

PERPUSTAKAAN FTSP UII

HADIAN/BELE

TGL. TERIMA : 31-3-2001 3.9.08  
NO. JUDUL : 003106  
NO. INV. : 490/TA/JTS  
NO. INDUK : 5120003106001

## TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI  
TERHADAP KUAT DESAK BETON DENGAN AGREGAT  
KASAR PECAHAN GENTENG DARI GODEAN  
(THE EFFECTS OF THE USE OF RICE HUSK ASH BY-PRODUCT  
TO THE COMPRESSION STRENGTH OF CONCRETE WITH THE  
AGGREGATES OF GODEAN TILES)**



MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Disusun oleh :

Nama : Tri Budi Hartono  
No. Mhs. : 93310328  
Nirm. : 930051013114120324

Nama : Dudih Yuliandry  
No. Mhs. : 94310010  
Nirm. : 940051013114120010

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2000**

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji Syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan ridhonya kepada kita semua, khususnya kepada penyusun sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Tugas Akhir yang berjudul “ PENGARUH PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI TERHADAP KUAT DESAK BETON DENGAN AGREGAT KASAR PECAHAN GENTENG DARI GODEAN ” ini penyusun ajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat strata satu (SI) pada jurusan Teknik sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yaitu berupa tenaga, sumbangan pikiran, motivasi dan lain sebagainya sehingga penyelesaian Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan lancar. Oleh sebab itu penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widodo MSCE, PhD., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Sarwidi MSCE, PhD., selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, MT., selaku dosen pembimbing II
4. Bapak dan Ibu tercinta serta kakakku dan adikku yang telah banyak memberikan dorongan moril dalam penyusunan tugas akhir ini.

5. Segenap karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdiri dari enam bab, dengan sistematis penyusunan sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

BAB III LANDASAN TEORI

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Penyusun menerima kritikan dan saran yang bersifat konstruktif dalam pengembangan dimasa depan. Penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi mereka yang memerlukan.

Akhir kata semoga Allah SWT melimpahkan rahmat kepada kita. Sehingga kita dapat mensyukuri nikmat yang telah diberikan oleh-Nya dan kita dapat selalu berkreasi untuk mencapai hal yang lebih baik dari apa yang telah kita peroleh sekarang.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Agustus 2000

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR NOTASI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAKSI.....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Hasil Penelitian Yang Pernah Dilakukan.....	5
2.2 Buku-buku Ilmiah.....	7
<b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>	<b>8</b>
3.1 Material Penyusun Beton.....	8
3.1.1 Semen Portland.....	8

3.1.2 Agregat Halus.....	12
3.1.3 Agregat Kasar.....	13
3.1.4 Air.....	13
3.1.5 Bahan Tambah Pozzoland.....	14
3.2 Faktor Air Semen.....	18
3.3 Slump.....	20
3.4 Metode Perencanaan Adukan Beton.....	20
3.5 Kuat Tekan Beton Ringan.....	27
3.6 Hipoteses.....	28
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>30</b>
4.1 Standar Tes dan Spesifikasi Bahan.....	30
4.2 Alat-alat Yang Digunakan.....	34
4.3 Prosedur Penelitian.....	35
4.4 Perencanaan Perhitungan Campuran Beton.....	38
4.5 Pembuatan Campuran Beton.....	42
4.6 Pengujian Slump.....	43
4.7 Pembuatan Benda Uji.....	43
4.8 Perawatan Benda Uji.....	44
4.9 Pengujian Benda Uji.....	44
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>45</b>
5.1 Berat Volume Beton.....	46
5.2 Slump.....	48
5.3 Faktor Air Semen.....	50

5.4 Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan.....	52
5.5 Regresi.....	62
5.6 Mekanisme Abu Sekam Padi.....	64
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>66</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR NOTASI

$f_c$	Kuat desak beton (MPa)
$x$	Faktor air semen
A,B	Konstanta
$f_{cr}$	Kuat desak rata-rata beton (MPa)
$k$	Tetapan statistik
$S$	Standar deviasi (MPa)
$W_{\text{semen}}$	Berat semen (kg)
$W_{\text{air}}$	Berat air (kg)
$P$	Persamaa regresi
$r$	Persamaan korelasi
$t$	Tinggi silinder (mm)
$\theta$	Diameter silinder (mm)

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Susunan unsur dalam semen (Neville, 1975).....	9
Tabel 3.2 Komposisi unsur utama semen portland (Neville, 1975).....	9
Tabel 3.3 Sifat fisik standar pozzolan (Murdock dan Brook, 1991).....	15
Tabel 3.4 Sifat kimia standar pozzolan (Murdock dan Brook, 1991).....	16
Tabel 3.5 Komposisi abu sekam padi (Swami, 1986).....	18
Tabel 3.6 Nilai slump untuk berbagai macam struktur (Tjokrodimulyo, 1992).....	20
Tabel 3.7 Nilai tetapan statistik untuk berbagai keadaan (Tjokrodimulyo, 1992).....	22
Tabel 3.8 Nilai deviasi standar, S (kg/cm <sup>2</sup> ) (Tjokrodimulyo, 1992).....	22
Tabel 3.9 Faktor pengali untuk data uji kurang dari 30 sampel (Tjokrodimulyo, 1992).....	22
Tabel 3.10 Hubungan FAS dengan kuat kubus umur 28 hari (Tjokrodimulyo, 1992).....	23
Tabel 3.11 FAS berdasarkan pengaruh tempat elemen (Tjokrodimulyo, 1992).....	24
Tabel 3.12 Tabel nilai slump berdasarkan penggunaan jenis elemen (Tjokrodimulyo, 1992).....	25
Tabel 3.13 Tabel perkiraan nilai slump berdasarkan ukuran maksimum agregat (Tjokrodimulyo, 1992) .....	26
Tabel 3.14 Tabel perkiraan kebutuhan agregat kasar per-m <sup>3</sup> berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir pasir.....	27
Tabel 4.1 Gradasi agregat halus.....	31
Tabel 4.2 Gradasi agregat kasar pecahan genteng.....	33
Tabel 4.3 Alat-alat yang digunakan.....	35
Tabel 4.4 Kebutuhan material tiap variasi adukan.....	41

<b>Tabel 4.5</b> Kebutuhan material untuk macam-macam variasi pengurangan sebagian semen dengan abu sekam padi.....	42
<b>Tabel 4.6</b> <i>f<sub>as</sub></i> setiap adukan pada beberapa variasi abu sekam padi.....	42
<b>Tabel 4.7</b> Variasi abu sekam padi pada sampel percobaan kuat desak.....	44
<b>Tabel 5.1</b> Daftar berat volume beton pada tiap variasi penambahan abu sekam padi.....	47
<b>Tabel 5.2</b> Nilai slump pada berbagi variasi campurn abu sekam padi.....	49
<b>Tabel 5.3</b> Hubunagn <i>f<sub>as</sub></i> dengan kuat desak.....	50
<b>Tabel 5.4</b> Faktor pengali untuk deviasi standar bila data benda uji tersedia kurang dari 30 sampel.....	54
<b>Tabel 5.5</b> Hasil kuat desak beton dengan jenis beton tanpa abu sekam padi.....	54
<b>Tabel 5.6</b> Hasil kuat desak beton dengan variasi abu sekam padi 5 %.....	55
<b>Tabel 5.7</b> Hasil kuat desak beton dengan variasi abu sekam padi 10 %.....	56
<b>Tabel 5.8</b> Hasil kuat desak beton dengan variasi abu sekam padi 15 %.....	57
<b>Tabel 5.9</b> Varisi abu sekam padi dengan kuat desak yang disyaratkan.....	58
<b>Tabel 5.10</b> Prosentase perubahan kuat desak dari kuat desak rencana.....	60
<b>Tabel 5.11</b> Pengaruh kuat desak beton dengan berat volume beton.....	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Hubungan umur dengan kuat tekan pada unsur-unsur semen (Tjokrodimulyo, 1992).....	11
Gambar 3.2 Hubungan antara kuat desak beton dengan nilai <i>fas</i> (Tjokrodimulyo, 1992).....	19
Gambar 4.1 Grafik gradasi agregat halus (hasil penelitian).....	22
Gambar 4.2 Grafik gradasi agregat kasar (hasil penelitian).....	34
Gambar 4.3 Bagan alir prosedur penelitian.....	36
Gambar 5.1 Grafik hubungan antara berat beton dengan variasi penggantian semen dengan abu sekam padi (hasil penelitian)...	48
Gambar 5.2 Grafik hubungan antara nilai slump dengan variasi abu sekam padi (hasil penelitian).....	50
Gambar 5.3 Grafik hubungan faktor air semen dan kuat desak beton.....	51
Gambar 5.4 Grafik hubungan antara kuat desak beton dengan variasi penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi (hasil penelitian).....	58
Gambar 5.5 Grafik hubungan antara kuat desak beton dengan berat volume beton (hasil penelitian).....	61
Gambar 5.6 Grafik regresi linier dan non linier antara variasi abu sekam padi dan kuat desak beton (hasil penelitian).....	63

## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 DATA PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR
- LAMPIRAN 2 DATA PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT  
KASAR
- LAMPIRAN 3 DATA PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS
- LAMPIRAN 4 DATA PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT  
HALUS
- LAMPIRAN 5 DATA PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT HALUS
- LAMPIRAN 6 DATA PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT KASAR
- LAMPIRAN 7 DATA SILINDER DAN HASIL PENGETESAN  
PEMBEBANAN
- LAMPIRAN 8 REGRESI LINIER ABU SEKAM PADI (%) DENGAN KUAT  
DESAK BETON ( $f^c$ )
- LAMPIRAN 9 TABEL HASIL REGRESI LINIER
- LAMPIRAN 10 REGRESI PARABOLA
- LAMPIRAN 11 TABEL HASIL REGRESI PARABOLA
- LAMPIRAN 12 PERHITUNGAN KOEFISIEN KORELASI ( $r$ ) LINIER ABU  
SEKAM PADI DENGAN KUAT DESAK BETON ( $f^c$ )
- LAMPIRAN 13 PERHITUNGAN KOEFISIEN KORELASI ( $r$ ) REGRESI  
NON LINIER

## ABSTRAKSI

Perkembangan teknologi industri tidak hanya memberikan dampak positif terhadap manusia, namun juga menimbulkan implikasi negatif. Salah satu contoh implikasi negatif tersebut adalah menimbunnya jumlah limbah industri. Industri pembuatan genteng merupakan industri dalam skala kecil yang dikelola dengan suatu manajemen sederhana. Limbah yang dihasilkan oleh industri ini berupa pecahan genteng dan abu sekam padi (*rice husk ash*).

Pecahan genteng dari Godean dapat digunakan sebagai agregat kasar dalam pembuatan beton. Beton dengan agregat kasar pecahan genteng dari Godean mempunyai berat jenis 2069,7-2115,8 kg/m<sup>3</sup>. Beton jenis ini digolongkan ke dalam beton ringan. Abu sekam padi dengan kandungan silika yang tinggi sebesar 86,9-91,3 % mempunyai sifat pozzolan yang baik dan tinggi. Reaksi pozzolonik antara kapur bebas (Ca (OH)<sub>2</sub>) dengan silika (SiO<sub>2</sub>) menghasilkan gel perekat. Abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen pada batas tertentu dapat meningkatkan kuat desak beton.

Suatu studi pemanfaatan limbah industri dalam perencanaan adukan beton telah dikembangkan sekarang ini. Salah satunya adalah penelitian laboratorium yang mengambil topik tentang, Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Desak Beton Dengan Agregat Kasar Pecahan Genteng Dari Godean. Penelitian laboratorium ini merupakan salah satu alternatif dalam pembuatan adukan beton.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa, penggunaan abu sekam padi 10 % merupakan variasi paling baik sebagai pengganti sebagian semen. Penggantian sebagian semen dengan 10 % abu sekam padi dapat mengurangi pemakaian semen sebesar 35,83 kg setiap 1 m<sup>3</sup> adukan beton. Kuat desak yang dihasilkan sebesar 16,123 MPa. Sedangkan kuat desak beton tanpa abu sekam padi sebesar 12,869 MPa. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kuat desak sebesar 25,286 % dari kuat desak tanpa abu sekam padi. Selain itu penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi dapat menurunkan nilai slump, juga menaikkan faktor air semen.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan ini berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian dalam mengadakan suatu penelitian. Penelitian ini berupaya memanfaatkan limbah dari industri genteng. Limbah tersebut berupa pecahan genteng dan abu sekam padi. Kedua limbah tersebut dijadikan bahan dalam pembuatan beton. Dengan cara mengganti sebagian semen dengan abu sekam padi diharapkan dapat menciptakan suatu produk beton yang inovatif.

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan dalam bidang industri tidak hanya memiliki pengaruh positif, tetapi juga dapat memiliki pengaruh negatif. Salah satunya adalah limbah industri yang menumpuk setiap harinya. Perkembangan teknologi dibidang konstruksi tidak pernah terlepas dari upaya penciptaan alternatif teknologi yang cukup inovatif. Penelitian yang sudah sering dilakukan menunjukkan bahwa, pada dasarnya industri-industri menggunakan teknologi sederhana dan tingkat madya. Tetapi industri yang memanfaatkan sumber daya lokal dan memanfaatkan limbah industri belumlah banyak.

Pemanfaatan limbah industri di negara kita belumlah optimal, masih diperlukan suatu kajian yang mendalam dan lebih teliti. Pengkajian ini nantinya dapat memberikan suatu masukan yang cukup positif dalam pemanfaatan limbah industri tersebut.

Suatu hasil samping dari industri, khususnya pada industri pembuatan genteng terdapat limbah berupa pecahan genteng dan sisa pembakaran sekam padi yang biasanya dinamakan abu sekam padi (*rice husk ash*).

Agar mendapatkan berat volume beton yang kecil atau beton ringan, dibutuhkan agregat penyusun beton yang memiliki berat jenis kecil. Disini penyusun mencoba menggunakan agregat kasar pecahan genteng, yang mempunyai berat jenis kecil sebagai bahan alternatif. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan juga oleh padat atau tidaknya campuran bahan susun beton tersebut. Semakin kecil pori-pori (kandungan udara) yang dihasilkan dalam campuran beton, makin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan. Untuk mengurangi pori-pori pada beton dicoba dengan memanfaatkan limbah abu sekam padi (*rice husk ash*) dari industri pembuatan genteng.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Untuk memperjelas masalah-masalah yang ada dalam latar belakang, maka ada beberapa rumusan masalah yang akan diteliti. Diantaranya adalah dua kelompok yang akan disebutkan berikut ini.

