berdasarkan faktor air semen 0,55 dan 0,60. Hasil perhitungan rancangan campuran beton diperlihatkan pada Tabel 11 Halaman 45.

### 3.3.7 Perbandingan Campuran Agregat Halus dan Agregat Kasar

Menurut Dobokugakai, yang dikutip Rahman, I.A dan Hanafiah, A (1983) menerangkan bahwa untuk memperoleh perbandingan campuran agregat digunakan persamaan Fineness Modulus Campuran yaitu:

$$FM_{(camp)} = FM_{(fa)} \cdot X + FM_{(ca)} \cdot (1 - X) \dots\dots\dots(3.7)$$

di mana:

$FM_{(fa)}$  = Fineness modulus agregat halus

$FM_{(ca)}$  = Fineness modulus agregat kasar

$FM_{(camp)}$  = Fineness modulus agregat campuran rencana

X = Bagian dari agregat halus

(1-X) = Bagian dan agregat kasar

Berdasarkan perhitungan awal harga fineness modulus campuran rencana

### 3.3.8 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Benda uji seluruhnya berjumlah 100 buah dengan fineness modulus 5 level dan faktor air semen 2 level. Harga fineness modulus yang dipakai adalah 4,25; 4,67; 5,07; 5,65 dan 6,32 serta faktor air semen 0,55 dan 0,60. Jumlah benda uji untuk tiap perlakuan adalah 10 buah.

Pembuatan benda uji dilakukan untuk satu perlakuan satu kali pengecoran. Pekerjaan pengecoran dilakukan sesuai dengan jumlah mortal yang di rencanakan dan kapasitas molen yang tersedia. Molen yang digunakan molen yang digerakkan oleh elektro motor berkapasitas adukan 150 liter adukan, merek Maruto Testing Machine, Jepang.

Pekerjaan pengecoran dimulai dengan menimbang semua material sesuai perbandingan campuran yang telah dirancang sebelumnya.

Selanjutnya cetakan silinder diolesi dengan oli agar dapat memudahkan pada saat pembukaan cetakan setelah beton mengeras. Molen dibersihkan terlebih dahulu agar bersih dari bahan-bahan yang tertinggal di dalam molen, demikian juga dengan wadah mortal. Alat-alat untuk pengukuran kadar udara dalam mortal, serta alat pengukur slump harus dalam keadaan baik.

Pengadukan beton dilakukan dengan memasukkan kerikil, pasir, semen dan air secara berurutan. Tujuannya adalah mencegah terjadinya penggumpalan dan mengakibatkan campuran beton tidak merata. Lamanya waktu pengadukan sekitar 5 menit dengan kemiringan sumbu molen sekitar 45°.

Adukan yang telah tercampur baik diukur slumpnya dengan menggunakan kerucut Abram's sesuai dengan ketentuan ASTM C 143-78. Alat ini terbuat dari logam dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm

berbentuk kerucut terpancung. Alat ini dilengkapi dengan sebuah plat baja berukuran 45 cm x 45 cm dan sebuah alat pemadat dari besi yang berdiameter 1,6 cm, panjang 60 cm dan salah satu ujungnya dibulatkan.

Kekentalan adukan diperoleh dengan cara mengukur besar penurunan permukaan beton muda (*fresh concrete*) setelah kerucut ditarik vertikal ke atas. Besarnya penurunan permukaan beton muda ini disebut dengan slump yang besarnya direncanakan 8-10 cm. Kandungan udara dan berat volume adukan beton diukur dengan alat yang dinamakan air meter seperti yang disyaratkan oleh ASTM C 231-78. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer. Suhu yang diukur adalah suhu mortal dan suhu kamar. Adukan beton kemudian dimasukkan ke dalam cetakan silinder dan dipadatkan dengan menggunakan alat pemadat dari besi baja dalam tiga lapisan agar tercapai pemadatan yang baik. Kemudian dinding cetakan dipukul dengan palu karet secara perlahan.

Benda uji yang sudah dicetak kemudian disimpan dalam ruang perawatan. Setelah itu benda uji dicapping atau diberi pasta semen pada permukaannya hingga merata. Setelah benda uji berumur 48 jam, cetakan dapat dibuka dan untuk setiap benda uji diberi nomor sesuai dengan yang telah direncanakan. Selanjutnya benda uji ditempatkan ke dalam bak perawatan sesuai dengan lamanya waktu yang direncanakan. Sehari sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton, benda uji dikeluarkan dan bak perawatan agar air permukaan menjadi kering.

### **3.3.9 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton**

Pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan setelah benda uji mencapai umur 28 hari. Metode untuk pengujian kuat tekan silinder beton didasarkan pada ASTM C 39-72. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin pembebanan

merek Tonindustrie No. 2551.90.1970 buatan pabrik Manhein Jerman dengan kapasitas beban 200 ton. Perpendekan yang terjadi diukur pada tiga buah *deflection dial* yang dipasang pada *frame gage* di sekeliling benda uji. Bentuk dan cara pemasangan *deflection dial* diperlihatkan pada lampiran A.1.

Perpendekan yang terjadi diukur dengan mencatat secara manual angka yang ditunjukkan oleh ketiga *deflection dial* untuk setiap interval pembebanan 2 ton sampai beban mencapai beban maksimum. Beban mencapai maksimum ditandai dengan turunnya jarum penunjuk angka pembebanan serta diikuti dengan retak atau hancurnya benda uji. *Deflection dial* yang digunakan merek Mitutoyo, Jepang.

### **3.3.10 Analisis Data**

Data hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dihitung nilai rata-ratanya. Nilai ini digunakan untuk memeriksa apakah agregat yang digunakan memenuhi ketentuan yang disyaratkan sebagai agregat beton yang baik dan juga digunakan untuk menentukan jumlah material yang digunakan dalam 1 m<sup>3</sup> beton. Selanjutnya data hasil pemeriksaan adukan digunakan untuk memeriksa apakah campuran beton sesuai dengan rencana.

Data dari hasil pengujian kuat tekan beton dihitung nilai kuat tekan dari masing-masing perlakuan yang diberikan. Berdasarkan data kuat tekan yang tersedia tersebut, kemudian dilakukan analisis varian untuk melihat apakah susunan butir agregat campuran berpengaruh terhadap kuat tekan silinder beton. Kemudian dilakukan seleksi data untuk melihat penyebaran data.

Selanjutnya dibuat grafik hubungan antara susunan butir agregat campuran dalam hal ini fineness modulus dengan kuat tekan beton. Grafik tersebut dibuat

berdasarkan analisis regresi. Kesesuaian model regresi yang dipakai diuji dengan analisis van an untuk pengujian regresi.

### 3.4 Rancangan yang Digunakan

Sesuai pasal 2.7.1 halaman 10 rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan faktorial dua arah dengan model efek tetap dengan variabel bebas (*independent variabel*) adalah FAS dan FM sedangkan variabel terikat (*dependent variabel*) adalah kuat tekan beton. Untuk lebih jelasnya rancangan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Rancangan Pengumpulan Data Kuat Tekan Beton :

FAS	FINENESS MODULUS				
	4,25	4,67	5,07	5,65	6,32
0,55	y <sub>111</sub>	y <sub>121</sub>	y <sub>131</sub>	y <sub>141</sub>	y <sub>151</sub>
	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
	y <sub>1110</sub>	y <sub>1210</sub>	y <sub>1310</sub>	y <sub>1410</sub>	y <sub>1510</sub>
0,60	y <sub>211</sub>	y <sub>221</sub>	y <sub>231</sub>	y <sub>241</sub>	y <sub>251</sub>
	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
	y <sub>2110</sub>	y <sub>2210</sub>	y <sub>2310</sub>	y <sub>2410</sub>	y <sub>2510</sub>

Untuk analisis regresi sesuai dengan penelitian ini digunakan analisis regresi berganda dimana variabel x. adalah faktor air semen (FAS) dan variabel x adalah fineness modulus (FM).

### 3.5 Peralatan yang Digunakan

Peralatan-peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin pembebanan tekan (*loading tester*), cetakan benda uji silinder, oven, timbangan, pengaduk beton (*mixer concrete*) dan satu set saringan standar ASTM 79.

Tabel 8. Penentuan Harga Fineness Modulus Rencana

Diameter (mm)	% Berat Lolos Saringan					% Berat Tinggal diatas saringan				
	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
31,500	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0
19,100	89	86	84	79	70	11	14	16	21	30
9,520	75	70	66	54	40	25	30	34	46	60
4,760	64	56	50	38	25	36	44	50	62	75
2,380	52	45	37	26	15	48	55	63	74	85
1,190	40	34	25	18	9	60	66	75	82	91
0,590	28	22	17	11	5	72	78	83	89	95
0,297	17	13	10	6	3	83	87	90	94	97
0,149	10	7	4	3	1	90	93	96	97	99
TOTAL						425	467	507	565	632
HARGA FINENESS MODULUS RENCANA						4,67	5,07	5,65	6,32	

#### 4.2.2 Rancangan Campuran Beton

Rancangan campuran beton (*mix design*) direncanakan dengan berdasarkan Metode ACI Standard 211-77 untuk semen type I yang dikombinasikan dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971). Jumlah air yang dibutuhkan untuk 1 m<sup>3</sup> adukan beton diperoleh dengan penentuan slump rencana antara 8 - 10 cm. Berat 1 m<sup>3</sup> adukan beton dengan ukuran agregat maksimum adalah sebesar 2394,5 kg.