- a. Apakah kuat desak beton yang beragregat kasar pecahan genteng dapat ditingkatkan, dengan mengganti sebagian semen menggunakan abu sekam padi.
- b. Berapa penggantian optimum abu sekam padi yang dapat meningkatkan kuat desak beton.

### 1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dititik beratkan sesuai dengan tujuan penelitian, sehingga perlu adanya batasan – batasan masalah. Batasan-batasan masalah adalah seperti tersebut di bawah ini.

- a. Agregat kasar yang digunakan untuk campuran beton adalah agregat pecahan genteng lolos saringan 40 – 2,40 mm dan  $BV = 1076 \text{ kg/m}^3$ .
- b. Agregat halus digunakan pasir dari sungai Boyong, Yogyakarta dengan lolos saringan 4,8 – 0,15 mm dan  $BV=1618 \text{ kg/m}^3$ .
- c. Bahan ikat adalah semen, digunakan semen jenis I merk Gresik.
- d. Air yang digunakan berasal dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.
- e. Uji kuat desak dilakukan pada umur 28 hari.
- f. Abu sekam padi diambil dari perusahaan genteng di daerah Godean, Sleman, Yogyakarta.
- g. Abu sekam padi yang digunakan merupakan abu sekam padi yang lolos saringan nomor 150 dengan  $BV=331,61 \text{ kg/m}^3$ .

- h. Perawatan yang diberikan pada penelitian ini dilakukan dengan cara direndam dalam air.
- i. Dimensi satu benda uji untuk uji kuat desak beton menggunakan silinder berukuran tinggi 300 mm dan diameter 150 mm.
- j. Dibatasi pada peninjauan kuat desak silinder beton dengan beberapa variasi bahan tambah pozzolan abu sekam padi 0%, 5%, 10%, 15% dan masing-masing variasi 5 benda uji.

#### **1.4 Tujuan penelitian**

Tujuan dari penelitian adalah untuk mendapatkan variasi optimum abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen, yang diharapkan dapat meningkatkan kuat desak beton.

#### **1.5 Manfaat penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian, antara lain :

1. menghasilkan suatu produk beton struktur yang cukup inovatif, dengan mengganti sebagian semen memakai abu sekam padi, dan
2. mengurangi berat jenis dari beton dengan cara mengganti agregat kasar kerikil dengan pecahan genteng.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini merupakan pengembangan dari beberapa penelitian. Agar penelitian ini sesuai dengan tujuan, maka perlu adanya beberapa referensi dari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dan buku-buku ilmiah.

#### 2.1 Hasil Penelitian Yang Pernah Dilakukan

Penelitian ini merupakan suatu usaha untuk menghasilkan inovasi dalam pembuatan beton struktur dengan beberapa referensi penelitian sebagai berikut ini.

Sabilirahman dan Muhyana (1996) menyatakan, bahwa pemakaian abu sekam padi (*rice husk ash*) sebagai bahan pengganti sebagian semen sebanyak 9% dari berat semen portland pada mortar semen akan menghasilkan kuat desak yang optimum sebesar  $277,6 \text{ kg/cm}^2$  lebih besar dari campuran mortar tanpa abu sekam padi yaitu  $246,76 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga muncul kenaikan kuat desak sebesar 12,52%. Selain itu pemakaian abu sekam sebagai bahan pengganti semen akan mengurangi berat jenis dari mortar.

Dewobroto dan Surya (1999) menyatakan, bahwa dengan menggunakan pozzolian abu sekam padi sebanyak 9% dapat mengurangi semen sampai sebesar

28,89 kg untuk setiap 1 m<sup>3</sup> adukan beton dan diperoleh kuat desak beton mencapai 23,5866 MPa, atau mengalami kenaikan kuat desak sebesar 43,32% dibandingkan kuat desak beton normalnya.

Arif dan Heru (1999) mengatakan, bahwa hasil penggunaan pozzolan abu sekam padi sebanyak 10% dapat mengurangi semen seberat 45,9740 kg setiap 1 m<sup>3</sup>. Dari hasil pengujian kuat desak yang dilaksanakan dengan penambahan abu sekam padi dari beberapa variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% yang paling baik pada penambahan variasi 10% sebagai pengganti sebagian semen.

Banu dan Ahmad (1995) mengatakan, bahwa salah satu dari agregat ringan adalah pecahan genteng yang merupakan hasil dari tanah liat yang dikembangkan dengan cara dipanaskan sekitar 1000–1200° C. Agregat dari pecahan genteng ini sifatnya keras tetapi ringan karena di dalamnya berpori. Beton dengan agregat kasar pecahan genteng dari godean, berdasar berat jenis yang berkisar antara 2069,7–2115,8 kg/m<sup>3</sup> dapat digolongkan kedalam beton ringan karena berat jenisnya di bawah beton normal yang berat jenisnya sekitar 2400 kg/m<sup>3</sup>. Beton dengan agregat kasar pecahan genteng dari Godean dapat digolongkan ke dalam struktur beton ringan dan dapat dipakai sebagai struktur bangunan yang sederhana, yaitu pada faktor air semen (*f<sub>as</sub>*) 0,45, 0,50, dan 0,55. Hal ini disebabkan karena agregat genteng dalam campuran beton akan menyerap air yang relatif banyak dibanding dengan agregat beton biasa dan penyerapan itu berlangsung sangat cepat.

Prawignyo (1991) mengungkapkan, bahwa kuat tekan beton dengan menggunakan agregat kasar dari pecahan genteng dengan butir agregat

maksimum 40 mm, kuat tekan yang diperoleh tergantung dari nilai *fas* dan klas mutu pabrik genteng.

I Ketut (1995) mengungkapkan, bahwa beton serat dengan agregat kasar pecahan genteng pada kandungan semen sama, *fas* dan kandungan lumpur hampir sama, mempunyai kuat tekan yang lebih rendah dari beton normal, tetapi mempunyai kuat tekan lebih tinggi dari beton ringan sehingga bisa digunakan sebagai beton struktural.

Ilham (1998) mengungkapkan, bahwa beton dengan agregat pecahan genteng dari daerah Godean mempunyai mutu setara dengan beton biasa mutu  $K_{175}$  dengan berat jenis  $2,08 \text{ gr/cm}^3$  yang berarti lebih rendah dari beton biasa yang mempunyai berat jenis  $2,4 \text{ gr/cm}^3$ .

## 2.2 Buku-buku Ilmiah

Murdock dan brook (1991) mengatakan, bahwa abu sekam padi termasuk pozzolan di dalam kelas N karena dihasilkan dari pembakaran sekam padi. Selain itu juga pozzolan ini mempunyai mutu yang baik karena mengandung  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  yang tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur.

Swamy (1986) mengatakan, jika sekam padi dibakar akan dihasilkan abu sekam padi yang mempunyai sifat pozzolan yang baik dan tinggi. Penambahan bahan pozzolan dapat meningkatkan kekuatan beton. Hal ini karena terjadi reaksi pengikatan kapur bebas sisa hasil proses hidrasi semen dengan air. Dengan bahan pozzolan ini, sisa hasil reaksi hidrasi semen dapat menghasilkan semacam gel yang berfungsi sebagai bahan perekat.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

Pada bab ini berisi mengenai material penyusun beton (semen Portland, agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambah pozzolan), faktor air semen (*f<sub>as</sub>*), slump, metode perencanaan adukan beton, kuat tekan beton ringan dan hipoteses yang menjadi landasan teori untuk mencapai tujuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

#### **3.1 Material Penyusun Beton**

Beton adalah suatu bahan elemen struktur yang memiliki suatu karakteristik yang spesifikasinya terdiri dari beberapa bahan penyusun yang meliputi semen Portland, agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambah pozzolan sebagai berikut ini.

##### **3.1.1 Semen Portland**

Semen portland adalah bahan hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982) yang berupa bubuk halus dengan kandungan kapur, silika dan alumina. Oksida-oksida tersebut beriteraksi satu sama yang lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih

komplek selama proses peleburan. Susunan unsur dalam semen diperlihatkan dalam Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Susunan unsur dalam semen (Neville, 1975)

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60 – 65
Silika, SiO <sub>2</sub>	17 – 25
Alumina, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 – 8
Besi, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5 – 6
Magnesia, MgO	0,5 – 4
Sulfur, SO <sub>3</sub>	1 – 2
Soda / Potash Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	0,5 – 1

Dari sekian banyak susunan unsur dalam semen, pada dasarnya dapat disebutkan 4 unsur yang penting yaitu dalam Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Komposisi unsur utama semen portland (Neville, 1975)

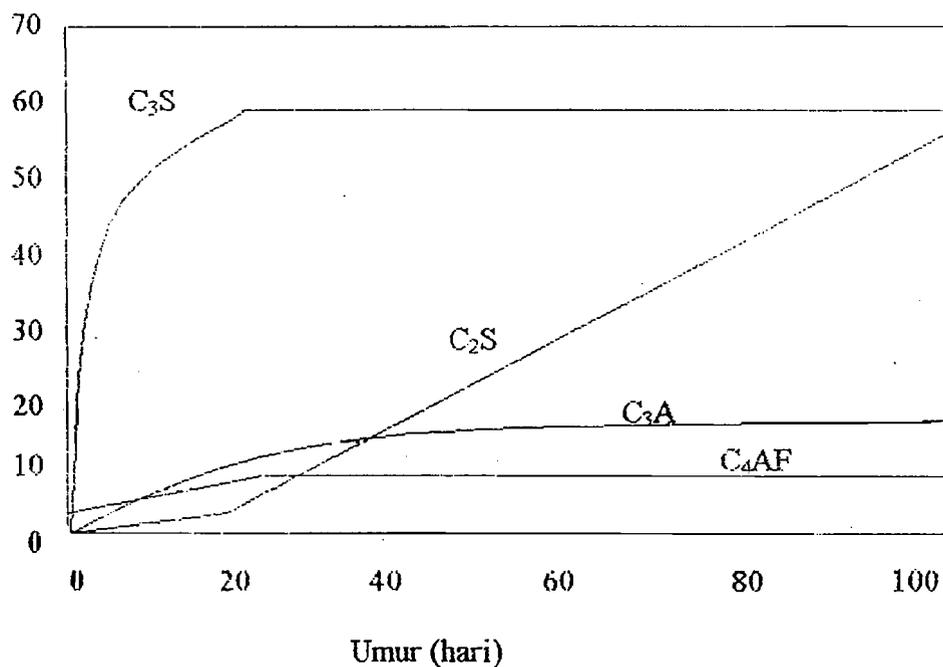
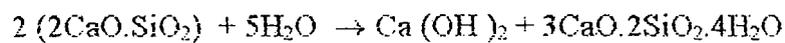
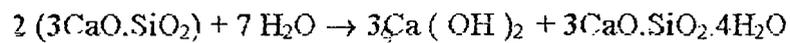
Nama unsure	Komposisi kimia	Simbol
Trikalsium silikat	3 CaO . SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S
Dikalsium silikat	2 CaO . SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S
Trikalsium aluminat	3 CaO . Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A
Tetrakalsium aluminoforit	4 CaO . Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF

$C_3S$  dan  $C_2S$  merupakan dua unsur utama yang pertama yang menempati kurang lebih 70%-80% dari seluruh proporsi semen sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen (Tjokrodimulyo). Bila semen terkena air, maka  $C_3S$  akan segera berhidrasi dan menghasilkan panas. Selain itu, unsur ini juga berpengaruh besar terhadap pengerasan semen, terutama setelah mencapai umur 14 hari.

$C_3A$  bereaksi dengan air sebanyak kira-kira 40% beratnya, namun karena jumlah unsur ini yang sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air hanya sedikit. Unsur  $C_3A$  ini sangat berpengaruh pada panas hidrasi tertinggi, baik selama pengerasan awal maupun pengerasan berikutnya yang panjang. Semen yang mengandung unsur ini lebih dari 10% akan kurang terhadap serangan asam sulfat. Oleh karena itu semen tahan sulfat tidak boleh mengandung unsur  $C_3A$  terlalu banyak (maksimum 5% saja). Semen yang terkena asam sulfat ( $SO_4$ ) di dalam air atau tanah disebabkan karena keluarnya  $C_3A$  yang bereaksi dengan sulfat dan mengembang, sehingga terjadi retak-retak pada beton.

Unsur  $C_4AF$  kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton. Namun sejumlah unsur  $C_3A$  dan  $C_4AF$  tetap ditambahkan pada semen mengingat pengaruhnya terutama untuk menurunkan temperatur dalam kilang atau tanur pembakaran dan memfasilitasi kombinasi kapur dan silika pada proses produksi semen (Neville, 1975). Untuk lebih jelasnya pengaruh keempat senyawa kimia tersebut terhadap unsur pengerasan semen dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Proses hidrasi pada semen cukup rumit, tidak semua reaksi dapat diketahui secara terperinci. Reaksi dari unsur  $C_2S$  dan  $C_3S$  adalah sebagai berikut ini (Tjokrodimulyo, 1992).



**Gambar 3.1** Hubungan umur dengan kuat tekan pada unsur – unsur semen (Tjokrodimulyo, 1992)

Proses hidrasi pada semen cukup rumit, tidak semua reaksi dapat diketahui hasil utama dari proses reaksi hidrasi di atas adalah  $C_3S_2H_3$  yang biasa disebut *tobermorit* yang berbentuk gel dengan sifatnya seperti bahan perekat. Panas hidrasi juga dikeluarkan selama proses berlangsung. Hasil lainnya adalah kapur,

yang merupakan sisa proses tersebut. Kapur bebas ini akan mengurangi kekuatan semen karena kemungkinan larut dalam air, lalu menguap yang menyebabkan porous. Penggunaan bahan pozzolan sebagai bahan tambah pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengikat kapur bebas tersebut, sehingga diharapkan dapat terjadi reaksi penghasil zat perekat yang memperkuat mortar semen.

Semen portland dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen dengan suhu  $1550^{\circ}\text{C}$  dan menjadi klinker. Ketika semen dicampur dengan air, timbul reaksi kimia antara unsur-unsur semen dengan air. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan (Tjokrodimulyo, 1992). Reaksi kimia antara semen dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai pelepasan panas. Kondisi ini mempunyai resiko besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton.

### 3.1.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran yang memiliki ukuran butiran lebih kecil dari 5 mm.

Agregat halus atau pasir dapat berupa pasir alam, sebagai hasil disinteregasi alam dari batuan, atau debu dari hasil pecahan batu yang dihasilkan mesin pemecah batu. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8, makin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa semakin besar butir-butir agregatnya. Di dalam penelitian ini digunakan pasir alam sebagai agregat halus dari sungai Boyong, Sleman, Yogyakarta.

### 3.1.3 Agregat Kasar

Pada agregat kasar harus terpenuhi gradasi yang baik. Apabila butir-butir agregat mempunyai gradasi yang sama atau seragam maka volume pori akan besar, sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kepampatannya tinggi, karena volume porinya sedikit dan ini berarti hanya membutuhkan bahan ikat yang sedikit pula. Untuk itu perlu adanya batas-batas gradasi dari pecahan genteng tersebut. Pada agregat kasar ini pada umumnya mempunyai modulus halus butur diantara 5 sampai 8.

### 3.1.4 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting, namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 30% dari berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas. Akan tetapi tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta bentuknya porous. Selain itu, kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak kepermukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang

dikenal dengan selaput tipis (*laitance*). *Laitance* ini akan mengurangi kekuatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sumbu yang lemah.

### 3.1.5 Bahan Tambah Pozzolan

Bahan tambah mineral berupa pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silikon alumina dan alumina yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu normal membentuk senyawa kalsium hidrat dan kalsium silika hidrat yang bersifat hidrolis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah.

Menurut ASTM C 618 - 86 mutu pozzolan dibedakan menjadi 3 kelas, dimana tiap-tiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat fisiknya. Pozzolan mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur. Ketiga kelas untuk masing-masing pozzolan adalah sebagai berikut ini (Murduk dan Brook, 1991).

#### a. Pozzolan kelas N

Yaitu pozzolan alam atau hasil pembakaran, pozzolan yang dapat digolongkan di dalam jenis ini seperti tanah *diatomic*, *opaline cherts* dan *shales*, *tuff*, dan abu vulkanik (*pumicete*), dimana bisa diproses melalui pembakaran maupun tidak. Selain itu juga berbagai material hasil pembakaran yang memiliki sifat pozzolan yang baik. Abu sekam padi termasuk pozzolan di dalam kelas ini.

#### b. Pozzolan kelas C

Yaitu jenis *Fly Ash* yang mengandung CaO diatas 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub bitumen batu bara.

c. Pozzolan kelas F

Yaitu jenis *Fly Ash* yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau bitumen batu bara.

Adapun sifat-sifat fisik dan kimia pozzolan yang distandarkan ditunjukkan lebih jelas pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

**Tabel 3.3.** Sifat fisik standar pozzolan (Murdock dan Brook, 1991)

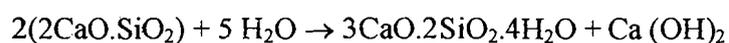
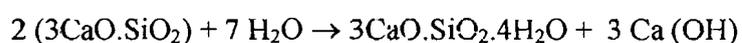
Sifat Fisik Bahan	Kelas Pozzolan		
	N	C	F
Kehalusan : tertahan ayakan no 325 (maksimum)	34	34	34
Pozzolan aktifitas indeks dengan PC pada 28 hari (% min)	75	75	75
Kebutuhan air maksimum (%) dari kontrol	115	105	105

**Tabel 3.4.** Sifat kimia standar pozzolan (Murdock dan Brook, 1991)

Sifat kimia Bahan	Kelas Pozzolan		
	N	C	F
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%minimum)	70	50	70
So <sub>3</sub> (% maksimum)	4	5	5
Na <sub>2</sub> O (% maksimum)	1,5	1,5	1,5
Kadar kelembaban (% maksimum)	3	3	3
Loss ignition (% maksimum)	10	6	12

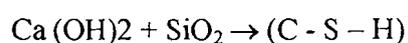
Pozzolan yang ditambahkan pada campuran adukan beton sampai batas tertentu dapat menggantikan semen untuk memperbaiki kecacakan dan menambah ketahanan beton dari serangan kimiawi (Swami,1986). Penambahan bahan pozzolan juga dapat meningkatkan kekuatan beton. Hal ini karena terjadi reaksi pengikatan kapur bebas, sisa proses hidrasi semen dan air. Dengan bahan pozzolan ini, sisa hasil reaksi hidrasi semen dapat menghasilkan semacam gel yang berfungsi sebagai bahan perekat, yang dapat diilustrasikan sebagai berikut (Swami,1986).

#### 1. Reaksi hidrasi semen



(semen) + (air) → Pasta pengikat + sisa

#### 2. Reaksi pozzolonik





Menurut proses pembentukannya atau asalnya didalam ASTM 593 – 82, bahan pozzolan dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu sebagai berikut ini.

#### 1. Pozzolan alam

Adalah bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau lava gunung berapi yang mengandung silika aktif yang bila dicampur dengan kapur padam akan mengadakan proses sementasi.

#### 2. Pozzolan buatan

Adalah jenis pozzolan yang sebenarnya banyak macamnya, baik berupa sisa pembakaran dari tungku, maupun hasil pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika reaktif dengan melalui proses pembakaran.

Dalam penelitian ini bahan pozzolan yang dipakai adalah abu sekam padi (*rice husk ash*) yang merupakan hasil dari pembakaran sekam padi. Jika sekam padi dibakar dalam kondisi terkontrol, abu sekam yang dihasilkan sebagai sisa pembakaran memiliki sifat pozzolonik yang tinggi, karena kandungan silika. Proses pembakaran sekam padi sampai menjadi abu, membantu menghasilkan kimia organik dan meninggalkan silika yang cukup banyak.

Unsur kimia (*inorganik*) pokok abu sekam padi yang menguntungkan kapur bebas membentuk *gel* yang bersifat sebagai bahan pengikat. Komposisi kimia abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Komposisi abu sekam padi (Swami, 1986)

Komposisi kimia	Jumlah ( % berat )
SiO <sub>2</sub>	92,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,21
CaO	0,41
MgO	0,45
Na <sub>2</sub> O	0,08
K <sub>2</sub> O	2,31

Menurut Swami (1986), jika sekam padi dibakar dalam kondisi terkontrol, RHA yang dihasilkan sebagai sisa pembakaran, mempunyai sifat pozzolan yang tinggi dan baik digunakan dalam campuran pozzolan kapur dan sebagai pengganti semen, karena kandungan silikanya. Sekam padi menghasilkan abu lebih banyak dibandingkan sisa pembakaran tumbuhan lain. Disamping itu, RHA mempunyai kandungan silika yang paling tinggi, berkisar 86,9% - 91,3% (Wen-Hwei, 1986).

### 3.2 Faktor Air Semen

Faktor air semen (*fas*) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919), dalam Tjokrodimulyo (1992) sebagai berikut.

$$f'c = \frac{A}{B^{1.25x}} \quad (3.1)$$

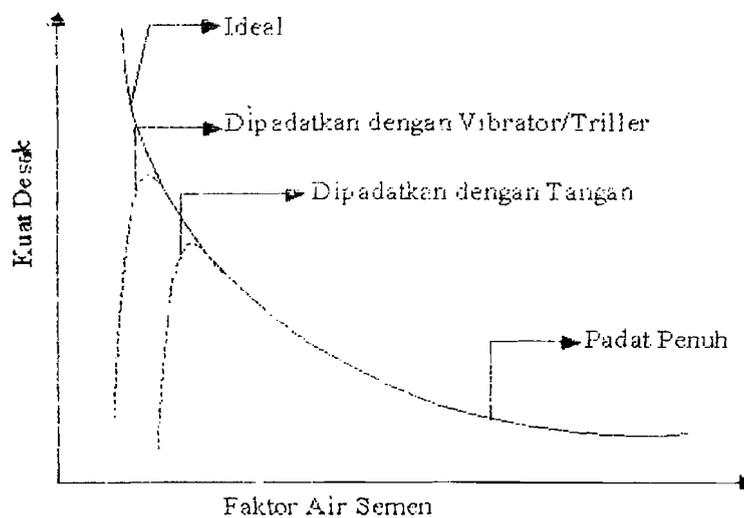
Dimana :

$f'c$  = Kuat desak beton,

$x$  = Faktor air semen, dan

$A, B$  = Konstanta

Dengan demikian semakin besar  $f'c$  maka semakin rendah kuat desak betonnya dan sebaliknya semakin kecil air semen semakin tinggi kuat desak betonnya, akan tetapi nilai  $f'c$  yang rendah akan menyulitkan dalam pemadatan. Sehingga kekuatan beton akan rendah karena menjadi kurang padat, oleh sebab itu ada suatu nilai  $f'c$  optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum. Hubungan antara kuat desak beton dengan nilai  $f'c$  dapat dilihat pada Gambar 3.2



**Gambar 3.2** Hubungan antar kuat desak beton dengan nilai  $f'c$   
(Tjokrodimulyo, 1992)

### 3.3 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecekan suatu adukan beton. Tingkat kelecekan berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin besar nilai slump berarti semakin cair adukan betonnya, sehingga adukan betonnya semakin mudah dikerjakan. Nilai Slump dapat dilihat pada Tabel 3.6.

**Tabel 3.6** Nilai Slump untuk berbagai macam struktur (Tjokrodimulyo, 1992)

JENIS STRUKTUR	NILAI SLUMP	
	MINIMUM (cm)	MAKSIMUM (cm)
Pondasi bertulang, dinding, tiang	5	12,5
Tiang pondasi bertulang, caison	2,5	10
Pelat, balok, kolom	7,5	15
Beton untuk jalan ( <i>pavement</i> )	5	7,5
Beton massa (struktur massa yang berat)	2,5	7,5

### 3.4 Metode Perencanaan Adukan Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai standar America Concrete Institute (ACI). Salah satu tujuan yang hendak dipakai dengan perencanaan campuran dengan standar ACI adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Ukuran derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat pada pengujian slump. Adapun tata cara

urutan perencanaan campuran adukan beton menurut standar ACI adalah sebagai berikut ini.

1. Perhitungan kuat desak beton.

Perhitungan kuat desak rata-rata beton memiliki syarat terhadap nilai margin akibat pengawasan dan jumlah sampel yang ditambahkan pada penjumlahan kuat desak rencana beton sesuai dengan rumus sebagai berikut :

$$f'_{cr} = f'_c + k \cdot S \quad (3.2)$$

Dengan :

$f'_{cr}$  = Kuat desak rata - rata beton.....(MPa)

$f'_c$  = Kuat desak rencana beton.....(MPa)

$k$  = Tetapan statistik. Untuk Indonesia memakai 5% kegagalan (devectives) maka faktor  $k = 1,64$  (lihat Tabel 3.7).

$S$  = deviasi standar berdasarkan Tabel 3.8 dengan angka konversi untuk sampel kurang dari 30 sampel (lihat Tabel 3.9).

Tabel 3.7 Nilai tetapan statistik untuk beberapa keadaan (Tjokrodimulyo, 1992)

No.	Keadaan	Nilai $k$
01.	Untuk 10% defektif	1,28
02.	Untuk 5% defektif	1,64
03.	Untuk 2,5% defektif	1,96
04.	Untuk 1% defektif	2,33

Tabel 3.8 Nilai Deviasi standart,  $S$  (kg/cm<sup>2</sup>) (Tjokrodimulyo, 1992)

Vol. Pekerjaan (m <sup>3</sup> )	Mutu Pekerjaan		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil < 1000	45 < S < 55	55 < S < 65	65 < S < 85
Sedang 1000-3000	35 < S < 45	45 < S < 55	55 < S < 75
Besar > 3000	25 < S < 35	35 < S < 45	45 < S < 65

Tabel 3.9 Faktor pengali untuk data uji kurang dari 30 sampel (Tjokrodimulyo, 1992)

Jumlah Sampel	Faktor Pengali Standar Deviasi
$\geq 30$	1,00
25	1,03
20	1,08
$\leq 15$	1,16

2. Menentukan faktor air semen (*f<sub>as</sub>*)

Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara pengaruh kuat desak rata-rata (lihat Tabel 3.10) dan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan (lihat Tabel 3.11)

Tabel 3.10 Hubungan FAS dengan kuat kubus beton umur 28 hari  
(Tjokrodimulyo, 1992)

Faktor air semen (FAS)	Perkiraan Kuat desak (MPa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

**Tabel 3.11** FAS berdasarkan pengaruh tempat elemen (Tjokrodimulyo, 1992)

Kondisi Elemen	Nilai FAS
<b>Beton dalam ruangan bangunan</b>	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan Keliling Korosif,disebabkan oleh kondensasi atau rap korosif	0,52
<b>Beton diluar bangunan</b>	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
<b>Beton yang masuk kedalam tanah</b>	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti – ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
<b>Beton yang kontinyu berhubungan dengan</b>	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

### 3. Menentukan besarnya nilai slump

Nilai slump ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan penggunaan elemen struktur (Tjokrodimulyo, 1992). Nilai slump berdasarkan penggunaan jenis elemen dapat dilihat pada Tabel 3.12.

**Tabel 3.12** Tabel nilai slump berdasarkan penggunaan jenis elemen (Tjokrodimulyo, 1992)

Pemakaian jenis elemen	Maksimum (cm)	Minimum (cm)
Dinding pelat pondasi, dan pondasi telapak bertulang	12.5	5.0
Pondasi telapak tidak bertulang, koison, dan struktur bawah tanah	9.0	2.5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15.0	7.5
Pengerasaan jalan	7.5	5.0
Pembetonan massal	7.5	2.5

### 4. Menetapkan jumlah air yang dibutuhkan

Jumlah kebutuhan air dalam setiap 1 m<sup>3</sup> campuran adukan beton dapat ditentukan berdasarkan diameter maksimum agregat dan nilai slump (lihat Tabel 3.13).