**Perhitungan komposisi campuran beton diperlihatkan sebagai berikut:**

**- Langkah Perhitungan Komposisi Campuran Beton untuk FAS 0,55**

1. Jumlah air yang dibutuhkan untuk 1 m<sup>3</sup> 186.333 kg

2. Jumlah semen yang dibutuhkan untuk 1 m<sup>3</sup>

$$\frac{\text{Jumlah air}}{\text{fas}} = \frac{186.333}{0.55} = 338.787 \text{ kg}$$

3. Berat mortal beton untuk 0 mak 31,5 mm =2394.500 kg

4. Berat agregat

Air	=	186,333 kg
Semen	=	338.787 kg
Agregat	=	kg
Berat mortal	=	2394.500 kg
Jadi berat agregat	=	2394.5 - (338.787 + 186.333)
	=	1869.380 kg

5. Menentukan proporsi agregat halus dan agregat kasar

$$FM(\text{camp}) = FM(\text{fa}) \cdot X + FM(\text{ca}) (1-X)$$

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel berikut :

FM(camp)	FM(fa)	FM(ca)	X(fa)	(1-X)(ca)
4.250	3.5101	6.580	0.759	0.241
4.670	3.5101	6.580	0.622	0.378
5.070	3.510	6.580	0.492	0.508
5.650	3.510	6.580	0.303	0.697
6.320	3.510!	6.580	0.085	0.915

Sumber: analisa data

6. Menentukan komposisi masing-masing agregat

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada label berikut:

X(fa) (1)	(1-X)(ca) (2)	Berat FA 1 x Berat Agregat	Berat CA (2) x Berat Agregat
0.759	0.241	1418.780	450.600
0.622	0.378	1163.034	706.345
0.492	0.508	919.467	949.913
0.303	0.697	566.294	1303,086
0.085	0,915	158.319	1711.061

7. Menentukan faktor pembandingan masing-masing agregat

$$= \text{Berat per jenis Agregat} \times 2 / \text{berat agregat total}$$



Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel berikut:

Berat FA	Berat CA	Koef FA	Koef CA
1418.780	450.600	1.518	0.482
1163,034	706.345	1.244	0,756
919.467	949.913	0.984	1,016
566.294	1303.086	0.606	1.394
158.319	1711.061	0.169	1.831

Sumber: analisa data

**- Langkah Perhitungan Komposisi Campuran Beton untuk FAS 0,60**

1. Jumlah air yang dibutuhkan untuk 1 m<sup>3</sup> = 186.333 kg

2. Jumlah semen yang dibutuhkan untuk 1 m<sup>3</sup>

$$\frac{\text{Jumlah air}}{\text{Fas}} = \frac{186.333}{0.60} = 310.555\text{kg}$$

3. Berat mortal beton untuk 0 mak 31,5 mm = 2394.500kg

4. Berat agregat

- Air = 186.333 kg
- Semen = 310.555 kg
- Agregat = kg
- Berat mortal = 2394.500 kg

$$\begin{aligned} \text{Jadi berat agregat} &= 2394.5 - (310.555 + 186,333) \\ &= 1897.612\text{kg} \end{aligned}$$

5. Menentukan proporsi agregat halus dan agregat kasar

$$\text{FM(camp)} = \text{FM(fa)} \cdot X + \text{FM(ca)} (1 - X)$$

Untuk Lebih Jelas Dapat Dilihat Tabel Berikut:

FM(camp) l	FM(fa)	FM(ca)	X(fa)	(1 -X) (ca)
4.250	3.510	6.580	0.759	0.241
4.670	3.510	6.580	0.622	0.378
5.070	3.510	6.580	0.492	0.508
5.650	3.510	6.580	0,303	0.697
6.320	3.510	6.580	0.085	0.915

6. Menentukan komposisi masing-masing agregat

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel berikut:

X(fa) (1)	(1-X)(ca) (2)	Berat FA 1 x Berat Agregat	Berat CA (2) x Berat Agregat
0.759	0.241	1440.207	457.405
0.622	0.378	1180.599	717.013
0,492	0.508	933.353	964.259
0.303	0.697	574.847	1322.765
0.085	0.915	160.710	1736.902

Sumber: analisa data

7. Menentukan koefisien masing-masing agregat

$$= \text{Berat per jenis Agregat} \times 2 / \text{berat agregat total}$$

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel berikut:

Berat FA	Berat CA	Koef FA	Koef CA
1440.207	1180.599	457.405	1.518
933.353	574.847	717.013	0.482
160.710	964.259	0.984	0.756
	1322.765	0.606	1.016
	1736.902	0.169	1.394
			1.831

Hasil perhitungan komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Komposisi Campuran Beton untuk Tiap 1 m Beton

FAS	FM	Berat Tiap Jenis Material				Total
		Air	Semen	Ag. Kasar	Ag. Halus	
0,55	4,25	186,33	338,79	450,60	1418,78	2394,50
	4,67	186,33	338,79	706,35	1163,03	2394,50
	5,07	186,33	338,79	949,91	919,47	2394,50
	5,65	186,33	338,79	1303,09	566,29	2394,50
	6,32	186,33	338,79	1711,06	158,32	2394,50
0,60	4,25	186,33	310,56	457,41	1440,21	2394,50
	4,67	186,33	310,56	717,01	1180,60	2394,50
	5,07	186,33	310,56	964,26	933,35	2394,50
	5,65	186,33	310,56	1322,77	574,85	2394,50
	6,32	186,33	310,56	1736,90	160,71	2394,50

#### 4.3 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilaksanakan. Jumlah adukan beton yang diperlukan untuk satu kali pengecoran disesuaikan dengan jumlah benda uji yang akan dicor dan kapasitas molen yang dipakai. Jumlah total pengecoran adalah 10 kali, dengan satu kali pengecoran dibuat 10 buah benda uji. Satu kali pengecoran adalah untuk satu perlakuan FAS dan Fineness Modulus (FM), Data hasil pengecoran dapat dilihat pada tabel berikut:

FAS	FM	Temperatur (°C)		Kadar Udara (%)	Slump (cm)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
		Kamar	Mortal			
0.55	4.25	28.0	29.0	1.15	10.0	2476.692
	4.67	29.0	30.0	1.14	9.4	2476.700
	5.07	27.0	29.0	1.13	8.5	2474.952
	5.65	27.0	30.0	1.15	8.2	2476.692
	6.32	29.0	30.5	1.12	7.8	2476.692

0.60	4.25	28.0	30.0	1.20	9.9	2464.160
	4.67	30.0	30.5	1.18	9.0	2474.751
	5.07	29.0	30.0	1.17	8.0	2464.160
	5.65	29.0	30.0	1.16	8.0	2464.160
	6.32	29.0	30.0	1.15	7.0	2464.160

Sumber: analisa data

#### 4.4 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

Pengujian kuat tekan silinder beton dilaksanakan pada saat beton mencapai umur yang direncanakan yaitu pada umur 28 hari. Benda uji silinder ditimbang terlebih dahulu sebelum dilakukan uji kuat tekan beton. Tujuannya adalah untuk menyeleksi lagi hasil pemadatan setiap benda uji pada saat pengecoran. Hasil penimbangan berat silinder beton rata-rata untuk tiap perlakuan diperlihatkan pada Tabel 10.

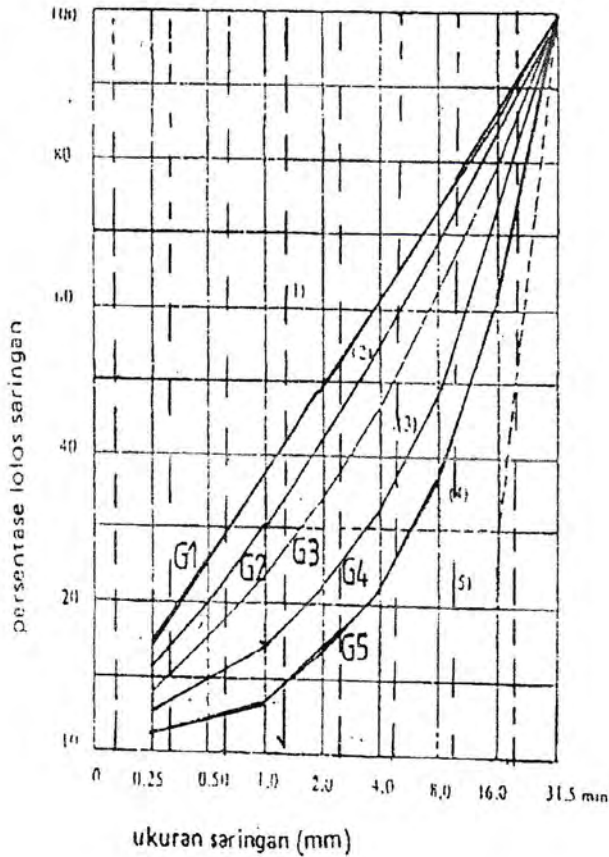
Tabel 10. Data Hasil Pemimbangan Berat Rata-rata Silinder Beton untuk Tiap Perlakuan.

FAS	FM	Berat rata <sup>2</sup> (kg)	Rata <sup>2</sup> (kg)	(xi -x) <sup>2</sup>	S	Cv (%)	Klasifikasi
0,55	4,25	12.68	12.975	0.088	0.278	0.021	Sangat Teliti
	4,67	12.71		0.069			
	5,07	13.02		0.002			
	5,65	13.14		0.029			
	6,32	13.32		0.121			
0,60	4,25	12.78	12.950	0.029	0.184	0.014	Sangat Teliti
	4,67	12.74		0.046			
	5,07	13.02		0.004			
	5,65	13.08		0.016			
	6,32	13.15		0.038			

Sumber: analisa data

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai keseragaman sampel kurang dari 5%, yang berarti bahwa pemadatan beton pada saat pembuatan benda uji mendekati keseragaman satu sama lainnya.

Beton Bertulang Indonesia (1971). Grafik fineness modulus rencana dapat dilihat gambar 6.