**Tabel 3.13** Tabel perkiraan kebutuhan air berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump (Tjokrodimulyo, 1992)

Slump	Ukuran Maksimum Agregat (mm)		
	10	20	30
25-50	206	182	162
75-100	226	203	177
150-175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

5. Menghitung kebutuhan semen didasarkan hasil penentuan langkah ke-dua (didapat nilai  $f_{as}$ ) dan ke-empat (didapat jumlah air) dengan membagi rasio kebutuhan air dengan nilai

$$f_{as} = \frac{w_{air}}{w_{semen}} \quad (3.3)$$

Dengan:

$f_{as}$  = Faktor air semen

$w_{air}$  = Berat air

$w_{semen}$  = Berat semen

6. Menetapkan volume agregat kasar

Penetapan volume agregat kasar didasarkan pada Tabel 3.14.

**Tabel 3.14** Tabel Perkiraan kebutuhan agregat kasar per- $m^3$  beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir pasir ( $m^3$ )

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus Halus Butir			
	2.4	2.6	2.8	3.0
10	0.46	0.44	0.42	0.40
20	0.65	0.63	0.61	0.59
40	0.76	0.74	0.72	0.70
80	0.84	0.82	0.80	0.78
150	0.90	0.88	0.86	0.84

7. Menghitung volume agregat halus yang dibutuhkan

Perhitungan volume agregat halus didasarkan pada pengurangan volume absolut terhadap volume agregat kasar, volume semen, volume air serta prosentase udara yang terperangkap dalam adukan.

### 3.5 Kuat Tekan Beton Ringan

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air - semen dan tingkat pematatannya.

Faktor-faktor tersebut antara lain :

- a. jenis semen dan kualitasnya,
- b. jenis dan lekak - lekuk bidang permukaannya,
- c. faktor umur, dan
- d. mutu agregat.

## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi penelitian merupakan suatu urutan atau tata cara pelaksanaan penelitian yang diuraikan menurut suatu tahapan yang sistematis. Pada bab ini akan diuraikan beberapa hal yaitu standar tes dan spesifikasi bahan, alat yang digunakan, prosedur penelitian (perumusan masalah, perumusan teori, pelaksanaan penelitian, analisa dan pembahasan, serta menarik kesimpulan).

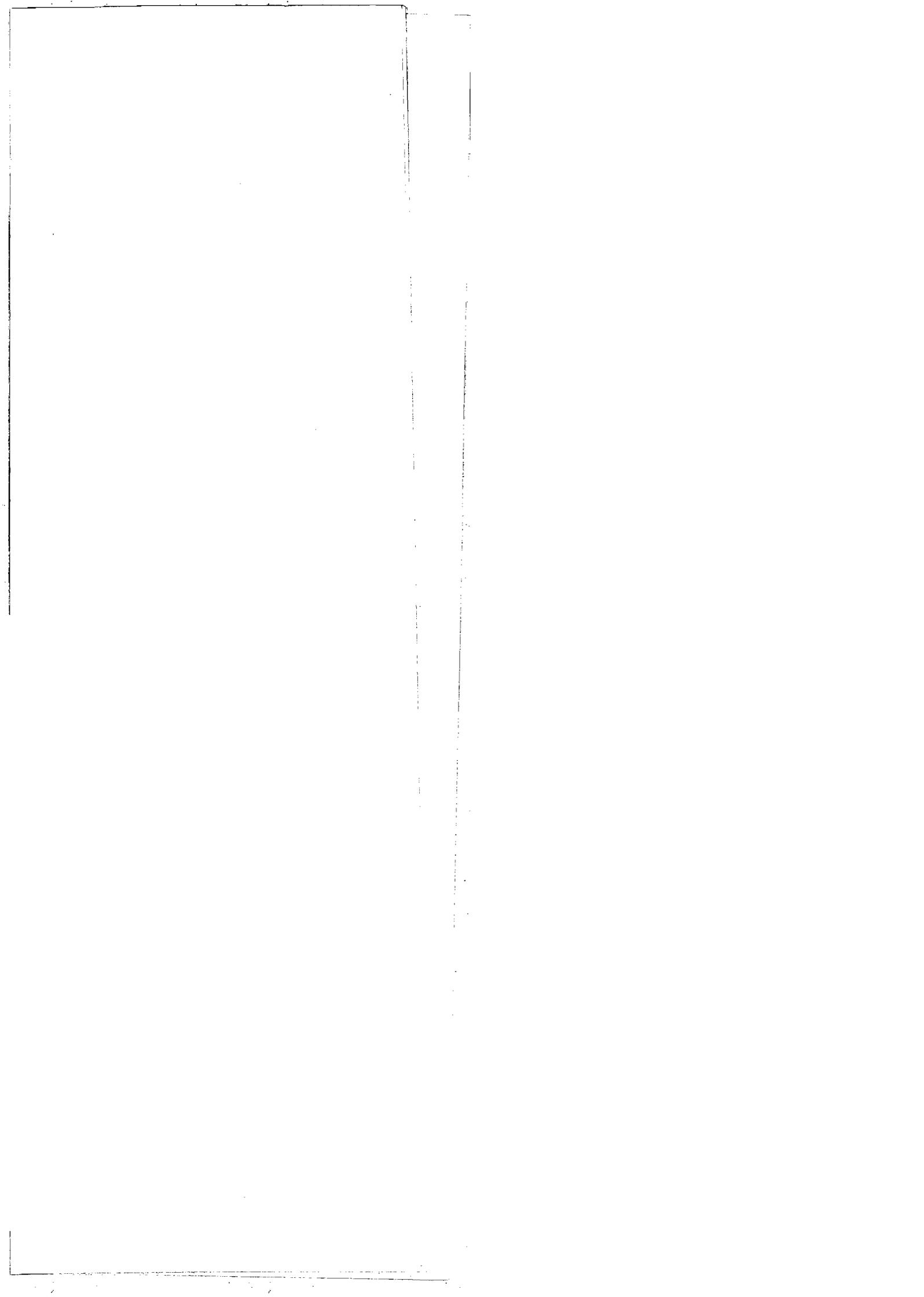
#### **4.1 Standar Tes Dan Spesifikasi Bahan**

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan pengujian dan klasifikasi terhadap bahan penyusun campuran beton. Adapun bahan-bahan penyusun tersebut adalah sebagai berikut ini.

##### **1. Semen Portland**

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland jenis I merk Gresik dengan data sebagai berikut ini.

- a. Berat jenis : 3,15
- b. Tipe semen : Tipe I



## 2. Agregat halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam dengan data bahan sebagai berikut ini.

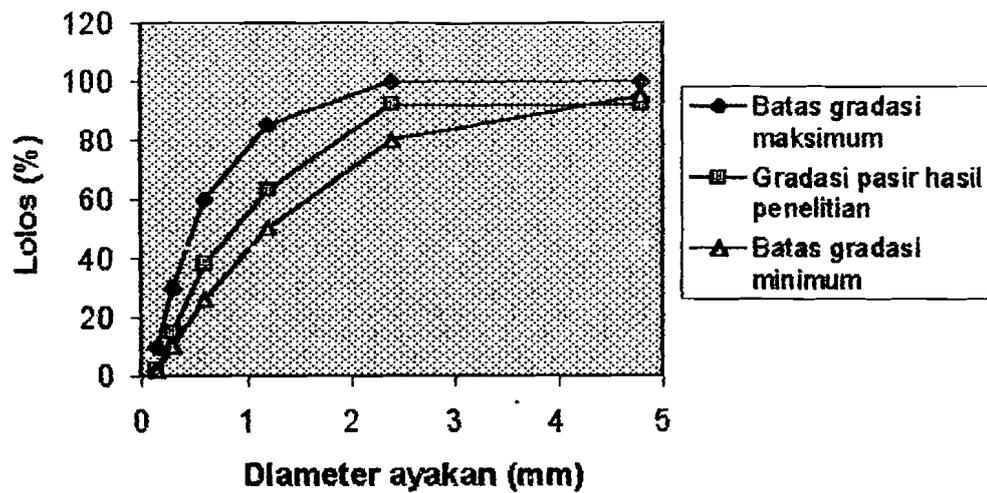
- a. Asal pasir : Sungai Boyong
- b. Berat jenis : 2,72

Adapun gradasi agregat dari pasir ditunjukkan dengan Tabel 4.1 dan grafik gradasi agregat ditunjukkan dengan Gambar 4.1.

**Tabel 4.1** Gradasi agregat halus

Lubang ayakan	Berat tertahan		Berat lolos saringan %	Berat tertahan komulatif %	Syarat ASTM C-33 (%)
	Gram	%			
4,8	3,32	0,22	99,77	0,22	95-100
2,4	114,1	7,61	92,15	7,84	80-100
1,2	336,85	22,49	62,98	30,33	50-85
1,6	474,45	31,68	37,98	62,01	26-60
0,3	345,4	23,06	14,91	85,08	10-36
0,15	184,15	12,06	2,4	97,37	2-10
Sisa	39,25	2,62	-	-	-
	1500			282,779	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus halus butir (mhb)} &= \frac{282,779}{100} \\
 &= \frac{282,779}{100} \\
 &= 2,83
 \end{aligned}$$



Gambar 4.1 Grafik gradasi agregat halus (hasil penelitian)

### 3. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah pecahan genteng dengan data sebagai berikut.

1. Asal agregat : Pecahan genteng Godean
2. Berat jenis : 2,096
3. Berat volume agregat :  $1076 \text{ kg/m}^3$

Untuk modulus halus butir (mhb) ditunjukkan oleh Tabel 4.2 dan Gambar grafik gradasi oleh Gambar 4.2.

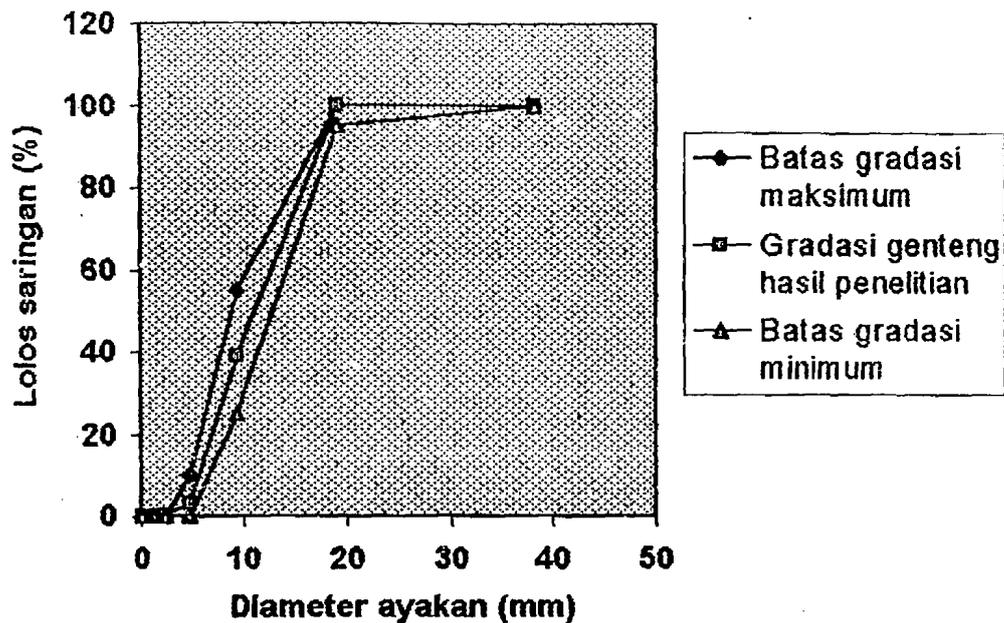
Tabel 4.2 Gradasi agregat kasar pecahan genteng

Lubang ayakan	Berat tertahan		Berat lolos saringan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)	Syarat ASTM C-33 (%)
	Gram	(%)			
40	0	0	100	0	100
20	0	0	100	0	95-100
10	913	60,867	39,133	60,867	25-55
4,8	539	35,933	3,20	96,800	0-10
2,4	41	2,733	0,466	99,533	
1,2	-	-	-	99,533	
0,60	-	-	-	99,533	
0,30	-	-	-	99,533	
0,15	-	-	-	99,533	
Sisa	7	0,467	-	-	
	1499,96		-	655,33	

$$\text{Modulus halus butir (mhb)} = \frac{\% \text{ kumulatif berat tertahan}}{100}$$

$$= \frac{655,33}{100}$$

$$= 6,553$$



Gambar 4.2 Grafik gradasi agregat kasar (hasil penelitian)

#### 4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.

#### 5. Bahan pozzolan

Penelitian ini memakai bahan pozzolan berupa abu sekam padi yang merupakan hasil limbah pembakaran sekam padi yang lolos ayakan no. 150 dan berat volume  $331,61 \text{ kg/m}^3$ .