Gambar 6. Daerah Susunan Butir Agregat Campuran Dengan Diameter Maksimum 31,5 mm

Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971)

Keterangan :

G1 = Harga FM rencana 4,25 terletak di daerah 2 (baik)

G2 = Harga FM rencana 4,67 terletak di daerah 2 (baik)

G3 = Harga FM rencana 5,07 terletak di daerah 3 (sangat baik)

G4 = Harga FM rencana 5,65 terletak di daerah 3 (sangat baik)

G5 = Harga FM rencana 6,32 terletak di daerah 4 (baik)

4. Berat agregat

Air	=	186,333 kg
Semen	=	338.787 kg
Agregat	=	kg
Berat mortal	=	2394.500 kg
Jadi berat agregat	=	2394.5 - (338.787 + 186.333)
	=	1869.380 kg

5. Menentukan proporsi agregat halus dan agregat kasar

$$FM(camp) = FM(fa) \cdot X + FM(ca) (1-X)$$

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel berikut :

FM(camp)	FM(fa)	FM(ca)	X(fa)	(1-X)(ca)
4.250	3.5101	6.580	0.759	0.241
4.670	3.5101	6.580	0.622	0.378
5.650	3.51.0	6.580	0.492	0.508
6.320	3.510	6.580	0.303	0.697
	3.510!	6.580	0.085	0.915

Sumber:

6. Menentukan komposisi masing-masing agregat

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada label berikut:

X(fa) (1)	(1-X)(ca) (2)	Berat FA 1 x Berat Agregat	Berat CA (2) x Berat Agregat
0.759	0.241	1418.780	450.600
0.622	0.378	1163.034	706.345
0.492	0.508	919.467	949.913
0.303	0.697	566.294	1303,086
0.085	0,915	158.319	1711.061

7. Menentukan faktor pembandingan masing-masing agregat

$$= \text{Berat per jenis Agregat} \times 2 / \text{berat agregat total}$$

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel berikut:

Berat FA	Berat CA	Koef FA	Koef CA
1418.780	450.600	1.518	0.482
1163,034	706.345	1.244	0,756
919.467	949.913	0.984	1,016
566.294	1303.086	0.606	1.394
158.319	1711.061	0.169	1.831

Sumber: analisa data

**- Langkah Perhitungan Komposisi Campuran Beton untuk FAS 0,60**

1. Jumlah air yang dibutuhkan untuk 1 m<sup>3</sup> = 186.333 kg

2. Jumlah semen yang dibutuhkan untuk 1 m<sup>3</sup>

$$\frac{\text{Jumlah air}}{\text{Fas}} = \frac{186.333}{0.60} = 310.555 \text{ kg}$$

3. Berat mortal beton untuk 0 mak 31,5 mm = 2394.500kg

4. Berat agregat

Air = 186.333 kg  
 Semen = 310.555 kg  
 Agregat = kg  
 Berat mortal = 2394.500 kg

Jadi berat agregat = 2394.5 - (310.555+186,333)  
 = 1897.612kg

5. Menentukan proporsi agregat halus dan agregat kasar

$$FM(\text{camp}) = FM(\text{fa}) \cdot X + FM(\text{ca}) (1 - X)$$

Untuk Lebih Jelas Dapat Dilihat Tabel Berikut:

FM(camp) l	FM(fa)	FM(ca)	X(fa)	(1 -X) (ca)
4.250	3.510	6.580	0.759	0.241
4.670	3.510	6.580	0.622	0.378
5.070	3.510	6.580	0.492	0.508
5.650	3.510	6.580	0,303	0.697
6.320	3.510	6.580	0.085	0.915

6. Menentukan komposisi masing-masing agregat

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel berikut:

X(fa) (1)	(1-X)(ca) (2)	Berat FA 1 x Berat Agregat	Berat CA (2) x Berat Agregat
0.759	0.241	1440.207	457.405
0.622	0.378	1180.599	717.013
0,492	0.508	933.353	964.259
0.303	0.697	574.847	1322.765
0.085	0.915	160.710	1736.902

Sumber: analisa data

7. Menentukan koefisien masing-masing agregat

$$= \text{Berat per jenis Agregat} \times 2 / \text{berat agregat total}$$

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel berikut:

Berat FA	Berat CA	Koef FA	Koef CA
1440.207	1180.599	457.405	1.518
933.353	574.847	717.013	0.482
160.710	964.259	1322.765	0.756
	1736.902	1.016	1.394
		0.984	1.831
		0.606	
		0.169	



Hasil perhitungan komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Komposisi Campuran Beton untuk Tiap 1 m Beton

FAS	FM	Berat Tiap Jenis Material				Total
		Air	Semen	Ag. Kasar	Ag. Halus	
0,55	4,25	186,33	338,79	450,60	1418,78	2394.50
	4,67	186,33	338,79	706,35	1163,03	2394.50
	5,07	186,33	338,79	949,91	919,47	2394.50
	5,65	186,33	338,79	1303,09	566,29	2394.50
	6,32	186,33	338,79	1711,06	158,32	2394.50
0,60	4,25	186,33	310,56	457,41	1440,21	2394.50
	4,67	186,33	310,56	717,01	1180,60	2394.50
	5,07	186,33	310,56	964,26	933,35	2394.50
	5,65	186,33	310,56	1322,77	574,85	2394.50
	6,32	186,33	310,56	1736,90	160,71	2394.50

### 4.3 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilaksanakan. Jumlah adukan beton yang diperlukan untuk satu kali pengecoran disesuaikan dengan jumlah benda uji yang akan dicor dan kapasitas molen yang dipakai. Jumlah total pengecoran adalah 10 kali, dengan satu kali pengecoran dibuat 10 buah benda uji. Satu kali pengecoran adalah untuk satu perlakuan FAS dan Fineness Modulus (FM), Data hasil pengecoran dapat dilihat pada tabel berikut:

FAS	FM	Temperatur (°C)		Kadar Udara (%)	Slump (cm)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
		Kamar	Mortal			
0.55	4.25	28.0	29.0	1.15	10.0	2476.692
	4.67	29.0	30.0	1.14	9.4	2476.700
	5.07	27.0	29.0	1.13	8.5	2474.952
	5.65	27.0	30.0	1.15	8.2	2476.692
	6.32	29.0	30.5	1.12	7.8	2476.692

0.60	4.25	28.0	30.0	1.20	9.9	2464.160
	4.67	30.0	30.5	1.18	9.0	2474.751
	5.07	29.0	30.0	1.17	8.0	2464.160
	5.65	29.0	30.0	1.16	8.0	2464.160
	6.32	29.0	30.0	1.15	7.0	2464.160

Sumber: analisa data

#### 4.4 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

Pengujian kuat tekan silinder beton dilaksanakan pada saat beton mencapai umur yang direncanakan yaitu pada umur 28 hari. Benda uji silinder ditimbang terlebih dahulu sebelum dilakukan uji kuat tekan beton. Tujuannya adalah untuk menyeleksi lagi hasil pemadatan setiap benda uji pada saat pengecoran. Hasil penimbangan berat silinder beton rata-rata untuk tiap perlakuan diperlihatkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Hasil Pembangan Berat Rata-rata Silinder Beton untuk Tiap Perlakuan.

FAS	FM	Berat rata <sup>2</sup> (kg)	Rata <sup>2</sup> (kg)	(xi -x) <sup>2</sup>	S	Cv (%)	Klasifikasi
0,55	4,25	12.68	12.975	0.088	0.278	0.021	Sangat Teliti
	4,67	12.71		0.069			
	5,07	13.02		0.002			
	5,65	13.14		0.029			
	6,32	13.32		0.121			
0,60	4,25	12.78	12.950	0.029	0.184	0.014	Sangat Teliti
	4,67	12.74		0.046			
	5,07	13.02		0.004			
	5,65	13.08		0.016			
	6,32	13.15		0.038			

Sumber: analisa data

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai keseragaman sampel kurang dan 5%, yang berarti bahwa pemadatan beton pada saat pembuatan benda uji

#### 4.5 Seleksi Data

Data hasil pengujian kuat tekan beton yang diperoleh selanjutnya dievaluasi. Data yang terlalu menyimpang dari data lain dalam satu kelompok perlakuan tidak dipergunakan sehingga data dalam satu kelompok perlakuan mendekati nilai keseragaman. Perhitungan seleksi data kuat tekan beton diperlihatkan sebagai berikut:

##### Seleksi Statistik Kuat Tekan Benda Uji:

FAS	FM	Nomor Sampel	Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> ) (xi)	Teg. rata <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> ) (X)	(xi - x)	(xi - X) <sup>2</sup>	Standar Deviasi	Co Varian (%)	Klasifikasi
0.55	4.25	Y511	253.41	265.98	-12.57	158.01	12.95	4.87	Sangat Teliti
		Y512	262.46		-3.52	12.39			
		Y513	273.78		7.79	60.74			
		Y514	240.97		-25.01	625.73			
		Y515	281.70		15.71	246.89			
		Y516	280.57		14.58	212.62			
		Y517	270.38		4.40	19.36			
		Y518	266.99		1.01	1.01			
		Y519	263.60		-2.39	5.70			
					Y5110	-			
						1342.44			
0.55	4.67	Y521	254.5	244.82	9.73	94.66	15.61	6.37	Teliti
		Y522	252.3		7.47	55.75			
		Y523	261.3		16.52	272.82			
		Y524	243.2		-1.58	2.51			
		Y525	233.1		-11.77	138.43			
		Y526	210.4		-34.39	1182.80			
		Y527	234.2		-10.63	113.09			
		Y528	254.5		9.73	94.66			
		Y529	260.2		15.39	236.72			
					Y5210	244,4			
						2191.64			
0.55	5.07	Y531	364.8	332.04	32.81	1076.37	19.45	5.86	Teliti
		Y532	324.7		-7.35	54.07			
		Y533	334.9		2.83	8.00			
		Y534	330.3		-1.70	2.88			
		Y535	334.9		2.83	8.00			
		Y536	-		-	-			
		Y537	338.3		6.22	38.72			
		Y538	350.7		18.67	348.44			

		Y539	302.1		-29.98	898.79			
		Y5310	307.7		-24.32	591.62			
						3026.89			
0.55	5.65	Y541	322.4	324.12	-1.70	2.88	16.61	5.13	Teliti
		Y542	317.9		-6.22	38.72			
		Y543	326.9		2.83	8.00			
		Y544	328.1		3.96	15.68			
		Y545	342.2		18.10	327.65			
		Y546	330.3		6.22	38.72			
		Y547	329.2		5.09	25.92			
		Y548	347.9		23.76J	564.42			
		Y549	290.7		-33.37	1113.81			
		Y5410	305.5		-18.67	348.44			
						2484.22			
0.55	6.32	Y551	229.7	224.16	5.49	30.19	13.79	6.15	Teliti
		Y552	198.0		-26.18	685.49			
		Y553	226.3		2.10	4,41			
		Y554	-		-	-			
		Y555	233.1		8.89	79.01			
		Y556	-		-	-			
		Y557			-	-			
		Y558	214.9		-9.21	184.86			
		Y559	227.4		3.23	10.45			
		Y5510	239.8		15.68	245.76			
						1140.18			

FAS	FM	Nomor Sampel	Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> ) (xi)	Teg. rata <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> ) (X)	(xi - x)	(xi - X) <sup>2</sup>	Standar Deviasi	Co Varian (%)	Klasifikasi
0.55	4.25	Y611	192.3	189,37	2.95	8.73	11.37	6.00	Teliti
		Y612	178.2		-11.19	125.16			
		Y613	203.6		14.27	203.55			
		Y614	172.0		-17.41	303.10			
		Y615	203.6		14.27	203.55			
		Y616	183.3		-6.10	37.17			
		Y617	-		-	-			
		Y618	198.0		8.61	74.14			
		Y619	192.3		2.95	8.73			
		Y6110	181.0		-8.36	69.88			
						1033.99			
0.60	4.67	Y621	233.3	244.73	-11.40	129.91	15.61	6.37	Sangat
		Y622	244.4		-0.37	0.14			
		Y623	243.2		-1.50	2.25			
		Y624	250.0		5.29	27.97			
		Y625	254.5		9.81	96.32			

		Y626	229.1		-15.64	244.62			
		Y627	250.0		5.29	27.97			
		Y628	253.4		8.68	75.39			
		Y629	239.3		-5.46	29.80			
		Y6210	250.0		5.29	27.97			
						662.340			
0.55	5.07	Y631	263.6	270.89	-7.29	53.15	10.85	4.01	Sangat Teliti
		Y632	276.0		5.15	26.56			
		Y633	267.0		-3.90	15.18			
		Y634	253.4		-17.47	305.29			
		Y635	277.2		6.29	39.50			
		Y636	290.7		19.86	394.45			
		Y637	264.7		-6.16	37.94			
		Y638	-		-	-			
		Y639	278.3		7.42	55.00			
		Y6310	267.0		-3.90	15.18			
						942.268			
0.55	5.65	Y641	239.8	226.40	13.43	180.48	9.36	4.13	Sangat Teliti
		Y642	234.7		8.34	69.61			
		Y643	226.3		-0.14	0.02			
		Y644	207.0		-19.37	375.34			
		Y645	231.9		5.52	30.42			
		Y646	220.6		-5.80	33.62			
		Y647	321.9		5.52	30.42			
		Y648	223.4		-2.97	8.82			
		Y649	229.1		2.69	7.22			
		Y6410	219.2		-7.21	52.01			
						787.959			
0.60	6.32	Y651	-	201.70	-	-	13.11	6.50	Teliti
		Y652	209.3		7.60	57.70			
		Y653	205.9		4.20	17.66			
		Y654	204.8		3.07	9.43			
		Y655	-		-	-			
		Y656	216.1		14.38	206.89			
		Y657	184.4		-17.29	299.05			
		Y658	-		-	-			
		Y659	182.1		19.56	382.42			
		Y6510	209.3		7.60	57.70			
						1030.84			

Sumber: analisa data

Hasil perhitungan menunjukkan klasifikasi ketelitian mutu pekerjaan sangat teliti. Hasil ini menunjukkan kuat tekan beton mendekati nilai keseragaman untuk setiap kelompok sampel yang dikerjakan.

#### 4.6 Analisis Varian Pengaruh Susunan Butir Agregat Campuran Terhadap Kuat Tekan Beton

Analisis varian dilakukan untuk mengetahui pengaruh susunan butir agregat campuran terhadap kuat tekan beton. Analisis varian ini dilakukan terhadap data kuat tekan sebagai variabel terikat yang diteliti. Metode yang dipakai adalah rancangan faktorial dua arah dengan model efek tetap. Data hasil observasi kuat tekan beton diperlihatkan sebagai berikut:

- Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Sebelum Diseleksi

FM -FAS	Observas (kg/cm <sup>2</sup> )				
	4.25	4.67	5.07	5,65	6.32
0.55	253,41	254.55	364,85	322.42	229.66
	262,46	252.28	324.69	317.90	197.98
	273.78	261.33	334.87	326.95	226,26
	240.97	243.23	330.34	328.08	262.46
	281.70	233.05	334,87	342.22	233.05
	280.57	210.42	261.33	330.34	261.33
	270.38	234.18	338.26	329.21	195.72
	266.99	254.55	350.71	347.88	214.95
	263.60	260.20	302.06	290.75	227.39
	32.61	244.36	07.72	05.45	39.84
0.60	192.32	233.33	263.60	239.84	178.18
	178.18	244.36	276.04	234.75	209.29
	203.64	243.23	266.99	226.26	205.90
	171.96	250.02	253.41	207.03	204,77
	203.64	254.55	277,17	231.92	175.35
	183.27	229.09	290.75	220.61	216,08
	56.57	250.02	264,73	231.92	184.40
	197.98	253.41	214,95	223.43	221.74
	192.32	239.27	278.30	229.09	182.14
	181.01	250,02	266.99	219.19	209.29

Sumber: <http://www.its.ac.id>

- Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Setelah Diseleksi

FM FAS		Observas	(kg/cm <sup>2</sup> )		
	4.25	4.67	5.07	5,65	6.32
0.55	253,41	254.55	364,85	322.42	229.66
	262,46	252.28	324.69	317.90	197.98
	273.78	261.33	334.87	326.95	226,26
	240.97	233.05	330.34	328.08	
	281.70	210.42	334.87	342.22	233.05
	280.57	234.18		330.34	
	270.38	254.55	338.26	329.21	
	266.99	260.20	350.71	347.88	214.95
	263.60	244.36	302.06	290.75	227.39
		244.36	07.72	305.45	39.84
0.60	192.32	233.33	263.60	239.84	209.29
	178.18	244.36	276.04	234.75	205.90
	203.64	243.23	266.99	226.26	204.77
	171.96	250.02	253.41	207,03	
	203.64	254.55	277,17	231.92	216.08
	183.27	229.09	290.75	220.61	184.40
		250.02	264,73	231,92	
	197.98	253.41	214,95	223.43	
	192.32	239.27	278.30	229.09	182.14
	181.01	250,02	266.99	219.19	209.29

Sumber: analisa data

Sedangkan Langkah Perhitungan Analisis Varian untuk Mengetahui Pengaruh Susunan Butir Agregat Campuran terhadap Kuat Tekan Beton adalah berikut:

1. Mengidentifikasi data

a = Jumlah fas = 2

b = Jumlah fineness modulus = 5

abn = Jumlah total benda uji = 90

2. Menghitung besarnya nilai SS-

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y^2_{ijk} \frac{Y^2 \dots}{abn}$$

$$= (253,41)^2 + (262,46)^2 + \dots + (209,29)^2 - \frac{(22906,26)^2}{90} = 194754,2$$

3. Menghitung besarnya nilai SS<sub>FAS</sub>

$$SS_{FAS} = \sum_{i=1}^a \frac{Y^2 \cdot i \dots}{bn} - \frac{Y^2 \dots}{abn}$$

$$= \frac{(12640,73)^2 + (10265,54)^2}{45} - \frac{(22906,26)^2}{90} = 6283,74$$

4. Menghitung besarnya nilai SS<sub>FM</sub>

$$SS_{FAS} = \sum_{i=1}^a \frac{Y^2 \cdot j \dots}{bn} - \frac{Y^2 \dots}{abn}$$

$$= \frac{(4098,18)^2}{18} - \frac{(4895,47)^2}{20} + \frac{(5426,34)^2}{18} + \frac{(5505,25)^2}{20}$$

$$+ \frac{(2981,01)^2}{14} + \frac{(22906,26)^2}{90} = 87358,50$$

5. Menghitung besarnya nilai SS<sub>Interaksi</sub>

$$SS_{Interaksi} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y^2 \cdot ij \dots}{n} - \frac{Y^2 \dots}{abn} - SS_{FAS} - SS_{FM}$$

$$= \frac{(239486)^2}{9} - \frac{(244816)^2}{10} + \dots + \frac{(141188)^2}{7} - 6268,74 - 87358,50 = 30069,24$$

6. Menghitung besarnya nilai SS<sub>E</sub>

$$SS_E = SS_T - SS_{FAS} - SS_{FM} - SS_{Interaksi}$$

$$= 194754,28 - 6268,74 - 87358,50 - 30069,24 = 14642,79$$



7. Menghitung besarnya nilai  $MS_{FAS}$  dan  $F_0$

$$MS_{FAS} = \frac{SS_{FAS}}{M_E} = \frac{62683,74}{1} = 62683,74$$

$$F_0 = \frac{SS_{FAS}}{M_E} = \frac{62683,74}{183,03} = 342,47 > F_{0,05;1;80} = 3,90$$

8. Menghitung besarnya nilai  $MS_{FM}$  dan  $F_0$

$$F_{FM} = \frac{SS_{FM}}{b-1} = \frac{87358,50}{4} = 21839,63$$

$$F_0 = \frac{MS_{FM}}{MS_E} = \frac{21839,63}{183,03} = 119,32 > F_{0,05;4;80} = 2,41$$

9. Menghitung besarnya nilai  $MS_{Internal}$  dan  $F_0$ :

$$MS_{internal} = \frac{SS_{internal}}{(a-1)(b-1)} = \frac{30069,24}{4} = 7517,31$$

$$F_0 = \frac{MS_{internal}}{MS_E} = \frac{7517,31}{183,03} = 41,07 > F_{0,05;4;80} = 2,41$$

Hasil perhitungan analisis varian rancangan faktorial dua arah model efek tetap dapat dilihat pada tabel 11 berikut:

Tabel 11. Analisis Varian Pengaruh Susunan Butir Agregat Campuran Terhadap Kuat Tekan Beton.