#### 4.2. Alat-alat Yang Digunakan

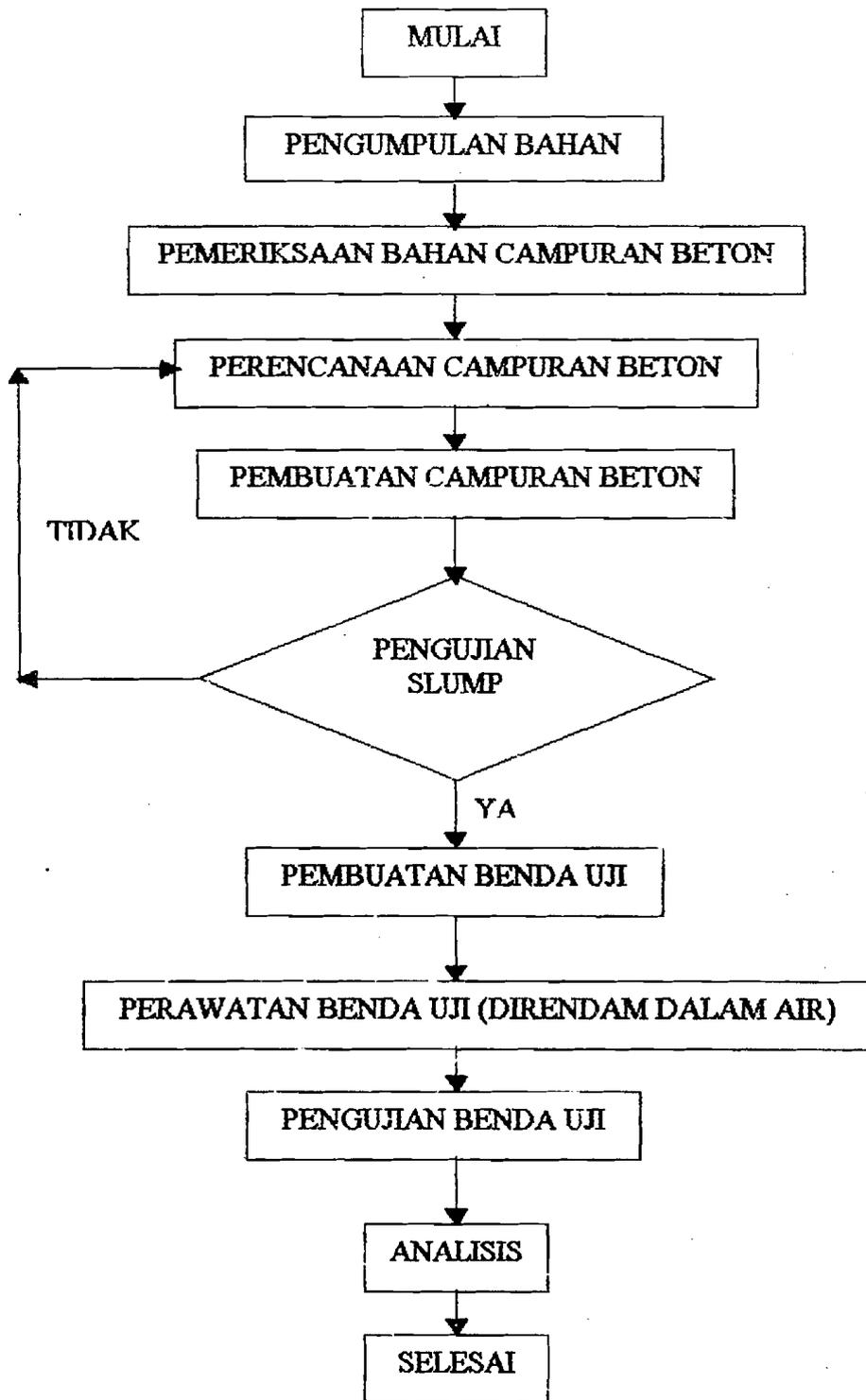
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini akan ditampilkan di dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Alat-alat yang digunakan

No	Alat	Kegunaan
1	Oven	Pengering agregat
2	Piring logam	Menampung agregat di oven
3	Mesin siever	Pengayak mekanik
4	Ayakan	Menyaring agregat
5	Timbangan	Menimbang bahan-bahan
6	Gelas ukur	Menakar air
7	Ember	Menampung agregat
8	Kerucut Abrams	Pengujian slump
9	Cangkul	Mengaduk agregat
10	Sekop kecil	Memasukkan adukan ke dalam cetakan
11	Penggaris	Mengukur slump
12	Tongkat penumbuk	Memadatkan benda uji
13	Cetakan silinder	Tempat mencetak benda uji
14	Kapiler	Mengukur diameter benda uji
15	Mesin uji desak	Uji desak beton
16	Kolam perendam	Menjaga kelembaban beton/perawatan beton

### 4.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini digambarkan dalam bagan alir berikut ini (lihat Gambar 4.3).



Gambar 4.3. Bagan alir prosedur pelaksanaan

1. Tahap perumusan masalah

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

2. Tahap perumusan teori

Pada tahap ini dilakukan pengkajian pustaka terhadap teori yang melandasi penelitian serta ketentuan-ketentuan yang dijadikan acuan dalam pelaksanaan penelitian.

3. Tahap pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian disesuaikan dengan jenis penelitian dan hasil yang ingin didapat. Pada penelitian ini dilaksanakan di laboratorium teknik sipil UIN meliputi :

- Pemeriksaan bahan campuran beton,
- Perencanaan campuran beton,
- Pengujian slump,
- Pembuatan benda uji,
- Pengujian benda uji.

4. Tahap analisa dan pembahasan

Analisa dilakukan terhadap hasil uji laboratorium. Hasil uji laboratorium tersebut dicatat dan dibandingkan terhadap hipotesa. Pembahasan dilakukan terhadap hasil penelitian ditinjau berdasarkan teori yang melandasi.

5. Tahap menarik kesimpulan

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

#### 4.4 Perencanaan Perhitungan Campuran Beton

Perencanaan perhitungan campuran beton di dalam penelitian ini menggunakan metode standar ACI dengan data sebagai berikut.

1. Kuat desak rencana : 17,5 MPa
2. Diameter maksimum agregat kasar : 30 mm
3. Modulus halus butir pasir : 2,83.
4. Modulus halus agregat pecahan genteng : 6,55.
5. Berat jenis genteng (SSD) : 2,096
6. Berat jenis pasir (SSD) : 2,72
7. Berat volume genteng : 1076 kg/m<sup>3</sup>
8. Berat jenis semen : 3,15

Adapun langkah-langkah perhitungan perencanaannya adalah sebagai berikut ini.

##### 1. Menghitung kuat desak beton rata-rata.

Kuat desak rata-rata dihitung dari kuat desak beton rencana dengan nilai  $k$  untuk Indonesia menggunakan perkiraan 5 % defektif (kegagalan) sebesar 1,64 (lihat Tabel 3.7), faktor pengali untuk deviasi standar sebesar 1,16 yang sampelnya kurang dari 15 buah (lihat Tabel 3.9), nilai deviasi standar 70 pada kondisi pekerjaan cukup dengan volume kecil (lihat Tabel 3.8). Sehingga kuat desak rata-rata beton dapat dicari dengan Persamaan (3.2), yaitu :

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= f'_c + k \cdot S \\
 &= 175 + 1,64 ( 1,16 \times 70 ) \\
 &= 308,168 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 30,82 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan faktor air semen

- a Berdasarkan nilai kuat desak rata-rata sebesar 30,82 MPa maka diperoleh pada Tabel 3.10 nilai *fas* sebesar 0,494
- b. Berdasarkan perencanaan beton untuk bangunan di dalam ruangan dan kondisi keliling non korosif, maka diperoleh nilai *fas* maksimum (pada Tabel 3.11) sebesar 0,60

Dari kedua asumsi perkiraan diambil nilai *fas* sebesar 0,494

3. Menetapkan nilai slump

Didasarkan pada Tabel 3.12 untuk beton yang digunakan sebagai plat, balok, kolom dan dinding, diperoleh nilai slump sebesar 75-150 mm

4. Menetapkan kebutuhan air

Jumlah air yang dibutuhkan berdasarkan nilai slump (Tabel 3.13) diperoleh air sebesar 177 liter dan udara terperangkap dalam beton sebesar 1 %

5. Menentukan kebutuhan semen

Dari penentuan langkah kedua dan keempat maka kebutuhan semen dapat dihitung berdasarkan Persamaan (3.3) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 fas &= \frac{W_{\text{air}}}{W_{\text{semen}}} \\
 W_{\text{semen}} &= \frac{(177 \text{ liter} \times 1 \text{ kg/liter})}{0,494} \\
 &= 358,30 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### 6. Menentukan volume genteng

Volume genteng dibutuhkan berdasarkan ukuran agregat maksimum 30 mm dan mhb 2,83 sesuai dengan Tabel 3.14 diperoleh volume genteng sebesar  $0,662 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Berat genteng} &= 0,662 \times 1076 \\ &= 712,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 7. Volume pasir

Volume semen	$= 358,30 / (3,15 \times 1000)$	$= 0,114 \text{ m}^3$
Volume air	$= 177 / 1000$	$= 0,177 \text{ m}^3$
Volume genteng	$= 712,32 / (2,096 \times 1000)$	$= 0,340 \text{ m}^3$
Volume udara terperangkap	$= 0,01$	$= 0,010 \text{ m}^3$

---


$$\Sigma = 0,641 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pasir} = 1,00 - 0,641 = 0,359 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat pasir} = 0,359 \times 2,72 \times 1000 = 976,48 \text{ kg}$$

### 8. Kebutuhan material dalam $1 \text{ m}^3$ adukan beton normal

Dari penentuan parameter di atas maka diperoleh untuk  $1 \text{ m}^3$  beton dengan

perbandingan  $P_c : P_s : G_t : A = 1 \text{ kg} : 2,72 \text{ kg} : 1,988 \text{ kg} : 0,494 \text{ liter}$

diperlukan

- a. Berat semen  $= 358,30 \text{ kg}$
- b. Berat pasir  $= 976,48 \text{ kg}$
- c. Berat genteng  $= 712,312 \text{ kg}$
- d. kebutuhan air  $= 177 \text{ liter}$

Untuk memperjelas perencanaan campuran beton dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

**Tabel 4.4** Kebutuhan material tiap variasi adukan

Kebutuhan 1m <sup>3</sup> (kg)	Volume 20 silinder (m <sup>3</sup> )	material 20 silinder (kg)	material tiap variasi adukan (5 buah) (kg)
Pc = 358,30	0,106	37,97	10,44
Pasir = 976,48	0,106	103,50	28,46
Genteng = 712,31	0,106	75,50	20,76
Air = 177 liter	0,106	18,8	4,95

$$\text{Volume 20 silinder} = (\text{Volume 1 silinder}) \times 20$$

$$= (0,25 \pi r^2 \times t) \times 20$$

$$= (0,25 \pi 0,15^2 \times 0,30) \times 20$$

$$= 0,106 \text{ m}^3$$

**Tabel 4.5** Kebutuhan material untuk macam-macam variasi penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi.

Kode	Jumlah	Variasi	Material				
			PC (kg)	Genteng (kg)	Pasir (kg)	Abu Sekam (kg)	Air (liter)
A	5	0 %	10,44	20,76	28,46	-	4,95
B	5	5 %	9,92	20,76	28,46	0,52	4,95
C	5	10 %	9,4	20,76	28,46	1,04	4,95
D	5	15 %	8,88	20,76	28,46	1,56	4,95

**Tabel 4.6** *f*<sub>as</sub> setiap adukan pada beberapa variasi abu sekam padi

Kode.	Variasi (%)	<i>f</i> <sub>as</sub>
A	0	0,474
B	5	0,498
C	10	0,526
D	15	0,557

#### 4.5 Pembuatan Campuran Beton

Pembuatan campuran beton di dalam penelitian ini berpedoman pada SKSNI T-28-1991-03 tentang tata cara pengadukan dan pengecoran beton. Cara pembuatan campuran beton dimulai dari persiapan bahan dan alat sesuai dengan asumsinya, persyaratan dan kebutuhan pada perhitungan campuran adukan (*mix design*).

#### 4.6 Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan dengan menggunakan kerucut standar abrams. Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan atau kemudahan pengerjaan (*workability*) dari setiap campuran yang telah dibuat. Pada penelitian ini dipakai nilai slump sebesar 75-150 mm.

#### 4.7 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilaksanakan setelah pengujian slump mencapai nilai yang dikehendaki. Di dalam penelitian ini digunakan cetakan silinder standar dengan ukuran berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Masing-masing variasi menggunakan 5 cetakan silinder. Untuk memudahkan identifikasi masing-masing sampel diberi kode sebagai berikut.

1. Untuk sampel beton tanpa bahan pengganti abu sekam padi diberi kode A1, A2, A3, A4, A5.
2. Untuk sampel beton dengan mengganti sebagian semen menggunakan abu sekam padi sebesar 5 % diberi kode B1, B2, B3, B4, B5.
3. Untuk sampel beton dengan mengganti sebagian semen menggunakan abu sekam padi sebesar 10 % diberi kode C1, C2, C3, C4, C5.
4. Untuk sampel beton dengan mengganti sebagian semen menggunakan abu sekam padi sebesar 15 % diberi kode D1, D2, D3, D4, D5.

Untuk memperjelas pembacaan sampel dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Variasi abu sekam padi pada sampel percobaan kuat desak

Kode	Variasi abu sekam %	Jumlah benda uji
A	0	5
B	5	5
C	10	5
D	15	5

Selama pembuatan benda uji khususnya pada saat penuangan campuran beton diikuti oleh proses pemadatan manual dengan batang besi sehingga diharapkan dapat dicapai kepadatan yang direncanakan.

#### 4.8 Perawatan Benda Uji

Beton memerlukan perawatan untuk menjamin terjadinya proses hidrasi semen berlangsung sempurna dengan cara menjaga kelembaban permukaan beton. Untuk mempertahankan beton supaya tetap dalam keadaan basah selama periode beberapa hari, maka diadakan perendaman beton di dalam bak perendaman dengan air bersih selama 28 hari.

#### 4.9 Pengujian Benda Uji

Pada penelitian ini kami akan melakukan pengujian desak beton dengan standar pengujian ASTM yaitu dengan pembebanan vertikal dengan menggunakan mesin desak hidrolis dimana benda uji diletakkan pada tempat pengujian lain dilakukan



perubahan secara bertahap sampai mencapai beban maksimum (benda uji mengalami

kehancuran).

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi nilai-nilai yang merupakan hasil dari penelitian laboratorium yang meliputi berat volume beton, slump, *f<sub>cs</sub>*, kuat desak beton yang disyaratkan, regresi dan mekanisme abu sekam padi. Untuk hasil dari kuat desak beton akan dibuat regresi dengan program matlab. Untuk lebih jelasnya adalah sebagai berikut ini.

#### 5.1. Berat Volume Beton

Berat volume beton sangat dipengaruhi oleh berat jenis bahan-bahan penyusunnya, sehingga apabila bahan penyusun mempunyai berat jenis yang besar maka beton yang dihasilkan akan mempunyai berat volume yang besar pula. Demikian juga sebaliknya apabila digunakan bahan penyusun dengan berat jenis ringan maka beton yang dihasilkan akan mempunyai berat volume yang kecil.

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton dengan volume beton. Pada penelitian ini dipakai benda uji berbentuk silinder, sehingga perhitungan berat volume beton adalah sebagai berikut.