Sumber Keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F <sub>hitung</sub>
FAS	62683,74	1	62683,74	342,47
FM	87358,50	4	21839,63	119,32
Interaksi	30069,24	4	7517,31	41,07
Error	14642,79	80	183,03	
Total	194754,28	89		

Sumber: analisa data

Hasil perhitungan yang diperoleh menunjukkan bahwa fas berpengaruh nyata terhadap kuat tekan beton demikian juga susunan butir agregat campuran.

Interaksi antara  $f_{as}$  dan  $F_M$  berpengaruh nyata terlihat bahwa  $F$ , yang diperoleh dari hasil perhitungan lebih besar dan  $F_{tabel}$  yaitu sebesar 2,41.

#### 4.7 Hubungan Tegangan Regangan Beton

Hubungan tegangan regangan beton diperlihatkan dalam bentuk grafik. Perhitungan tegangan dan regangan di laksanakan setiap interval kenaikan beban 2 ton untuk setiap benda uji yang kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Hasil perhitungan tegangan regangan rata-rata untuk masing-masing perlakuan diperlihatkan pada Lampiran B 8 sampai Lampiran B 17

.Grafik hubungan tegangan regangan untuk masing-masing perlakuan di perlihatkan pada Lampiran A 3 sampai Lampiran A 9. Berdasarkan grafik hubungan tegangan regangan yang diperoleh, dihitung modulus elastisitas beton untuk masing-masing perlakuan. Harga tegangan yang diambil adalah sebesar  $0,375 f_c$ ,

Perhitungan modulus elastisitas beton untuk setiap perlakuan diperlihatkan sebagai berikut: /

FAS	FM	$f'c$ Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )	$0.375 f'c$ rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )	$E_{0.375 f'c}$ rata-rata (%)	$E = \frac{0.375 f'c}{E_{0.375 f'c}}$ (kg / cm)
0.55	4.25	265.98	99.74	0.0385	2.59E + 05
	4.67	244.82	91.81	0.0321	2.86E + 05
	5.07	332.04	124.52	0.0379	
	5.62	324.12	121.55	0.0371	
	6.32	224.16	84.06	0.0198	
0.60	4.25	228.12	85.55	0.0294	
	4.67	237.81	89.18	0.0289	
	5.07	234.89	88.08	0.0257	
	5.65	217.99	81.75	0.0241	
	6.32	211.27	79.23	0.0179	

Sumber: analisa data

#### 4.8 Analisis Regresi

Analisis regresi dilakukan untuk melihat grafik hubungan kuat tekan beton dengan susunan butir agregat campuran. Pemilihan analisis regresi disesuaikan dengan bentuk penyebaran data (diagram pencar), yang kemudian membentuk suatu garis. Analisis regresi yang disajikan analisis regresi polinomial berganda (berpangkat dua) dan dihitung dengan metode kuadrat terkecil (*the least square method*).

#### 4.9 Analisis Varian untuk Pengujian Nyata Regresi

Analisis varian untuk pengujian nyata regresi dilakukan untuk melihat kesesuaian model regresi yang akan dipakai untuk hasil penelitian ini. Hasil perhitungan analisis varian pengujian nyata regresi dapat dilihat pada tabel 12 berikut:

Tabel 12. Analisis Varian Pengujian Nyata Regresi Polinomial Berganda

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rat a-rata Kuadrat	$f_{hitung}$
Regresi Error	136349,12 58405,16	5 84	27269,82 695,30	39,22
Total	194754,28	89		

Sumber: analisis data

Dari hasil analisis varian untuk pengujian nyata model regresi tersebut dapat dilihat harga determinasi regresi polinomial berganda adalah sebagai berikut:

$$R - Squared = \frac{SS_R}{S_{yy}} = \frac{136349,12}{194754,278} = 0,70$$

Besar harga  $F_{hitung} > F_{tabel}$  yaitu  $39,22 > 2,31$ , ini berarti bahwa regresi polinomial berganda dapat digunakan pada analisa data ini.

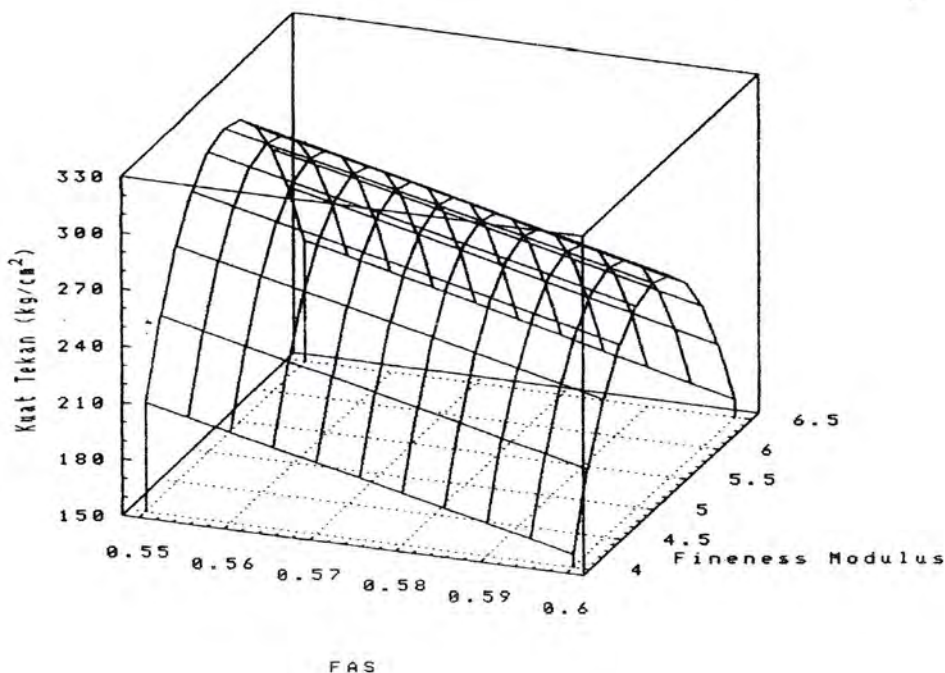
5. Bentuk persamaan hubungan antara kuat tekan beton dengan fineness modulus dan faktor air semen dapat diberikan sebagai berikut :

$$Y = - 1050,870 - 761,438 X_1 + 707,452 X_2 - 131,385 X_1^2 - 65,693 X_1^2 - 27,840 X_1X_2$$

$X_1$  adalah faktor air semen (FAS).

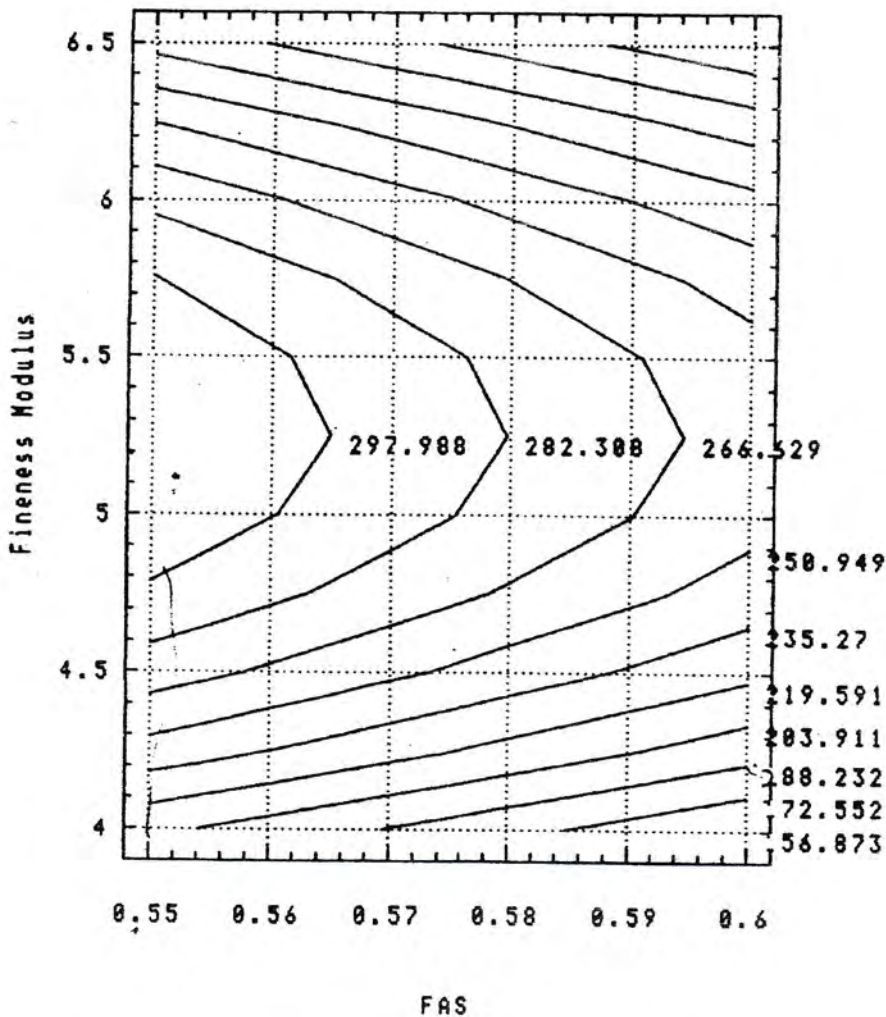
$X_2$  adalah harga fineness modulus (FM).

6. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh susunan butir agregat campuran yang dipakai dalam campuran beton adalah nyata. Grafik hubungan kuat tekan beton dengan fineness modulus menunjukkan bahwa kuat tekan pada FM 4,25 dan 4,67 rendah lalu mencapai optimal pada FM 5,07 dan akhirnya kembali menurun pada FM 5,65 dan 6,32.



Gambar 7. Hubungan Kuat Tekan dan Susunan Butir Agregat Campuran Terhadap Pengaruh FAS

7. Grafik hubungan kuat tekan beton dan fineness modulus menunjukkan slope yang menukik tajam pada FM 4,25 dan 4,67 serta 5,65 dan 6,32. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kuat tekan yang cukup besar dalam rentang antara 4,25 dan 4,67 serta 4,67 dan 5,07 serta 5,65 dan 6,32, artinya pengaruh susunan butiran yang digunakan dalam campuran beton sangat besar, baik itu susunan butiran yang terlalu banyak mengandung kerikil 1 maupun susunan butiran yang terlalu banyak mengandung pasir.