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{Berat beton (kg)}}{\text{volume beton (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{Berat beton}}{\frac{1}{4} \pi \theta^2 \times t} \quad (5.1)$$

Dimana :

$$\frac{1}{4} \pi \theta^2 = \text{Luas silinder}$$

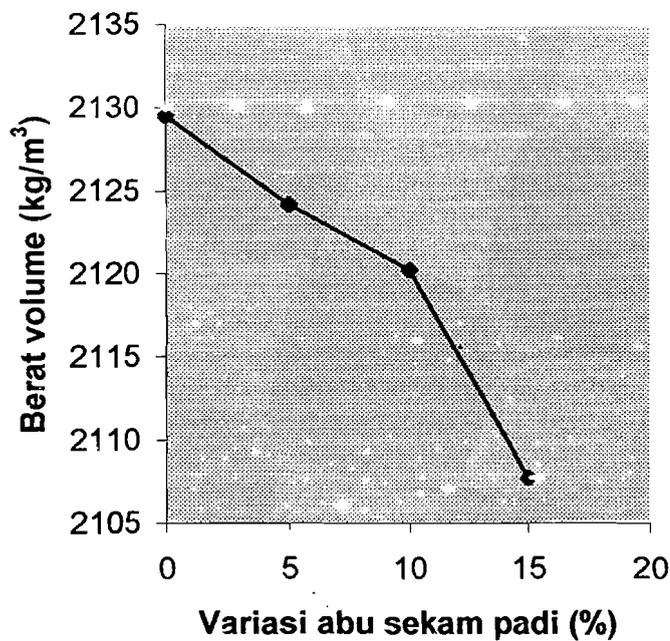
t = Tinggi silinder

Untuk tiap variasi adukan, berat volume beton adalah rata – rata dari volume benda uji yang berjumlah 5 buah. Data perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 7.

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan pada beton dengan agregat kasar pecahan genteng dengan berbagai variasi penggantian abu sekam padi (*rice husk ash*), dihasilkan berat volume rata-rata pada setiap variasi campuran. Untuk mencari berat volume dicari berdasarkan pers (5.1). Hasil perhitungan berat volume dicantumkan pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.1 sebagai berikut.

**Tabel 5.1** Daftar berat volume beton pada tiap variasi penggantian abu sekam padi

Kode	Variasi penggantian abu sekam padi (%)	Berat volume rata-rata beton (kg/m <sup>3</sup> )
A	0 %	2129,540
B	5 %	2124,194
C	10 %	2120,208
D	15 %	2107,195



**Gambar 5.1** Grafik hubungan berat volume beton dengan variasi penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi (hasil penelitian)

Dari Tabel 5.1 dan Gambar 5.1 dapat diketahui bahwa berat volume rata-rata beton dengan agregat kasar pecahan genteng dengan variasi penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi (*rice husk ask*) cenderung akan menurunkan berat volume beton. Ini disebabkan karena berkurangnya semen yang secara langsung juga akan mengurangi berat volume semen terhadap volume adukan beton.

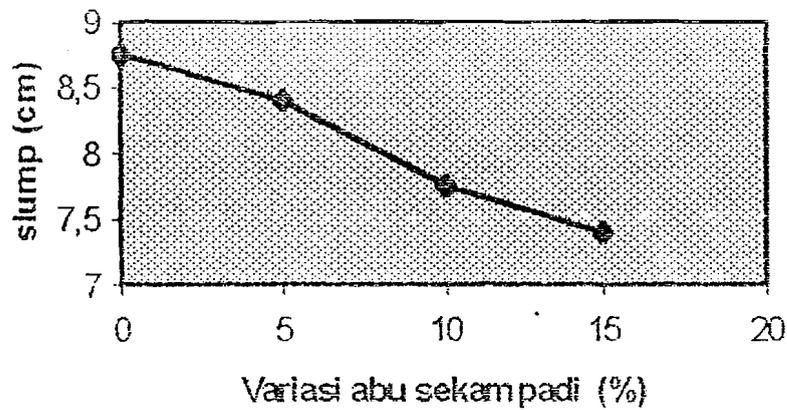
## 5.2. Slump

Slump yang merupakan parameter untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, berkaitan erat dengan tingkat kemudahan beton untuk dikerjakan. Nilai-nilai slump yang dicapai pada berbagai variasi campuran beton seperti pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Nilai slump pada berbagai variasi campuran

Kode	Variasi campuran	Slump (cm)
A	0 %	8,75
B	5 %	8,4
C	10 %	7,75
D	15 %	7,4

Dari Tabel 5.2 terlihat bahwa terjadi penurunan nilai slump sejalan dengan penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi. Ini menunjukkan bahwa air dalam adukan diserap oleh abu sekam padi yang mempunyai tingkat penyerapan yang tinggi, dan juga karena sifat permeabilitas dari agregat pecahan genteng. Penurunan nilai slump ini mempengaruhi tingkat kemudahan pengerjaan beton (*workability*), karena dengan turunnya nilai slump berarti kelccakan beton berkurang, sehingga beton semakin kental dan sulit untuk dikerjakan. Untuk lebih memperjelas nilai-nilai slump tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.2.



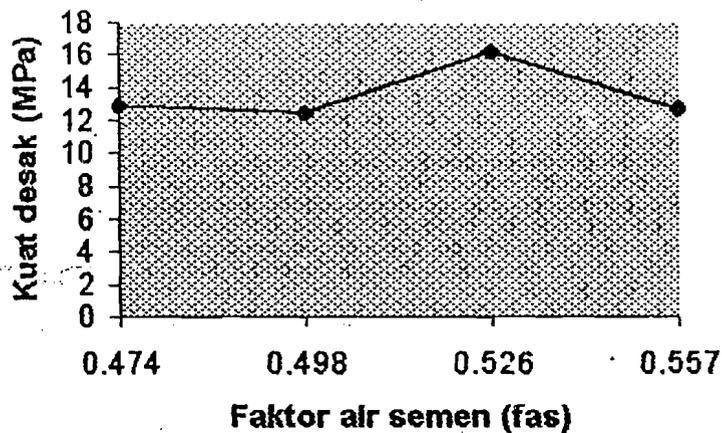
Gambar 5.2 Grafik hubungan antara nilai slump dengan variasi abu sekam padi (hasil penelitian)

### 5.3 Faktor air semen (*fas*)

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Berikut ini adalah pengaruh faktor air semen terhadap kuat desak beton dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Hubungan *fas* dengan kuat desak

Variasi	<i>fas</i>	Kuat desak (MPa)
0 %	0,47	12,869
5%	0,498	12,403
10 %	0,526	16,123
15 %	0,557	12,652



**Gambar 5.3** Grafik hubungan faktor air semen dan kuat desak beton (hasil penelitian)

Pada faktor air semen ini terjadi kenaikan. Ini dikarenakan adanya pengurangan berat semen terhadap air dan sesuai dengan persamaan (3.3) bahwa apabila berat semen dikurangi akan menaikkan faktor air semennya. Walaupun menurut persamaan (3.1) tampak bahwa semakin rendah *fas* kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi karena kesulitan pemadatan maka akan dihasilkan beton yang keropos sehingga akan menurunkan kuat desak betonnya. Dengan demikian ada suatu nilai *fas* optimum yang menghasilkan kuat desak beton maksimum. Pada penelitian ini ternyata kuat desak maksimum terjadi pada *fas* 0,526 yaitu sebesar 16,123 MPa.

#### 5.4 Kuat Desak Beton

Kuat desak beton mempunyai kecenderungan untuk bervariasi pada berbagai adukan. Besar variasi itu tergantung dari beberapa faktor (Tjokrodimulyo, 1991), antara lain adalah :

1. variasi mutu bahan dari satu adukan ke adukan berikutnya,
2. variasi cara pengadukan, dan
3. stabilitas pengadukan.

Karena penelitian ini dilakukan di laboratorium, maka diharapkan hasil yang dicapai sebaik mungkin dengan memperhatikan ketelitian pelaksanaannya.

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

Perhitungan ini didasarkan pada ketentuan rumus sebagai berikut.

$$f'c = f'cr - k \cdot S \quad (5.2)$$

Dimana :

$f'c$  = Kuat desak (MPa)

$f'cr$  = Kuat desak rata-rata (MPa)

$k$  = Tetapan statistik

$S$  = Deviasi standar

Untuk memenuhi persyaratan diatas perlu dicari hal-hal sebagai berikut.

- a. Mencari deviasi standar

Deviasi standar dicari dengan rumus berikut

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'_{cb} - f'_{cr})^2}{N-1}} \quad (5.3)$$

Dimana :

$S$  = Deviasi standar (MPa)

$f'_{cb}$  = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (MPa)

$f'_{cr}$  = Kuat tekan beton rata-rata (MPa)

$N$  = Jumlah benda uji

- b. Mencari konversi jumlah benda uji yang disyaratkan

Pada penelitian ini diambil 5 buah untuk tiap variasi. Dari keadaan ini maka perlu diberikan faktor pengali terhadap deviasi standar yang didapat berdasarkan Tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Faktor pengali untuk deviasi standar bila data benda uji tersedia kurang dari 30 buah ( Tjokrodimolyo, 1992 )

Jumlah sample	Faktor pengali standar deviasi
≥ 30	1,00
25	1,03
20	1,08
< 15	1,16

Hasil perhitungan kuat desak beton yang disyaratkan dengan ketentuan – ketentuan tersebut di atas adalah seperti dalam Tabel 5.5 – 5.8.

**Tabel 5.5** Hasil kuat desak beton dengan jenis beton tanpa abu sekam padi

Kode	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks (kN)	$f^b$ (MPa)	$(f^b - f^{cr})$ (MPa)	$(f^b - f^{cr})^2$ (MPa)
A1	11,209	177,658	330	18,575	1,393	1,940
A2	11,180	176,244	340	19,291	2,109	4,448
A3	11,226	178,368	240	13,455	-3,727	13,890
A4	11,141	177,186	300	16,931	-0,251	0,063
A5	11,142	176,714	312	17,656	0,474	0,225
				85,908		20,566

$$f_{cr} = \frac{\sum f^b}{N} = \frac{85,908}{5} = 17,18 \text{ MPa}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{20,506}{4}} = 2,267 \text{ MPa}$$

$$f_c = f_{cr} - k \cdot S$$

$$= 16,737 - 1,64 (1,16 \times 2,267)$$

$$= 12,869 \text{ MPa}$$

Tabel 5.6 Hasil kuat desak beton dengan variasi abu sekam padi 5 %

Kode	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks (kN)	$f'_b$ (MPa)	$(f'_b - f'_{cr})$ (MPa)	$(f'_b - f'_{cr})^2$ (MPa)
B1	11,132	177,186	355	20,035	3,298	10,877
B2	11,2135	186,991	288	15,402	-1,335	1,782
B3	11,305	180,743	270	14,938	-1,799	3,236
B4	11,146	178,841	270	15,907	-1,640	2,690
B5	11,385	174,600	318	18,213	1,476	2,178
				83,685		20,763

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_b}{N} = \frac{83,685}{5} = 16,737 \text{ MPa}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'_b - f'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{20,763}{4}} = 2,278 \text{ MPa}$$

$$f_c = f_{cr} - k \cdot S$$

$$= 16,737 - 1,64 (1,16 \times 2,278)$$

$$= 12,403 \text{ MPa}$$

Tabel 5.7 Hasil kuat desak beton dengan variasi abu sekam padi 10 %

Kode	Berat ( kg )	Luas ( cm <sup>2</sup> )	Beban Maks ( kN )	$f'b$ ( MPa )	$(f'b-f'cr)$ ( MPa )	$(f'b-f'cr)^2$ ( MPa )
C1	11,179	176,714	385	21,787	2,358	5,560
C2	11,289	181,220	360	19,685	0,436	0,190
C3	11,120	176,174	307	17,373	-2,056	4,227
C4	11,130	174,835	350	20,019	0,590	0,348
C5	11,150	185,057	335	18,102	-1,327	1,761
				97,146		12,086

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'b}{N} = \frac{97,146}{5} = 19,429 \text{ MPa}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'b - f'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{12,086}{4}} = 1,7388 \text{ MPa}$$

$$f'_c = f'_{cr} - k \cdot s$$

$$= 19,429 - 1,64 ( 1,16 \times 1,738 )$$

$$= 16,123 \text{ MPa}$$

Tabel 5.8 Hasil kuat desak beton dengan variasi abu sekam padi 15 %

Kode	Berat ( kg )	Luas ( cm <sup>2</sup> )	Beban Maks ( kN )	$f'_b$ ( MPa )	$(f'_b - f'_{cr})$ ( MPa )	$(f'_b - f'_{cr})^2$ ( MPa )
D1	10,881	172,266	250	14,512	-0,136	0,018
D2	10,950	181,220	265	14,623	-0,025	6,25.10 <sup>-4</sup>
D3	10,873	174,835	270	15,443	0,795	0,632
D4	11,093	171,105	268	15,663	1,015	1,030
D5	10,984	176,950	230	12,998	-1,650	2,722
				73,239		4,403

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_b}{N} = \frac{73,239}{5} = 14,648 \text{ MPa}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'_b - f'_{cr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,403}{4}} = 1,049 \text{ MPa}$$

$$f'_c = f'_{cr} - k \cdot s$$

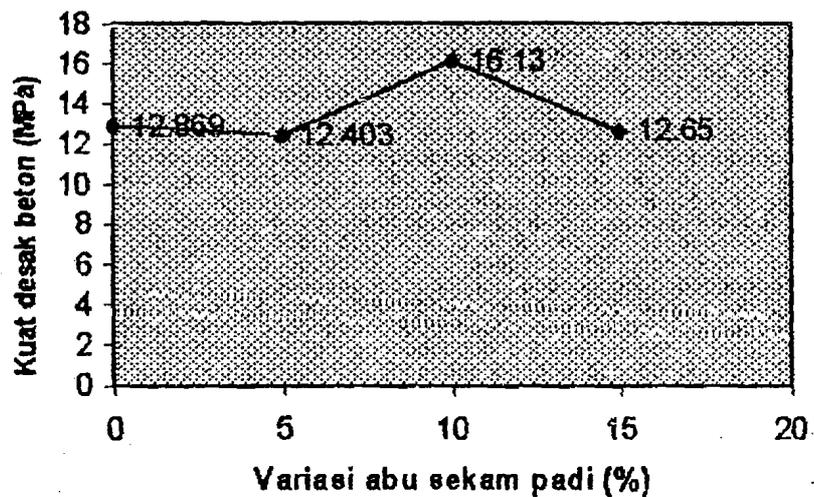
$$= 14,648 - 1,64 ( 1,16 \times 1,049 )$$

$$= 12,652 \text{ MPa}$$

Hasil perhitungan kuat desak beton dari data pengujian benda uji pada penelitian ini di cantumkan dalam Tabel 5.9 dan Gambar 5.4

**Tabel 5.9** Variasi abu sekam padi dengan kuat desak

Kode	Variasi abu sekam padi (%)	Kuat desak ( $f'_c$ ) MPa
A	0	12,869
B	5	12,403
C	10	16,123
D	15	12,652



**Gambar 5.4** Grafik hubungan antara kuat desak beton dengan variasi penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi (hasil penelitian).