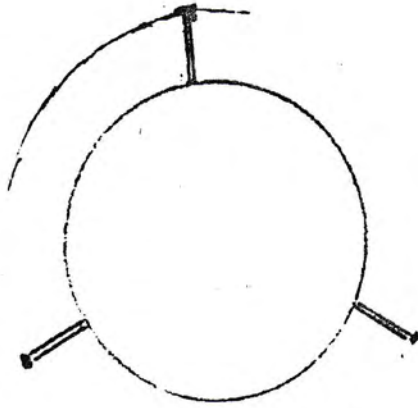
Gambar 8. Hubungan Kuat Tekan dan Susunan Butir Agregat Cmpuran

## 5.2 Saran

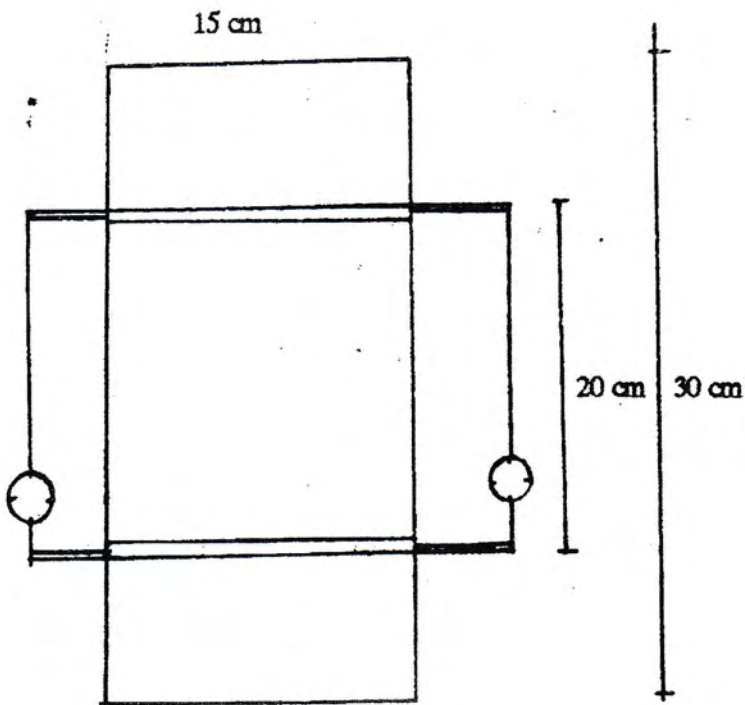
Penelitian pengaruh susunan butir agregat campuran terhadap kuat tekan beton diharapkan dapat dilanjutkan oleh para peneliti lain. Hal ini disebabkan oleh karena terbatasnya peninjauan terhadap variabel yang diteliti.

Untuk melakukan topik penelitian ini, hal-hal yang dapat penulis sarankan antara lain :

1. Ukuran agregat maksimum yang dipakai dalam adukan beton diperbesar;
2. Memperbanyak jumlah sampel ;
3. Memasukkan variasi umur sebagai variabel bebas untuk melihat kuat tekan beton tersebut.



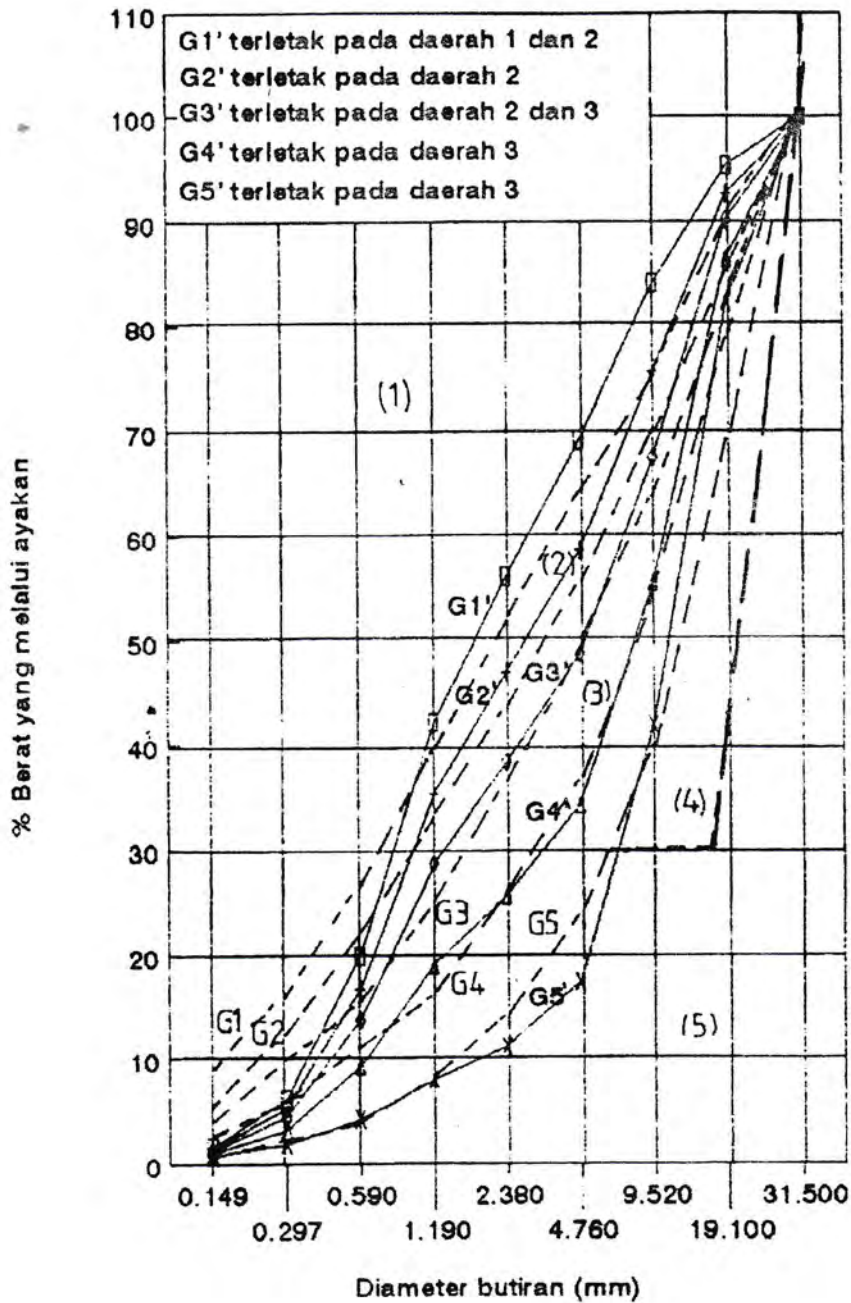
Tampak atas



Tampak Depan

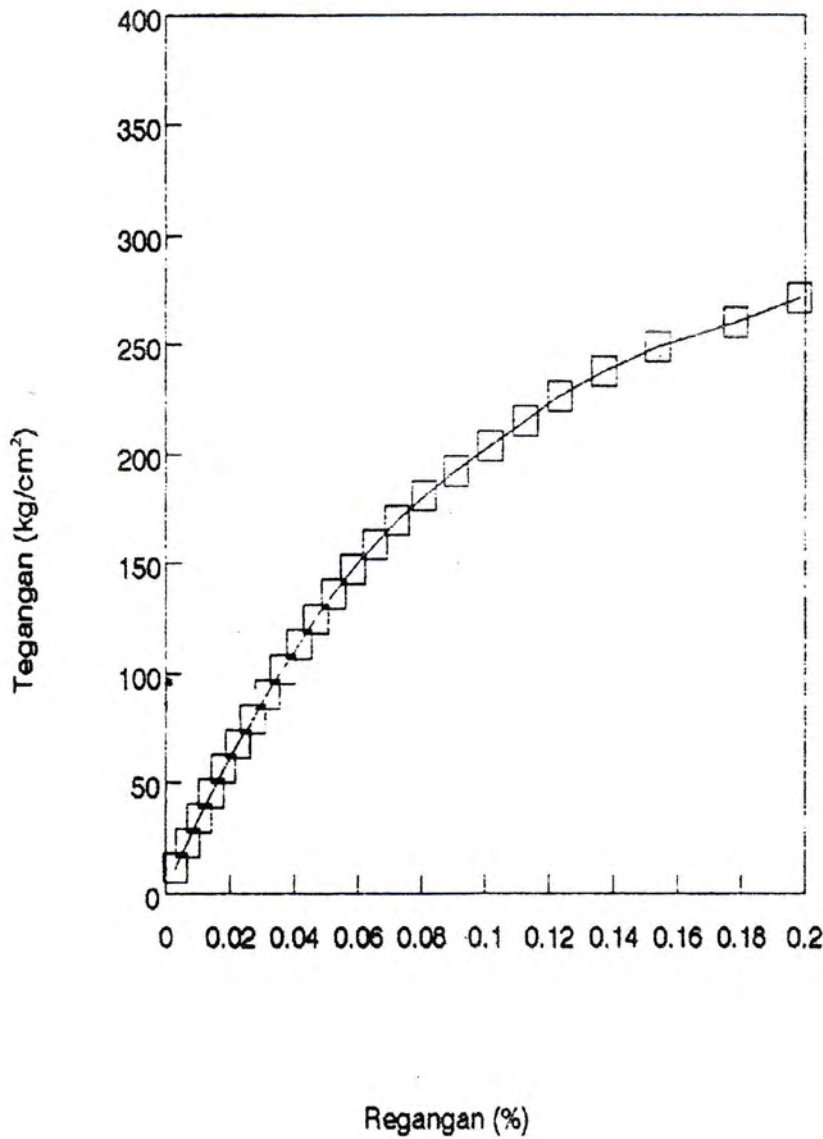
Lampiran A 1. Cara Pemasangan Deflection Dial





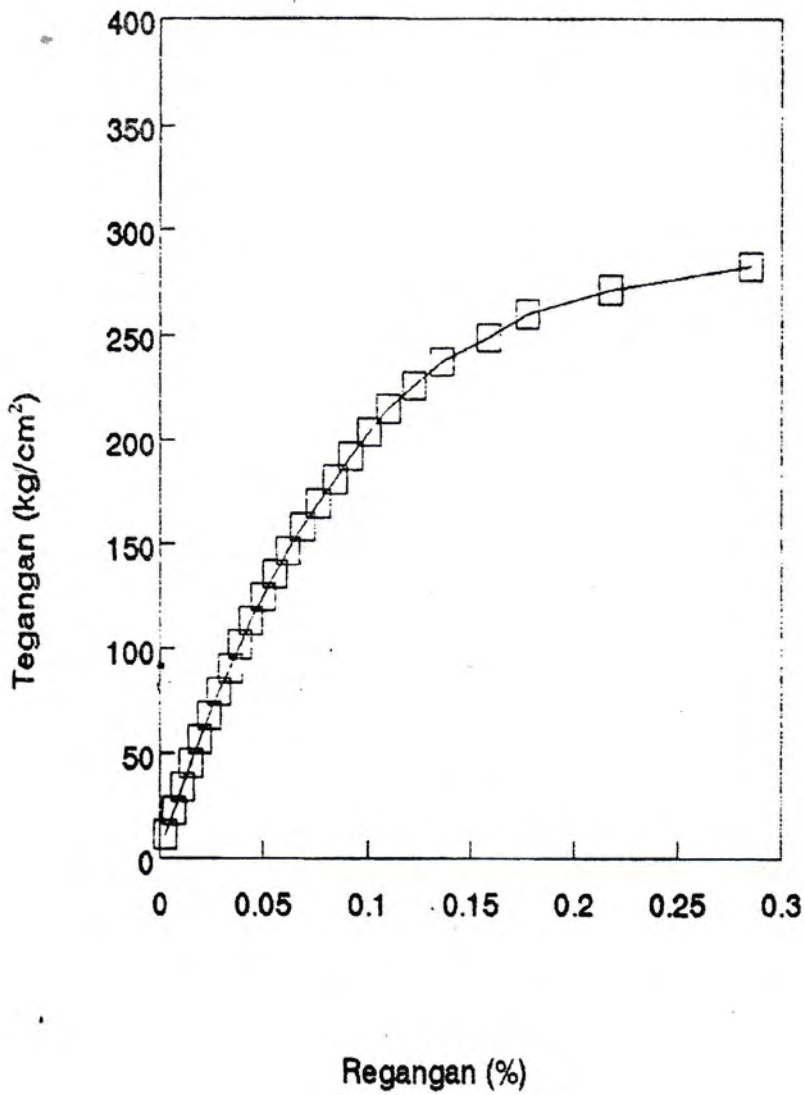
Lampiran A 2. Daerah Susunan Butir Agregat Campuran Dengan Diameter