Dari Tabel 5.9 dan Gambar 5.4 dapat diketahui bahwa kuat desak beton terjadi kenaikan kuat desak pada variasi penggantian 10 % sebesar 16,123 MPa dari kuat desak sebesar 12,869 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 25,286 %. Dengan demikian penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian berat semen dapat meningkatkan kuat desaknya pada batas-batas penggantian tertentu, dalam hal ini penggantian optimum adalah 10 %. Hal ini terjadi karena pada variasi tersebut pori-pori beton terisi oleh abu sekam padi sehingga kepadatan meningkat.

Variasi penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi di atas 10 % tidak meningkatkan kuat desak beton karena dengan penggantian yang lebih banyak, cenderung mengganggu lekatan pasta semen pada agregat bahkan membentuk gumpalan yang tidak dapat tercampur dengan pasta semen. Hal inilah yang menyebabkan penurunan kuat desak beton.

Pada beton dengan agregat kasar pecahan genteng, kuat desak rencana sebesar 17,5 MPa ternyata tidak tercapai. Dari pengamatan pada benda uji hasil uji desak terlihat bahwa saat diuji desak, agregat pecahan genteng akan pecah lebih dahulu. Hal ini menunjukkan bahwa daya ikat pasta semen masih kuat tetapi agregat kasar pecahan genteng sudah mencapai batas kemampuan menahan desak sehingga pecah lebih dahulu.

Prosentasi perubahan kuat desak yang terjadi terhadap kuat desak rencana disajikan dalam Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Prosentase perubahan kuat desak dari kuat desak rencana

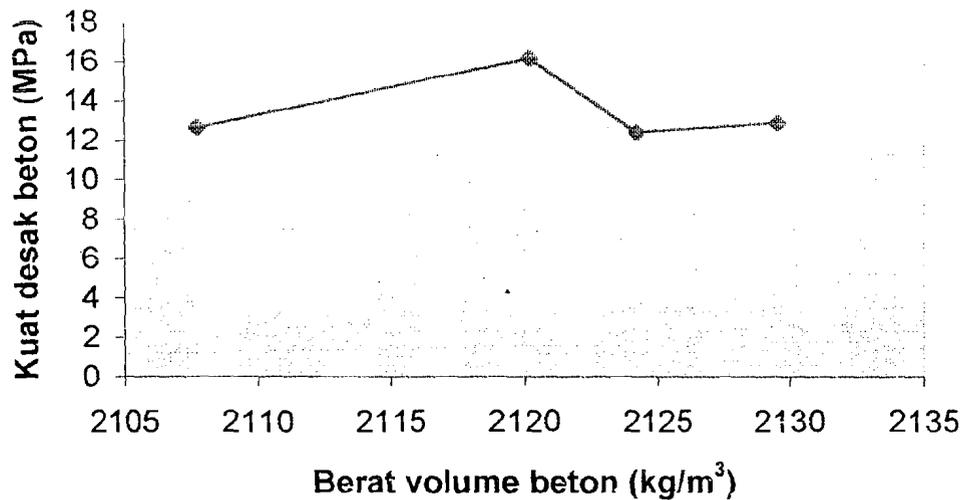
Variasi abu sekam padi (%)	Kuat desak rencana (MPa)	Kuat desak (MPa)	Penurunan (%)
0	17,5	12,869	24,92
5	17,5	12,403	29,12
10	17,5	16,123	7,82
15	17,5	12,652	27,70

Dengan mengetahui prosentase perubahan kuat desak dari Tabel 5.10 dapat direncanakan kuat desak rencana pada perhitungar. setingkat di atas kuat desak rencana sesungguhnya, untuk mencapai kuat desak yang diharapkan, khususnya diaplikasikan pada perencanaan beton agregat kasar pecahan genteng.

Untuk mengetahui pengaruh kuat desak beton dengan berat volume beton dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.5 .

Tabel 5.1 i Pengaruh kuat desak beton dengan berat volume beton

Variasi abu sekam padi (%)	Kuat desak beton (MPa)	Berat volume (kg/m <sup>3</sup> )
0	12,869	2129,54
5	12,403	2124,19
10	16,123	2120,20
15	12,652	2107,73



**Gambar 5.5** Grafik hubungan antara kuat desak beton dengan berat volume  
(hasil penelitian)

Pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.5 di atas terlihat kuat desak tertinggi terjadi pada penggantian 10 %, hal ini dikarenakan pori-pori pada beton dapat terisi oleh abu sekam padi. Pada pengurangan sebagian semen antara 0 - 5 % terjadi penurunan kuat desak. Semakin kecil berat volumenya, beton semakin menurun kuat desaknya.

Pada pengurangan sebagian semen antara 10 – 15 % terjadi penurunan kuat desak beton yang drastis. Hal ini disebabkan karena pengurangan dari berat volume akibat pengurangan berat semen, dan juga semakin bertambahnya abu sekam padi yang berlebihan justru mengganggu lekatan antara semen dengan agregat.

Pada pengurangan 10 % merupakan penggantian semen yang optimum, karena kuat desak yang dihasilkan adalah maksimum. Ini berarti abu sekam padi yang ditambahkan sebanyak 10 % sebagian besar akan mengisi semua pori-pori beton.

## 5.5 Regresi

Regresi merupakan suatu analisis untuk mengetahui hubungan antara abu sekam padi dengan kuat desak beton. Di bawah ini merupakan persamaan regresi linier dan non linier hubungan antara abu sekam padi dengan kuat desak beton.

1. Regresi linier  $P = 0,0615x_i + 13,0522$  (5.4)

2. Regresi non linier  $P = -0,031x_i^2 + 0,51134x_i + 12,2991$  (5.5)

Dimana :

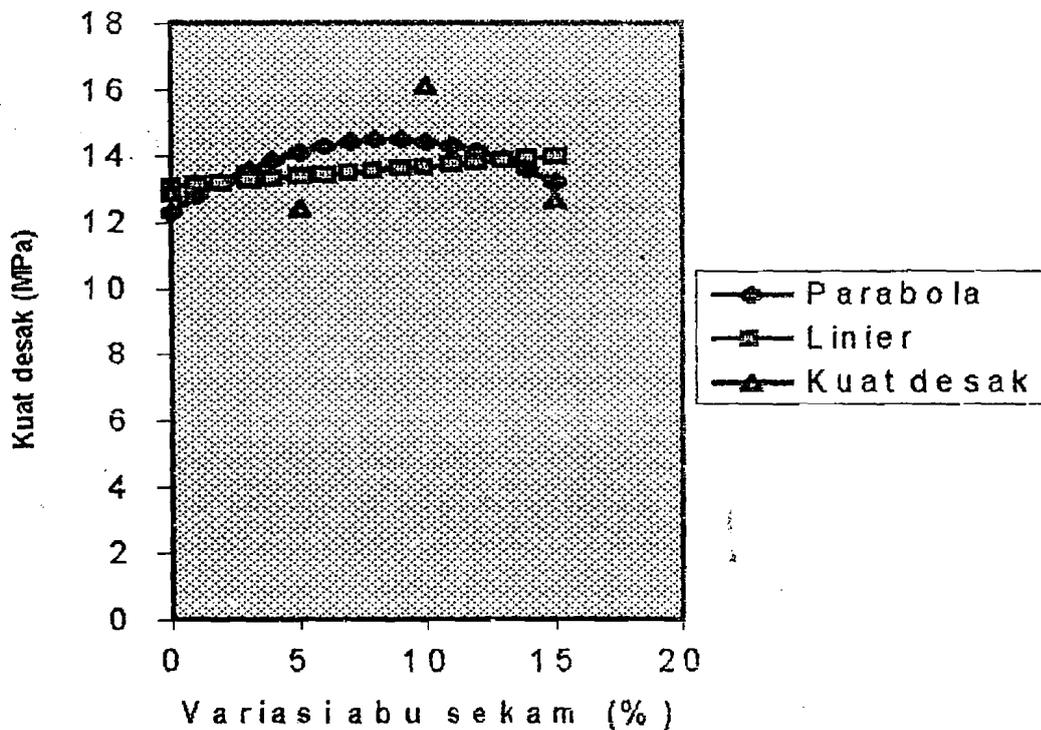
$$P = \text{Kuat desak beton (MPa)}$$

$$x_i = \text{Abu sekam padi (\%)}$$

Dari persamaan diatas dapat diketahui koefisien korelasi dan grafik pada Gambar 5.6 sebagai berikut ini.

1. Koefisien korelasi linier  $r = 0,226$

2. Koefisien korelasi non linier  $r = 0,544$



Gambar 5.6 Grafik regresi linier dan non linier antara variasi abu sekam dan kuat desak beton (hasil penelitian)

Dari kedua regresi di atas diambil regresi non linier, ini didasarkan pada sebaran data hasil uji kuat desak beton dan grafik yang paling mendekati keadaan sebenarnya adalah grafik regresi non linier. Sesuai dengan teori regresi ternyata terdapat hubungan antara abu sekam padi dengan kuat desak beton dengan tingkat hubungan atau koefisien korelasi sebesar 0,544 dan ini masih sesuai dengan standar koefisien korelasi yaitu antara 0-1, untuk mengetahui lebih jelas perhitungan regresi digunakan program matlab dan perhitungan koefisien korelasi dapat dilihat pada lampiran 8-13.

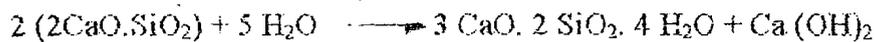
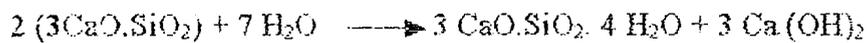
## 5.6 Mekanisme Abu Sekam padi

Mekanisme terjadinya pengaruh abu sekam padi secara jelas dapat diuraikan sebagai berikut :

### 1. Mekanisme Reaksi Pozzolonik *Rice Husk Ash*

Proses berlangsungnya reaksi pozzolonik pengikatan kapur dalam beton dengan abu sekam padi berlangsung sangat rumit.

Namun secara sederhana, reaksi tersebut dapat dituliskan, (Swami, 1986):



Kemudian sisa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang merupakan kapur bebas, bereaksi dengan silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang terkandung dalam abu sekam padi membentuk Calcium Silicate Hydrate (C-S-H) yang berbentuk gel dan mempunyai kemampuan seperti perekat.

### 2. Mekanisme abu sekam padi sebagai filler

Selain disebabkan oleh reaksi pozzolonik abu sekam padi, mekanisme kedua yang menyebabkan penambahan kekuatan desak beton adalah terisinya pori-pori beton yang sebelumnya terisi oleh air yang terperangkap, oleh gel yang dihasilkan dari reaksi kapur bebas dengan abu sekam padi. Pada beton tanpa abu sekam padi, daerah transisi (*transition zone*) berisi air yang terjebak oleh partikel-partikel semen dan selanjutnya menguap meninggalkan daerah yang porous. Keadaan porous ini menyebabkan kekuatan beton menjadi relatif rendah.

Mekanisme lain yang menyebabkan semakin berkurangnya kuat desak beton adalah proses reaksi dari kapur padam itu sendiri, reaksinya adalah (Swami, 1986):



Kapur padam yang terdapat dalam jumlah berlebihan ini akan mengikat  $\text{CO}_2$  dari udara dan membentuk pasta  $\text{CaCO}_3$  (batu kapur) yang pada akhirnya mengeras. Pada tahap kapur bebas masuk bereaksi dengan  $\text{CO}_2$  dan membentuk senyawa  $\text{CaCO}_3$  memang akan mengeras, tetapi karena proses pengikatan pada kapur membutuhkan waktu lama pengerasan akan terjadi pada permukaan saja. Adanya senyawa  $\text{CaCO}_3$  maka akan memperbesar jarak antar butiran agregat kuat desak tidak lagi didukung oleh butiran-butiran agregat yang sudah menyatu dengan adanya pasta semen, tetapi oleh pasta  $\text{CaCO}_3$  yang mampu menahan kuat desak jejas berada di bawah kemampuan agregat.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang mengacu pada tinjauan pustaka, landasan teori, serta hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut.

#### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Dari hasil pengujian kuat desak beton yang dilakukan terhadap beberapa variasi penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi, variasi yang paling baik yaitu pada penggantian 10% semen dengan abu sekam padi.
2. Kuat desak beton dengan abu sekam padi sebanyak 10% didapat sebesar 16,123 MPa. Hal ini mengalami kenaikan kuat desak sebesar 25,286% dibandingkan dengan kuat desak beton tanpa abu sekam padi sebesar 12,868 MPa.
3. Dengan menggunakan pozzolan abu sekam padi sebanyak 10% dapat mengurangi berat semen sebesar 35,83 kg untuk setiap 1 m<sup>3</sup> adukan beton.

4. Dari dua regresi yaitu regresi linier dan regresi non linier maka dipergunakan regresi non linier, karena hasilnya mendekati dengan hasil data pengujian yaitu pada variasi abu sekam padi optimum akan menghasilkan kuat desak beton maksimum.

## 6.2 Saran

Saran yang dapat kami berikan dengan mengacu pada hasil penelitian adalah sebagai berikut ini.

1. Pemakaian jumlah air dalam pelaksanaan pencampuran adukan beton dengan agregat kasar pecahan genteng dari Godean dan penggunaan abu sekam padi dalam pencapaian nilai slump harap diperhatikan, karena abu sekam padi mempunyai daya serap yang besar.
2. Perlu adanya evaluasi dan penelitian lebih lanjut tentang bahan adukan beton dengan agregat kasar pecahan genteng dari Godean dan penggunaan abu sekam padi dengan adanya permeabilitas.