Maksimum 31,5 mm

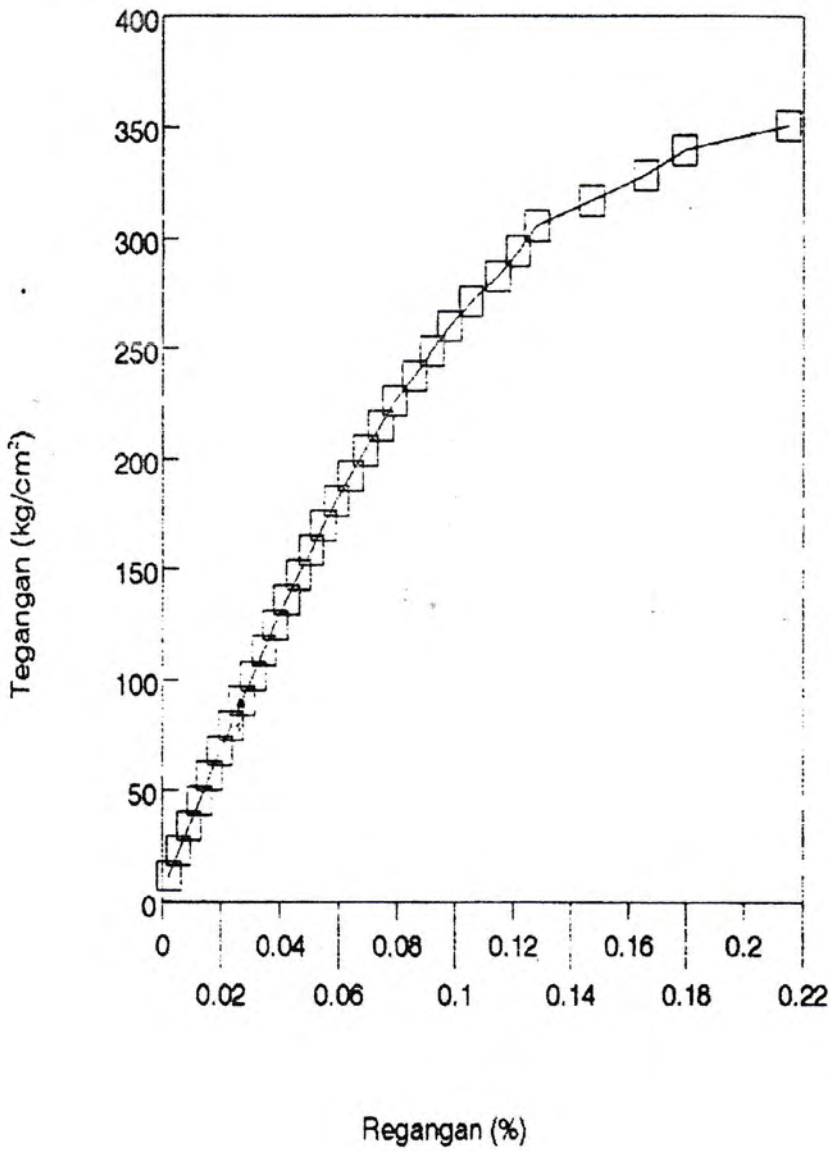


Lampiran A 4. Grafik Hubungan Tegangan Regangan Beton Untuk FAS 0,55 dan

FM 4,67

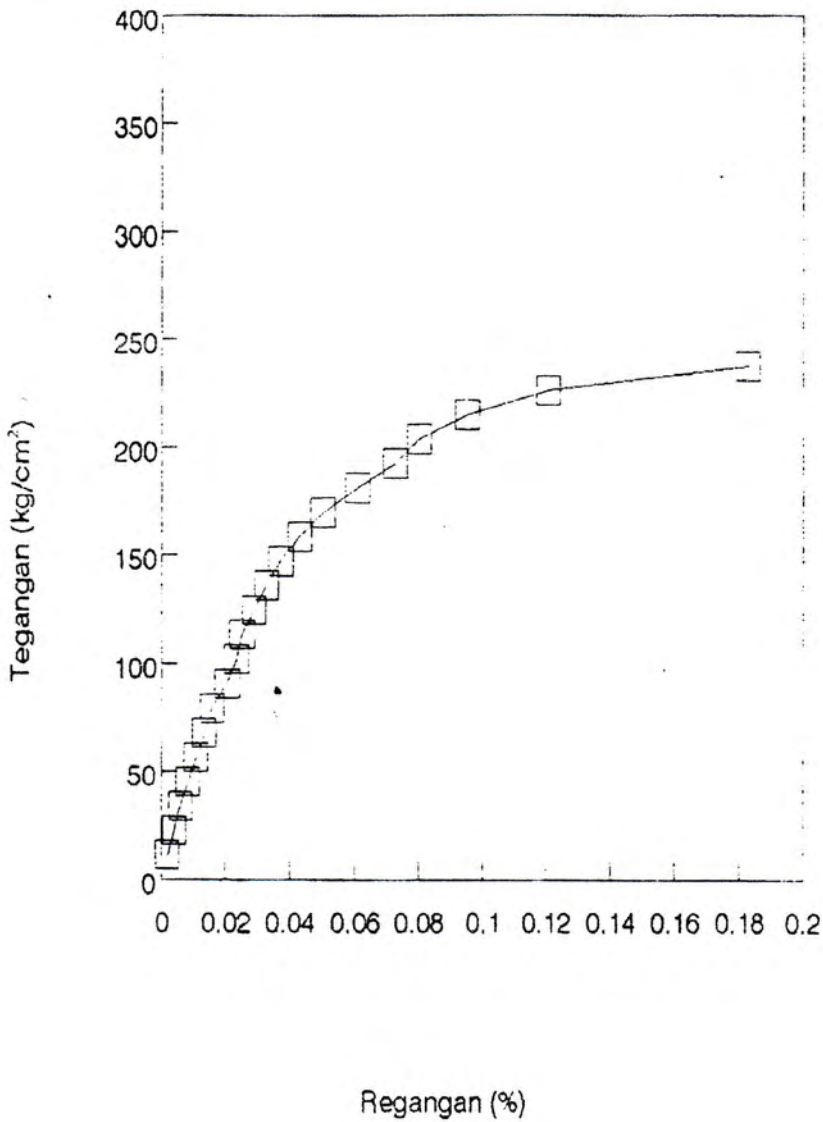


Lampiran A 3. Grafik Hubungan Tegangan Regangan Beton Untuk FAS 0,55 dan FM 0,25



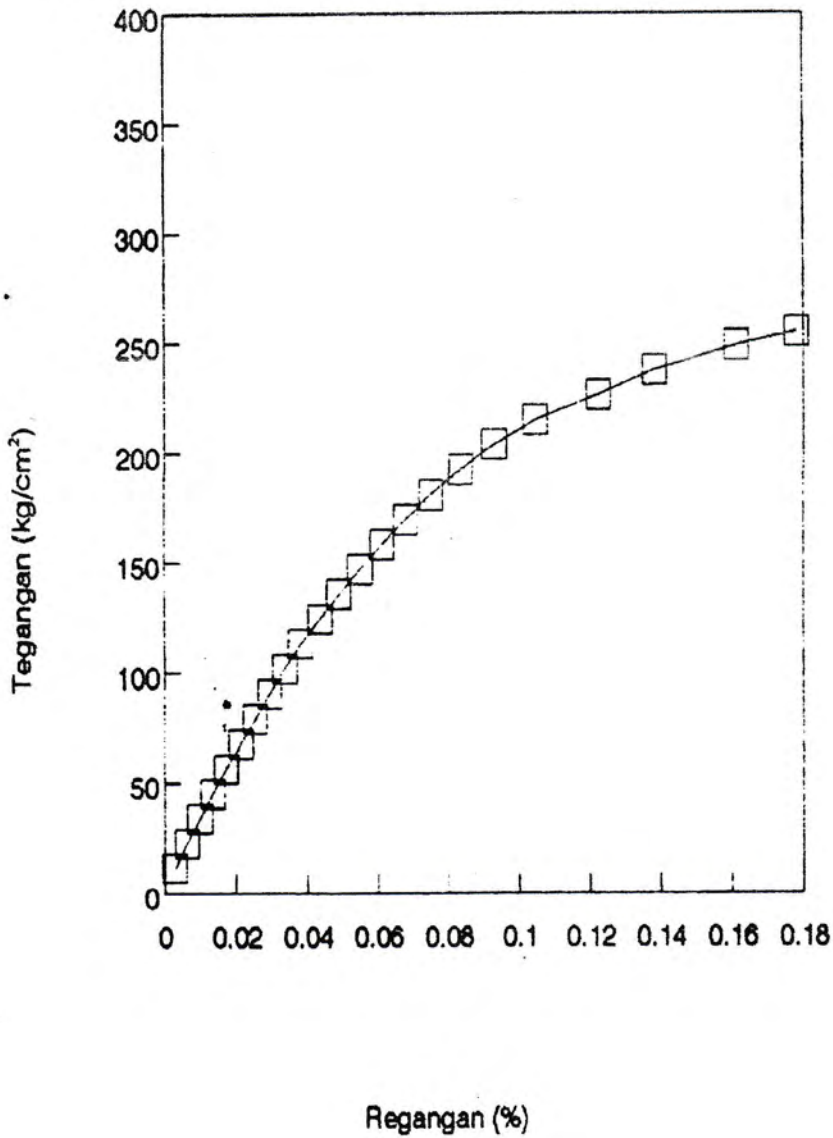
Lampiran A 5. Grafik Hubungan Tegangan Regangan Beton Untuk FAS 0,55 dan

FM 5,65



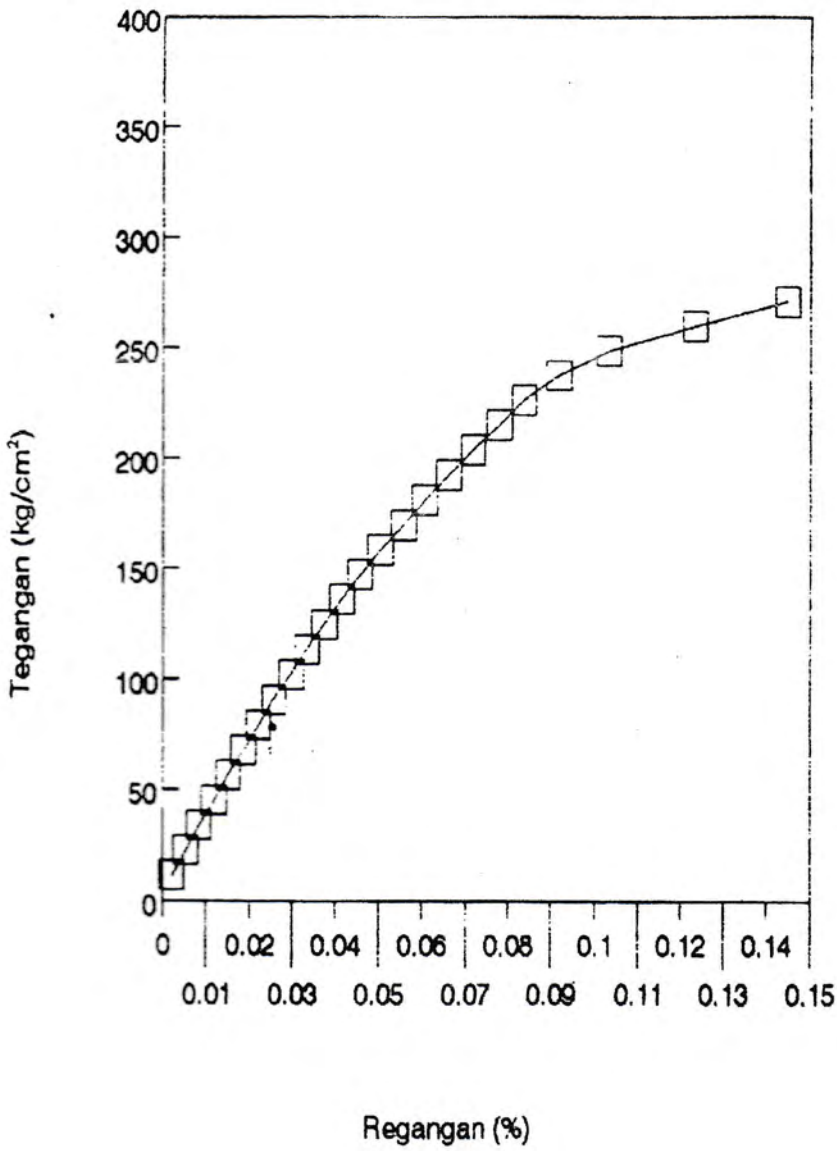
Lampiran A 6. Grafik Hubungan Tegangan Regangan Beton Untuk FAS 0,55 dan

FM 6,32



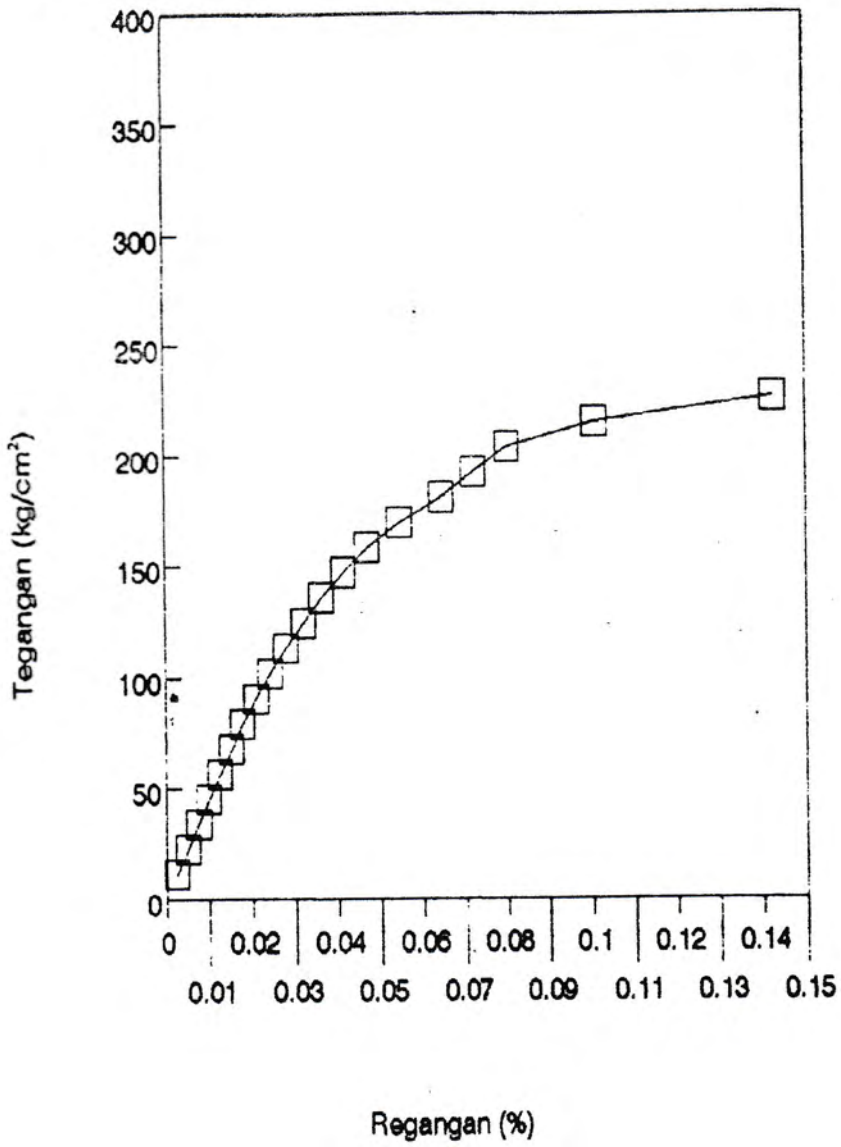
Lampiran A 7. Grafik Hubungan Tegangan Regangan Beton Untuk FAS 0,60 dan

FM 4,67



Lampiran A 8. Grafik Hubungan Tegangan Regangan Beton Untuk FAS 0,60 dan

FM 5,07





## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1982, Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, (PUBI-1982), Departemen Pekerjaan Umum dan Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman.
- Hines, W.W. dan Montgomery, D.C., 1990, Probabilia dan Statistik dalam ilmu Rekayasa dan Manajemen, Terjemahan Rudiansyah dan Adi Manurung, UI Press.
- Murdock, L.J. Brook, K.M., 1991, Bahan dan Praktek Beton, Terjemahan Ir. Stephanus Hindarko, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Panitia Pembaharuan PBI, 1971, Peraturan Beton Bertulang Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Dirjen Cipta Karya, Lembaga Penyelidikan Masalah Bahan Bangunan.
- Park, R., dan Paulay, T, 1975, Reinforced Concrete Structure, John Wiley & Sons. Inc., New York.
- Troxell, G.E., et al, 1986, Composition and Properties of Concrete, Mac Graw Hill Book Company, London.P