## DAFTAR PUSTAKA

- I ketut S., 1995, PENGARUH KONSENTRASI SERAT TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON DENGAN AGREGAT KASAR PECAHAN GENTENG. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Ilham. M.N., 1998, KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN PECAHAN GENTENG PRESS DARI GODEAN YOGYAKARTA, *Laporan Penelitian*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Non Gelar Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Kusuma, G.H. W.C.Vis, 1993, PEDOMAN Pengerjaan Beton STANDARD SK-SNI, penerbit Airlangga.
- Muntohar, A.S., 1999, PEMAKAIAN ABU SEKAM PADI UNTUK STABILISASI TANAH LEMPUNG, *majalah CLAPEYRON*, No. 771/SK/DITJEN PPG/STT/1980 Vol 36 halaman 60-63.
- Murdock, L.J. dan K.M. Brook, 1991, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Erlangga, Jakarta.
- Prawignyo W., 1991, TINJAUAN KUAT TEKAN BETON RINGAN DENGAN AGREGAT KASAR PECAHAN GENTENG SOKA, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, UGM, Yogyakarta.
- Swamy, R.N., 1986, CONCRETE TECHNOLOGY AND DESIGN CEMENT REPLACEMENT MATERIALS, Volume 3, *Reader In Civil and Structure Engineering*, University of Sheffiel.
- Tjokrodimulyo, K., 1992, TEKNOLOGI BETON, Buku Ajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, K., 1993, PENGARUH AGREGAT PADA KUAT TEKAN BETON NON PASIR DENGAN AGREGAT PECAHAN GENTENG, Pusat antar universitas, UGM, Yogyakarta.
- Wen Hwei, 1986, RICE HULLS RICE: *Production and Utilization*, AVI Publishing Componfinc, West Port Connection, California.

LAMPPIRAN



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

### DATA PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : Agregat kasar  
 Nama Benda uji : Pecahan Gerteng  
 Asal : Gudean, Yogya  
 Keperluan : Penelitian  
                   Tugas Akhir

Diperiksa oleh :  
 1) DUDUH. Y.            94-10  
 2) BUDI. H.             93-728

Tanggal : 28-7-2000

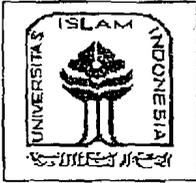
#### ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat ( W )	.102.,8. Gram	..113.2... Gram
Gelas ukur + Air ( V1 )	.500... Cc	..5.00.. Cc
Gelas ukur + Air + Agregat ( V2 )	..549... Cc	..553... Cc
BERAT JENIS ( BJ ) - $\frac{W}{V2 - v1}$	..2.056...	..2.136...
BERAT JENIS ( BJ ) RATA-RATA	..2.096...	

Yogyakarta,  
 LABORATORIUM *Laboran,*  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK *Darius* 8/12 00  
 FAKULTAS TEKNIK UII

DARIUS


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK KONSTRUKSI**
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**
**Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta**
**DATA PEMERIKSAAN  
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR**

Jenis Benda Uji : Agregat kasar  
 Nama Benda uji : Pecahan Ganteng  
 Asal : Godean, Yogya.  
 Keperluan : Penelitian  
                   Tugas Akhir

Diperiksa oleh :  
 1) BUDI. Y            94-10  
 2) BUDI. H            93-328

Tanggal : 28-7-2000

**ALAT - ALAT**

1. Timbangan Kapasitas minimal 20 Kg
2. Cetakan silinder (  $\varnothing 15 \times t 30$  ) cm
3. Tongkat penumbuk  $\varnothing 16$  mm panjang 60 cm
4. Serok /cetok
5. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	4,1.... Kg	5,5.. Kg
Berat cetakan silinder + Agregat (W2)	9,8.. Kg	11,2.. Kg
Volume silinder (V) $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	0,0053 M <sup>3</sup>	0,0053 M <sup>3</sup>
Berat Volume Agregat = $\frac{W2 - W1}{V}$	1075,47	1075,47
Berat Volume Agregat Rata - rata	1076 kg/m <sup>3</sup>	

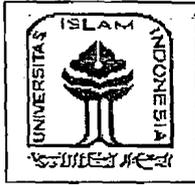
Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Laboran,  
*Darus* 8/12/00

**LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII**

DARUS





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK KONSTRUKSI  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

### DATA PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : Agregat halus  
 Nama Benda uji : Pasir  
 Asal : Sungai Boyong  
 Keperluan : Penelitian  
Tugas Akhir

Diperiksa oleh :  
 1) PUDI H. Y 94-10  
 2) BUDI. R. 93-328

Tanggal : 28-7-2000

#### ALAT - ALAT

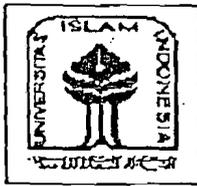
1. Timbangan Kapasitas minimal 20 Kg
2. Cetakan silinder ( $\varnothing 15 \times t 30$ ) cm
3. Tongkat penumbuk  $\varnothing 16$  mm panjang 60 cm
4. Serok / cetok
5. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	545... Kg	...6,10. Kg
Berat cetakan silinder + Agregat (W2)	..14,0. Kg	..14,7. Kg
Volume silinder (V) $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	0,0053 M <sup>3</sup>	0,0053 M <sup>3</sup>
Berat Volume Agregat = $\frac{W2 - W1}{V}$	1613,20	1622,64
Berat Volume Agregat Rata - rata	1618 kg/m <sup>3</sup>	

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL

DAPU



## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

### DATA PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : Agregat Halus Diperiksa oleh :  
 Nama Benda uji : Pasir 1) DUPH. Y 94-10  
 Asal : Sungai Boyong 2) BUDI. H 93-238  
 Keperluan : Penelitian  
Tugas Akhir Tanggal : 28-7-2000

## ALAT - ALAT :

1. Timbangan kapaitas 20 kg
2. Mesin penggetar / mesin ayak
3. Saringan 1 (satu) set ( 40, 20, 10, 4.80, 2.40, 1.20, 0.60, 0.30, 0.15, pan ) mm
4. Sikat baja ( Kasar / halus )
5. Kuas , Lap kaos
6. Piring, serok . dll

LUBANG AYAKAN ( mm )	BERAT TERTINGGAL ( gram )		BERAT TERTINGGAL ( % )		BERAT TERTINGGAL KUMULATIF	
	I	II	I	II	I	II
PERCOBAAN KE :						
40	.....	.....	.....	.....	.....	.....
20	.....	.....	.....	.....	.....	.....
10	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4.80	2,80	3,85	0,187	0,257	0,187	0,257
2.40	108,90	119,30	7,270	7,972	7,457	8,229
1.20	332,70	341,00	22,205	22,783	29,662	31,012
0.60	466,40	482,50	31,128	32,236	60,790	63,248
0.30	353,60	337,20	23,600	22,529	84,390	85,777
0.15	189,80	178,50	12,667	11,925	97,057	97,702
SISA	44,10	34,40	2,943	2,298		
Jumlah	1498,30	1496,75	.....	.....	279,334	286,225
Jumlah rata-rata	1497,525		.....		282,779	

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{282,779}{100} = 2,83$$

Yogyakarta,

**LABORATORIUM**  
**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK UII**

Labaran, 3/2  
 Datus



## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK KONS

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

### DATA PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : Agregat kasar  
 Nama Benda uji : Pecahan Ganteng  
 Asal : Godean, Yogya.  
 Keperluan : Perelitian  
Tugas Akhir

Diperiksa oleh :

1) DUDUH. Y      94-30  
 2) BUDI. H      93-238

Tanggal : 28-7-2000

## ALAT - ALAT :

1. Timbangan kapaitas 20 kg
2. Mesin penggetar / mesin ayak
3. Saringan 1 (satu) set ( 40, 20, 10, 4.80, 2.40, 1.20, 0.60, 0.30, 0.15, pan ) mm
4. Sikat baja ( Kasar / halus )
5. Kuas , Lap kaos
6. Piring, serok . dll

LUBANG AYAKAN ( mm )	BERAT TERTINGGAL ( gram )		BERAT TERTINGGAL ( % )		BERAT TERTINGGAL KUMULATIF	
	I	II	I	II	I	II
PERCOBAAN KE :						
40	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
10	908	918	60.53	61.2	60.53	61.2
4.80	542	536	36.13	35.73	96.66	96.93
2.40	42	40	2.8	2.57	99.46	99.96
1.20	-	-			99.46	99.96
0.60	-	-			99.46	99.96
0.30	-	-			99.46	99.96
0.15	-	-			99.46	99.96
SISA	8	6	0,54	0,4		
Jumlah	1499,98	1499,94	.....	.....	654,49	656,15
Jumlah rata-rata	1499,96		.....		655,33	

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{655,33}{100} = 6,55$$

100

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Laboran, 8/12/00  
*Darsono*

**LABORATORIUM**  
**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK UII**      Darsono

## DATA SILINDER DAN HASIL PENGETESAN PEMBEBANAN

KODE	BERAT (Kg)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	BEBAN (Kg)	WAKTU
A1	11,209	15,04	29,57	330	1:13
A2	11,180	14,98	29,47	340	1:19
A3	11,226	15,07	29,79	240	0:55
A4	11,141	15,02	29,72	300	1:08
A5	11,142	15,00	29,69	312	1:13
B1	11,132	15,02	29,50	355	1:12
B2	11,213	15,43	29,71	288	1:06
B3	11,305	15,17	30,03	270	0:57
B4	11,146	15,09	29,63	270	0:56
B5	11,385	14,91	30,00	318	1:10
C1	11,179	15,00	29,40	385	1:26
C2	11,289	15,19	29,66	360	1:22
C3	11,120	15,00	29,45	307	1:01
C4	11,130	14,92	29,68	350	1:20
C5	11,150	15,35	29,54	335	1:06
D1	10,881	14,81	29,48	250	1:02
D2	10,950	15,19	29,35	265	1:01
D3	10,873	14,92	29,90	270	1:09
D4	11,093	14,76	29,93	268	1:11
D5	10,984	15,01	9,82	230	0:53

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK  
 8/12  
 MARUS

**A. Regresi antara abu sekam padi (%) dengan kuat desak ( $f'c$ )****1. Regresi linier**

```
x=[0 5 10 15];
```

```
y=[12.869 12.4033 16.130 12.652];
```

```
n=1;
```

```
p=polyfit(x,y,n)
```

```
xi=linspace(0,15,16)
```

```
z=polyval(p,xi)
```

```
plot(x,y,'o',xi,z,':');
```

```
xlabel('variasi abu sekam (%)'),ylabel('kuat  
desak (fc)');
```

```
p=0.0615xi + 13.6522
```

Tabel Hasil regresi linier

$x_i$	$z$
0	13,0552
1	13,1137
2	13,1752
3	13,2368
4	13,2983
5	13,3598
6	13,4213
7	13,4828
8	13,5443
9	13,6058
10	13,6674
11	13,7289
12	13,7904
13	13,8519
14	13,9134
15	13,9749

## 2. Regresi parabola

```
x=[0 5 10 15];  
y=[12.869 12.4033 16.130 12.652];  
n=2;  
p=polyfit(x,y,n)  
xi=linspace(0,15,16)  
z=polyval(p,xi)  
plot(x,y,'o',xi,z,':');  
xlabel('variasi abu sekam (%)'),ylabel('kuat  
desak (fc)');  
p = -0.0301xi2 + 0.5134xi + 12.2991
```

Tabel Hasil regresi parabola

$X_i$	$z$
0	12,2991
1	12,7854
2	13,2054
3	13,5681
4	13,8706
5	14,1129
6	14,2949
7	14,4166
8	14,4781
9	14,4794
10	14,4204
11	14,3012
12	14,1217
13	13,8802
14	13,5821
15	13,2219

## LAMPIRAN 12

Data hasil penelitian

$X$ (variasi abu sekam padi (%))	$P$ (kuat desak ( $f^c$ ))
0	12,869
5	12,403
10	16,123
15	12,652

Tabel perhitungan koefisien korelasi dengan regresi linier antara abu sekam padi (%) dengan kuat desak ( $f^c$ )

$x_i$	$P$	$X = x_i - \bar{x}$	$P = p - \bar{p}$	$X^2$	$XP$	$P^2$
0	12,869	7,5	-0,643	56,25	4,822	0,413
5	12,403	-2,5	-1,109	6,25	2,773	1,229
10	16,123	2,5	2,611	6,25	6,527	6,817
15	12,652	7,5	-0,850	56,25	-6,450	0,739
$\sum x_i = 30$ $\bar{x} = 30/4 = 7,5$	$\sum p = 54,047$ $\bar{p} = 54,047/4 = 13,512$			$\sum X^2 = 125$	$\sum XP = 7,672$	$\sum P^2 = 9,199$

Koefisien korelasi yang didapat adalah sebagai berikut ini.

$$r = \frac{\sum XP}{\sqrt{(\sum X^2)(\sum P^2)}} = \frac{7,672}{\sqrt{(125)(9,199)}} = 0,226$$

## LAMPIRAN 13

Data hasil penelitian dan regresi parabola

$X$ (variasi abu sekam padi (%))	$P$ (kuat desak ( $f^2c$ ))	$P_{est}$ (regresi)
0	12,869	12,2991
5	12,403	14,1129
10	16,123	14,4204
15	12,652	13,2219

Dari data-data diatas dapat dicari koefisien korelasi dengan hitungan sebagai berikut ini.

$P$ (data)	$P_{est}$ (regresi)	$(P - \bar{P})^2$	$(P_{est} - \bar{P}_{est})^2$
12,869	12,2991	0,417	1,473
12,403	14,1129	1,231	0,359
16,123	14,4204	6,848	0,822
12,652	13,2219	0,741	0,085
$\sum p = 54,047$ $\bar{p} = 54,047 / 4$ $= 13,512$	$\sum p_{est} = 54,047$ $\bar{p}_{est} = 54,047 / 4$ $= 13,512$	$\sum (P - \bar{P})^2 = 9,237$	$\sum (P_{est} - \bar{P}_{est})^2 = 2,739$

Koefisien korelasi yang didapat adalah sebagai berikut ini.

$$r = \sqrt{\frac{\sum (P_{est} - \bar{P}_{est})^2}{\sum (P - \bar{P})^2}} = \sqrt{\frac{2,739}{9,237}} = 0,544$$